Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej
100100093821

tytutu Budownictwa
wskiej

riały

87

18

Technologia i zarządzanie w budownictwie

Wrocław 2006

Scientific Papers of the Institute of Building Engineering
No. 87 of the Wrocław University of Technology No. 87

Studies and Research No. 18 2006

Technology and management in building engineering



Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Politechniki Wrocławskiej 87

Seria:
Studia i Materiały 18

Technologia i zarządzanie w budownictwie

Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej · Wrocław 2006

133996

Recenzenci
Janusz BIERNACKI
Kazimierz CZAPLIŃSKI
Zdzisław HEJDUCKI
Jerzy HOŁA
Oleg KAPLIŃSKI
Tadeusz KASPROWICZ
Zdzisław KOWALCZYK
Ewa MARCINKOWSKA
Roman MARCINKOWSKI
Anna SOBOTKA
Janusz SZWABOWSKI
Witold WERNER

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
Biblioteka Główna
(1)
326182 L/1

Redaktor naukowy
Antoni BIEGUS

Opracowanie redakcyjne
Bożena HOŁA

Wydrukowano na podstawie dostarczonych materiałów

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006

OFICYNA WYDAWNICZA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

ISSN 0137-6241

Drukarnia Oficyny Wydawniczej Politechniki Wrocławskiej. Zam. nr 448/2006.

6296

2006/0802/D

PRZEDMOWA

Przedstawione prace są wynikiem zainteresowań i dociekań badawczych skupionych w dziedzinie technologii, organizacji i zarządzania w budownictwie. Dziedzina ta obejmuje zagadnienia dotyczące realizacji procesów budowlanych obserwowane w fazie programowania inwestycji oraz w okresie wznoszenia, eksploatacji i rozbiórki obiektów budowlanych.

W systemie realizacji procesu budowlanego można wyróżnić trzy podsystemy, powiązane wzajemnymi więziami i zdążające do uzyskania optymalnej efektywności procesu. Składają się na nie: podsystem techniczny, podsystem organizacyjny i podsystem sterowania (zarządzania) procesem.

Zadaniem podsystemu technicznego jest zdefiniowanie technologicznych zasad i receptur wykonania obiektu budowlanego, w zakresie całości obiektu, jego poszczególnych elementów, a także wytworzenia niektórych materiałów budowlanych (np. betonu).

Zadaniem podsystemu organizacyjnego jest racjonalne umiejscowienie w czasie i przestrzeni czynności technicznych oraz środków wytwarzania.

Zadaniem podsystemu sterowania jest optymalne dostosowanie działań pozostałych podsystemów do wymagań i warunków otoczenia, przy szczególnym uwzględnieniu czynników prawnych, ekonomicznych i ekologicznych. Z uwagi na okres czasu, w którym wystąpią skutki sterownia wyodrębnia się sterownie bieżące, wyprzedzające i strategiczne. Oznacza to, że zarządzanie procesem budowlanym może przebiegać w warunkach pewności, w warunkach ryzyka lub w warunkach niepewności.

Rozwiązywania problemów lub zagadnień cząstkowych należących do wyróżnionych podsystemów wymaga rozpoznania własnej struktury podsystemu, jego więzi z pozostałymi podsystemami oraz identyfikacji nadrzędnego celu systemu. Często warunkiem skuteczności postępowania jest obserwacja zjawisk wykraczających poza obręb tradycyjnie zakreślonej dyscypliny budownictwa, a także adaptacja metod i narzędzi zaczerpniętych z innych dyscyplin wiedzy. Potrzeba poszukiwań interdyscyplinarnych wzrasta wraz ze wzrostem wpływu otoczenia na działanie badanego podsystemu. Prace poświęcone rozwiązaniu zagadnień odnoszących się bezpośrednio do przedstawionych podsystemów skupiono w rozdziałach: Technologia robót i materiałów budowlanych, Organizacja robót budowlanych, Zarządzanie w budownictwie. Mając na uwadze wzrastającą potrzebę rozwiązywania problemów eksploatacji bu-

dowli przypisano im specjalną uwagę zaznaczoną rozdziałem: Utrzymanie i użytkowanie obiektów budowlanych. Związki procesów budowlanych z ekologią środowiska przedstawiono w rozdziale: Ekologia i recykling w budownictwie.

Przedstawiona praca jest wynikiem ciągłej wymiany poglądów, doświadczeń i wyników badań prowadzonej przez Sekcję Organizacji i Zarządzania w Budownictwie Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN wśród zainteresowanych dziedziną pracowników naukowych. Inicjatorem wspólnej publikacji dokonań powstałych w roku akademickim 2005/2006 jest Zakład Metod Projektowania i Realizacji Budowli Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej. Działalność naukowa Zakładu dotyczy problemów zawartych w tematyce badawczej Sekcji. Równocześnie osiągnięcia naukowe Zakładu wywodzą się z obszaru wyznaczonego przez specjalności skupione w Instytucie Budownictwa i składają się na dorobek tego Instytutu.

Kierownik
Zakładu Metod Projektowania i Realizacji Budowli
Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej
dr hab. inż. Ewa Marcinkowska, prof. PWr.

Dyrektor
Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej
dr hab. inż. Jerzy Hoła, prof. PWr.

I. TECHNOLOGIA ROBÓT I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

trzcina pospolita Phragmites, beton lekki,
trzcinobeton, kruszywo organiczne

Michał BOŁTRYK*
Dorota MAŁASZKIEWICZ*

ANALIZA MOŻLIWOŚCI POZYSKANIA TRZCINY *Phragmites* Z DOLINY NARWI JAKO WYPEŁNIACZA DO BETONU LEKKIEGO

Artykuł prezentuje wyniki badań przydatności trzciny pospolitej *Phragmites* pochodzącej z terenu Narwiańskiego Parku Narodowego jako wypełniacza organicznego do betonu lekkiego. W celu neutralizacji cukrów zawartych w materiale roślinnym przeprowadzono mineralizację roztworem siarczanu glinu $Al_2(SO_4)_3$ łącznie z wapnem hydratyzowanym w proporcji 1:2. Badania przeprowadzono na dwóch seriach próbek. W pierwszej serii cement częściowo zastępowano popiołem lotnym pochodzącym ze spalania węgla kamiennego, w drugiej serii wprowadzono piasek kwarcowy. Zbadano gęstość, nasiąkliwość oraz wytrzymałość na ściskanie trzcinobetonu po 28 dniach twardnienia. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że w środowisku szkodliwego działania cukrów, popiół ze spalania węgla kamiennego z Elektrociepłowni Białystok nie przejawia właściwości pucolanowych po 28 dniach dojrzewania trzcinobetonu w warunkach laboratoryjnych. Dodatek 50% piasku kwarcowego w stosunku do masy cementu pozwala uzyskać trzcinobeton o właściwościach izolacyjno-konstrukcyjnych, charakteryzujący się wytrzymałością na ściskanie minimum 3 MPa, gęstością pozorną mniejszą niż 1 kg/m^3 i nasiąkliwością mniejszą niż 50%

1. WSTĘP

Trzcina pospolita (*Phragmites*) jest najpopularniejszą w naszym kraju rośliną z terenów podmokłych. Jest rośliną wartościową znajdującą zastosowanie głównie w budownictwie jako materiał posiadający wysokie właściwości termoizolacyjne. Trzcina ma walory ekologiczne. Sadzona jest na poletkach oczyszczalni ścieków jako utylizator zanieczyszczeń chemicznych. Młode rośliny przerabiane są na pasze. Kłącza wykorzystywane są w lecznictwie. Trzcina zawiera ok. 10% składników mineral-

* Politechnika Białostocka Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, 15-351 Białystok, ul. Wiejska 45E

nych, głównie krzemionki. Zawiera również wosk i saponiny (środki pianotwórcze). Trzcina ma bardzo wysoką odporność na ogień i mróz, wysokie pH i zasolenie. Te wszystkie cechy spowodowały, że już od dawna stosowana jest w budownictwie w postaci płyt izolacyjnych, mat trzcinowych pod tynk, do krycia dachów, bądź też jako trzcinobetonowe elementy konstrukcji budynków [1, 7].

Zagadnieniami mineralizacji trzciny, które wypływały z praktycznych potrzeb budownictwa, zajmowano się w Polsce już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku [9]. Proces mineralizacji pozwala otrzymać wypełniacz organiczny uodporniony na gnicie, o zwiększonej twardości i mniejszej chłonności wody, mniejszej podatności na zmiany objętościowe. Mineralizacja zwiększa ponadto przyczepność spoiwa

Uważano, że można znaleźć odpowiednie środki i technologię mineralizacji trzciny, które powinny wpłynąć na jej trwałość, obniżyć jej higroskopijność i wpłynąć korzystnie na stałość objętości w betonie. W badaniach pominięto natomiast wpływ takich składników jak: celulozy, hemicelulozy, pentozanów, pektyn i wielu innych substancji organicznych na proces hydratacji cementu. Niektóre związki organiczne zawarte w trzcinie w środowisku kwaśnym lub zasadowym mogą rozpadać się i przechodzić w cukry proste: heksozy i pentozy. Cukry te, jako związki łatwo rozpuszczalne w wodzie, powodują wytwarzanie hydrofilowych warstw adsorpcyjnych wokół ziaren cementu. Warstwy te zahamowują procesy hydratacji i hydrolizy cząsteczek cementu, szczególnie w początkowym stadium, z powodu powstawania znacznych oporów dyfuzyjnych. Innym szkodliwym procesem działania powstałych warstw adsorpcyjnych jest utrata zdolności łączenia się ziaren cementu pod wpływem sił molekularnych i koagulacji. Badania [2] wykazały, że najbardziej podatny na szkodliwe działanie węglowodanów (cukrów) okazał się krzemian trójwapniowy ($3CaO \cdot SiO_2$). Jest on głównym składnikiem cementu, określa tempo przyrostu wytrzymałości i wpływa na wczesną wytrzymałość betonu. W związku z powyższym celowym staje się wyłączenie cukrów z trzciny (szczególnie z jej warstw powierzchniowych) a następnie połączenie w związki nieszkodliwe dla procesu hydratacji. Środki mineralizujące dobiera się w zależności od typu wypełniacza i jego pochodzenia. Stosuje się najczęściej: siarczan glinu z wapnem hydratyzowanym, chlorek wapnia, siarczan magnezu z wapnem hydratyzowanym, dodatek gipsu, dodatek gliny.

Od kilku lat naukowcy związani z Uniwersytetem w Bonn z powodzeniem zajmują się zagadnieniem zastosowania trzciny *Miscanthus* [4, 5] oraz trzciny pospolitej *Phragmites* do produkcji betonu lekkiego [8].

Celem prac prowadzonych w Politechnice Białostockiej jest zbadanie przydatności trzciny *Phragmites australis* z Doliny Narwi jako wypełniacza do betonu lekkiego. W dotychczas przeprowadzonych badaniach stosowano jako mineralizator 4% roztwór siarczanu glinu $Al_2(SO_4)_3$ łącznie z wapnem hydratyzowanym w proporcji 1:2 oraz mineralizator organiczny w postaci pasty bitumicznej w wysokowrzącym rozpuszczalniku [3].

2. ZASTOSOWANE MATERIAŁY I PRZYGOTOWANIE PRÓBEK

W badaniach laboratoryjnych jako wypełniacz (kruszywo roślinne) do betonu zastosowano trzcinę pochodzącą z Narwiańskiego Parku Narodowego. Trzcina została ścięta w zimie, a następnie w pęczkach przechowywana była pod zadaszeniem. Średnia zawartość popiołu w trzcinie wyniosła 4,9%, krzemionki – średnio 4,6%, zawartość cukrów ogólnych – 338 g/kg s.m., a cukru redukującego 2,43 g/kg s.m. Po wysuszeniu trzcina została pocięta na odcinki długości od 0,5 do 2,0 cm (średnio 1,0 cm).

Trociny z drzew iglastych zostały dostarczone z tartaku w Supraślu, a następnie przesiane przez sito w celu uzyskania frakcji 0–2 mm. Zarówno trzcinę jak i trociny przechowywano w warunkach laboratoryjnych (powietrzno-suchych).

Do badań przyjęto następujące frakcje kruszywa: 0/2 mm – trociny z drzew iglastych, 2/10 mm – kruszywo drobne trzcinowe, 10/20 mm – kruszywo grube trzcinowe. Właściwości kruszyw organicznych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości fizyczne kruszyw organicznych
Table 1. Physical properties of organic aggregate

Frakcje kruszywa [mm]	Gęstość nasypowa ρ_{np} [kg/dm^3]	Gęstość ρ [kg/dm^3]	Nasiąkliwość n_w [%]	Wilgotność w [%]	Powierzchnia właściwa f [m^2/kg]
Trociny 0/2	0,1373	0,299	283	7,75	20,067
Trzcina 2/10	0,0710	0,2575	231	7,90	14,144
Trzcina 10/20	0,0673	0,270	228	7,15	11,735

Jako spoiwa do wykonania próbek trzcinobetonu użyto cementu portlandzkiego o wysokiej wczesnej wytrzymałości CEM I 32,5R. Siarczan glinu $Al_2(SO_4)_3$ stosowano w postaci stałej uwodnionej $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ rozpuszczając w wodzie destylowanej (odczyn kwaśny pH 3–5). Wapno hydratyzowane $Ca(OH)_2$ w postaci stałej również rozpuszczano w wodzie destylowanej. Stosowano 10% bezwodnego siarczanu glinu i 20% wapna hydratyzowanego w stosunku do masy kruszywa (trocin i trzciny).

Jako zamiennik cementu w trzcinobetonie w jednej serii badawczej stosowano popiół lotny ze spalania węgla kamiennego z Elektrociepłowni Białystok. Straty prażenia popiołu wyniosły poniżej 5%, a gęstość ρ = 2,23 g/cm^3. W drugiej serii wprowadzono piasek kwarcowy frakcji 0/2 w zmiennej ilości.

Podczas wytwarzania betonu trzcinowego obowiązywała ścisła zasada przestrzegania kolejności dozowania poszczególnych składników. W pierwszej serii badań była ona następująca: trzcina – roztwór środka mineralizującego (siarczan glinu rozpuszczony w części wody zarobowej) – mleko wapienne (wapno hydratyzowane rozpuszczone w drugiej części wody zarobowej) – cement. Kolejność ta wynikała z konieczności nasycenia trzciny środkiem mineralizującym, a następnie zobojętnienie jej (ze

względu na kwaśny odczyn roztworu siarczanu glinu: pH 3–5) i uplastycznienie wapnem, po czym pokrycie powierzchni cząstek trzciny spoiwem cementowym. Zalaną roztworem mineralizatora trzcinę starannie mieszano, aby wszystkie cząstki zostały przesycone roztworem mineralizatora. Długość okresu mieszania trzciny z roztworem siarczanu glinu zwykle nie przekraczała 5 minut. Przedłużony okres mieszania (nawet do 15 minut) umożliwia lepsze przesycenie trzciny roztworem mineralizatora. Następnym dozowanym składnikiem było mleko wapienne. Po wlaniu mleka wapiennego czas mieszania wynosił około 5 minut, co całkowicie wystarczało, aby składniki zostały dokładnie wymieszane. Po wsypaniu cementu czas mieszania ograniczono wyłącznie do okresu niezbędnego do dokładnego wymieszania składników (około 3 minuty), sprawdzając jednocześnie jakość konsystencji zarobu. Przedłużenie okresu mieszania składników (po zasypaniu cementem) powoduje zbędne napowietrzenie mieszaniny. Działanie siarczanu glinu jako mineralizatora neutralizuje substancję organiczną oraz wpływa na zmniejszenie higroskopijności i nasiąkliwości tworzywa. Rola wapna polega na podwyższeniu skuteczności mineralizatora i większym uplastycznieniu mieszanki.

Wykonano dwie serie próbek trzcinobetonowych. W pierwszej serii cement zastępowano popiołem lotnym, w drugiej serii przy stałej zawartości cementu oprócz kruszywa organicznego zastosowano zmienną ilość piasku kwarcowego. Proporcje składników mieszanki trocinobetonowej przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2. Proporcje składników trzcinobetonu z dodatkiem popiołu lotnego
Table 2. Proportions of reed-concrete composition with fly ash

Receptura	Konsystencja [cm]	Cement [kg]	Popiół lotny [kg]	Woda [dm^3]	Kruszywo [kg]		
					Trociny 0/2 mm	Trzcina 2/10 mm	Trzcina 10/20 mm
I.1	4,2	400	0	439,6	84,6	44,0	45,4
I.2	4,2	375	25				
I.3	4,3	350	50				
I.4	4,0	325	75				
I.5	4,6	300	100				
I.6	4,6	275	125				
I.7	4,4	250	150				
I.8	4,5	225	175				
I.9	4,6	200	200				

W tabelach 2 i 3 zamieszczono również wartości konsystencji mieszanek betonowych. Z uwagi na to, że normowe metody pomiaru konsystencji stosowane do betonów zwykłych w odniesieniu do trzcinobetonu nie dały zadawalających rezultatów, jego konsystencję mierzono metodą zagłębienia stożka stalowego dla zapraw.

Tabela 3. Proporcje składników trzcinobetonu z dodatkiem piasku kwarcowego
Table 3. Proportions of reed-concrete composition with silica sand

Receptura	Konsystencja [cm]	Cement [kg]	Piasek kwarcowy [kg]	Woda [dm^3]	Kruszywo [kg]		
					Trociny 0/2 mm	Trzcina 2/10 mm	Trzcina 10/20 mm
II.1	4,3	400	0	439, 6	84,6	44,0	45,4
II.2	4,2		50				
II.3	4,4		100				
II.4	4,3		150				
II.5	4,2		200				
II.6	4,1		250				
II.7	4,2		300				
II.8	4,1		350				
II.9	4,1		400				

Próbki sześcienne 10×10×10 cm do badania gęstości pozornej, nasiąkliwości i wytrzymałości na ściskanie trocinobetonu przygotowywano w następujący sposób. Formy napełniano w trzech warstwach. Zagęszczanie każdej warstwy wykonywano ręcznie przy użyciu metalowego ubijaka o masie 1,8 kg. Przyjęto 15 uderzeń ubijaka na powierzchnię próbki z wysokości około 10 cm. Po upływie 24 godzin górną powierzchnię próbek (0,5–1,0 cm) wyrównywano zaprawą cementową o konsystencji plastycznej i stosunku cementu do piasku 1:1. Próbki trzcinobetonowe umieszczano na 24 godziny w komorze nad lustrem wody, po czym wyjmowano je i przechowywano na listewkach w warunkach powietrzno-suchych (w temperaturze około 21 °C i wilgotności względnej powietrza 50–60%) w celu umożliwienia równomiernego wysychania. Po 28 dniach od zaformowania na próbkach wykonywano badania gęstości pozornej, wytrzymałości na ściskanie i nasiąkliwości. Próbki do badania wytrzymałości na ściskanie umieszczono w prasie na płytach oporowych prostopadle do kierunku formownia. Siłę odczytywano co 1 mm w zależności od odkształcenia. Za wynik badania przyjęto obciążenie, przy którym odkształcenie wynosiło 10 mm. Prędkość odkształcenia próbek wynosiła 6 mm/min.

3. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyniki badań gęstości pozornej, nasiąkliwości oraz wytrzymałości na ściskanie (naprężenia przy maksymalnym odkształceniu) trocinobetonu z popiołem i piaskiem kwarcowym zestawiono odpowiednio w tabelach 4 i 5.

Wyniki badań przedstawione w tabeli 4 wskazują na to, że popiół lotny ze spalania węgla kamiennego z Elektrociepłowni Białystok zastosowany jako zamiennik cementu nie przejawia właściwości pucolanowych w obecności wypełniacza organicznego po 28 dniach twardnienia trzcinobetonu w warunkach laboratoryjnych. Z uwagi

na mniejszą gęstość popiołu lotnego w stosunku do gęstości cementu, średnia gęstość pozorna trzcinobetonu wraz ze wzrostem zawartości popiołu malała. Podobną zależność uzyskano w przypadku średnich naprężeń ściskających przy maksymalnym odkształceniu próbki (tabela 4). Z przedstawionych danych wynika, że istnieje możliwość zastąpienia cementu popiołem lotnym w ilości nie większej niż 25%. Większy udział popiołu lotnego powoduje znaczne obniżenie wytrzymałości na ściskanie trzcinobetonu oraz nieznaczny wzrost nasiąkliwości.

Tabela 4. Wyniki badań gęstości pozornej, wytrzymałości i nasiąkliwości trzcinobetonu z dodatkiem popiołu lotnego
Table 4. Experimental results of volume density, water absorption and compressive strength of reed-concrete with fly ash

Receptura	Ilość popiołu lotnego w stosunku do cementu [%]	Średnia gęstość pozorna ρ_p [kg/dm^3]	Średnie naprężenia przy max. odkształceniu [MPa]	Średnia nasiąkliwość n_w [%]
I.1	0,0	0,733	2,31	72,2
I.2	12,5	0,734	2,35	66,3
I.3	25,0	0,703	2,08	72,3
I.4	37,5	0,664	1,46	79,6
I.5	50,0	0,648	1,22	78,3
I.6	62,5	0,666	0,89	78,8
I.7	75,0	0,651	0,57	80,0
I.8	87,5	0,644	0,53	78,6
I.9	100,0	0,660	0,49	74,1

Tabela 5. Wyniki badań gęstości pozornej, wytrzymałości i nasiąkliwości trzcinobetonu z dodatkiem piasku kwarcowego
Table 5. Experimental results of volume density, water absorption and compressive strength of reed-concrete with silica sand

Receptura	Ilość piasku kwarcowego w stosunku do cementu [%]	Średnia gęstość pozorna ρ_p [kg/dm^3]	Średnie naprężenia przy max. odkształceniu [MPa]	Średnia nasiąkliwość n_w [%]
II.1	0,0	0,733	2,31	72,2
II.2	12,5	0,772	2,43	64,7
II.3	25,0	0,796	2,45	61,2
II.4	37,5	0,839	2,66	55,5
II.5	50,0	0,879	3,12	50,1
II.6	62,5	0,914	3,05	47,5
II.7	75,0	0,951	3,29	46,6
II.8	87,5	0,966	3,10	43,5
II.9	100,0	0,989	2,95	40,1

Badania właściwości trzcinobetonu z dodatkiem piasku kwarcowego miały na celu uzyskanie betonu izolacyjno-konstrukcyjnego, tj. o wytrzymałości na ściskanie minimum 3 MPa i gęstości pozornej nie większej niż 1 kg/m^3. Z przedstawionych wyników badań zestawionych w tabeli 5 wynika, że już przy 50% piasku w stosunku do masy cementu uzyskujemy beton izolacyjno-konstrukcyjny o dobrych właściwościach izolacyjnych (średnia gęstość pozorna 0,879 kg/m^3) oraz o znacznie obniżonej nasiąkliwości w stosunku do receptury wyjściowej (II.1).

Biblioteka Pol. Wrocł.

4. WNIOSKI

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala sformułować następujące wnioski.

- Istnieje możliwość wykorzystania surowców odpadowych (trociny z drzew iglastych) oraz surowców roślinnych odnawialnych za życia człowieka (trzcina pospolita *Phragmites*) do produkcji betonów lekkich izolacyjnych i izolacyjno-konstrukcyjnych na potrzeby budownictwa.
- W środowisku szkodliwego działania cukrów popiół ze spalania węgla kamiennego z Elektrociepłowni Białystok nie przejawia właściwości pucolanowych po 28 dniach dojrzewania trzcinobetonu w warunkach laboratoryjnych.
- Dodatek 50% piasku kwarcowego w stosunku do masy cementu pozwala uzyskać trzcinobeton o właściwościach izolacyjno-konstrukcyjnych, charakteryzujący się wytrzymałością na ściskanie min. 3 MPa, gęstością pozorną mniejszą niż 1 kg/m^3 i nasiąkliwością mniejszą niż 50%.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego W/IIB/1/05.

LITERATURA

[1] BECK A., SCHAB H., DRACH V., HÖHN H., FRICKE J., *Wärmeleitfähigkeit von leichtbetonbauteilen aus Miscanthus*, W: 3. International Miscanthus-Tagung, Bonn, März 2004.

[2] BOŁTRYK M., ABDULLA T., LELUSZ M., *Optymalizacja składu wiórobetonu w aspekcie zmniejszenia zużycia cement,*. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Budownictwo, Zeszyt 10, 1991.

[3] BOŁTRYK M., RUTKOWSKA W., *Mineralizacja trzciny pospolitej*, Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Budownictwo, Zeszyt 26, 2005.

[4] HÖHN H., *Mineralisch gebundene Baustoffe – Miscanthus*, W: *Anbau und Verwertung von Miscanthus in Europa*, Pude R. (red.), Beiträge zu Agrarwissenschaften Bd. 26, Verlag Wehle, Bad Neuenahr, 2002, 30–32.

[5] HUTH H.-V., *Ermittlung bauphysikalischer und baustatischer Eigenschaften von Miscanthus – Leichtbeton*, W: *Anbau und Verwertung von Miscanthus in Europa*, Pude R. (red.), Beiträge zu Agrarwissenschaften Bd. 26, Verlag Wehle, Bad Neuenahr, 2002, 33–38.

[6] OSIECKA E., *Wybrane zagadnienia z technologii mineralnych kompozytów budowlanych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
[7] PROCHASKA W., *Trzcinobetonowa budowa doświadczalna w Oliwie*, Prace Instytutu Techniki Budowlanej, Nr 39, PWT, Warszawa,1951.
[8] PUDE R., BANASZUK P., TRETTIN R., NOGA G., *Suitability of Phragmites for lightweight concrete*, W: Journal of Applied Botany and Food Quality, 79/2005, 141–146.
[9] ROZMEJ Z., *Badania nad możliwością mineralizacji trzciny*, Prace Instytutu Techniki Budowlanej, Nr 52, PWT, Warszawa 1952.

ANALYSIS OF POSSIBILITY OF APPLICATION COMMON REED *Phragmites* FROM NAREW VALEY AS A FILLER IN LIGHTWEIGHT CONCRETE

The paper presents test results of suitability of *Phragmites* as a organic aggregate in lightweight concrete, reed straw was harvested from the protected mire area of the National Park Narew. In order to neutralize sugar content in plant material, mineralization was carried out. Mixture of $Al_2(SO_4)_3$ solution with hydrated lime in proportions 1:2 was used as a mineralizing agent. Two series of specimens were tested. In the first series cement was partially replaced by fly ash from Bialystok Power Station, in the second one – silica sand was introduced in variable proportions to cement mass. Volume density, water absorption and compressive strength of reed-concrete were tested. Experimental results revealed that fly ash in the presence of a harmful agent (sugar) does not manifest its pozzolana properties after 28 days of hardening of reed-concrete in laboratory conditions. 50% addition of silica sand in relation to cement mass allows obtaining insulation-structural reed-concrete with compressive strength minimum 3 MPa, volume density lower than 1 kg/m^3 and water absorption lower than 50%.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

pipeline materials plastic, distribution pipelines,
saprogenic process hygienic attestation

Michal BOŽÍK*
Jarmila BOŽÍKOVÁ**

TECHNOLOGY OF PLASTIC MATERIAL INSTALLATIONS AT WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

The distribution pipes for balneal and thermal water represent the problem as in performance of piping so in construction stage. Corrosive effects of so-called special water (see The Water Code) must be eliminated using suitable material of pipes. The paper introduces few examples of assembling plastic pipes by various producers in balneal and recreation centres.

1. INTRODUCTION

Most of mineral waters perform aggressively towards materials by what not only historical development of used materials and technologies but also their variability was affected. A resistance and a long fatigue life are the main requirements on these materials.

Namely at drill holes of a wide diameter and distribution systems non-metallic materials as wooden plywood pipes were used (a technology of their joining and saprogenic processes in a deep level of a water table oscillation brought problems) At some localities in our country glass piping was used for mineral water distribution. From non-metallic materials plastics began to be used in different modifications lately in a form of a fibreglass laminate.

* Doc. Ing. Michal Božík, PhD., Stavebná fakulta STU, Katedra technológie stavieb , Radlinského 11, 813 68 Bratislava, SR, michal.bozik@stuba.sk

** Doc. Ing. Jarmila Božíková, PhD., Stavebná fakulta STU, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, SR, jarmila.bozikova@stuba.sk

2. PLASTIC PIPING

Slovak standard STN ISO TR 10358 [5] describes characteristics of plastic pipes and adapting pipes together with their combined chemical resistance classification. Plastic pipes and adapting pipes produced by different manufacturers are available at different vendors in Slovakia.

Plastic materials suitable for a distribution of mineral and thermal water are marked as follows:

LDPE	Low thickening polyethylene
HDPE	High thickening polyethylene
PP	Polypropylene
PVC – U	Polyvinyl non-softed
PVC – C	Polyvinyl chlorined
PR	Polybutene

Following abbreviation are used to mark pipes behaviour in a contact with chemical substances:

S
- Satisfactory resistance
- Pipes can be used at applications where they are not exposed to pressure or other tension. At applications where they are exposed to pressure a final evaluation is based on a following hydraulic test

L
- Limited resistance (limited)
- Pipes can be used at applications where they are not exposed to pressure or other tension bur where a particular degree of corrosion is accepted. At applications where they are exposed to pressure a final evaluation is based on a following hydraulic test

NS
- Unsatisfactory resistance
- Pipes considerably corroded at the test. They must be used neither for pressure nor for sewer less applications. Pressure tests are useless because the pipes would certainly not prove satisfactory.

Suitability of the plastic material use illustrates the following diagram that describes boundary values of pipes and tube fittings use during 25 years of monitoring including a safety factor. [3]

PVC

Polyvinyl chloride is the oldest and mostly spreaded plastic that is used in all branches of industry as well as in a day-to-day life. It is resistant to all acids, lyes and salts solutions. Its good pressure stability is proved as (0,6 MPa at 20 °C).

PVC – U

In general this material can be used up to 60 °C and at the same time an operating pressure depends on a concentration and operating temperature of a medium. [3] PVC-U pipes and materials are implemented at bottling plants at Čerín, Slatina, Santovka, Trenčianske Mitice. Their implementation at a bottling plant Korytnica is under preparation. Because of its favourable properties PVC-U material can be widely used at water supply and pool industry. The most important references in Slovakia are ÚV Turček, LK Partizánske, LK Delfín Bratislava, TK Vincov les a.o.

HDPE

Slovak producer and the production certificate owner of the pressure pipes HDPE (PE 100, PE 50) is Plastika, inc. Nitra. [4] Currently produced HDPE pipes assortment is as follows:

Table. 1. Offered assortment of HDPE pressure pipes

Nominal external diameter d_n [mm]	HDPE (PE 80)		HDPE (PE 100)	
	PN 6	PN 10	PN 6	PN 10
	SDR 17,6	SDR 11	SDR 17,6	SDR 11
	e_n (water)	e_n (water)	e_n (water)	e_n (water)
20	2,0	2,0	2,0	2,0
25	2,0	2,3	2,0	2,3
32	2,0	3,0	2,0	3,0
40	2,3	3,7	2,3	3,7
50	2,9	4,6	2,9	4,6
63	3,6	5,8	3,6	5,8
90	5,1	8,2	5,1	8,2
110	6,3	10,0	6,3	10,0
125	7,1	11,4	7,1	11,4
160	9,1	14,6	9,1	14,6
225	12,8	20,5	12,8	20,5
315	17,9	28,6	17,9	28,6

Supporting narrative:

d_n Nominal external pipe diameter
e_n Nominal wall thickness match a minimal allowed thickness
SDR Standard dimension – given pipe geometry ratio (SDR = d_n/e_n)
PN Specified pressure in bars
(Max. allowed operating pressure for a water temperature up to 20 °C)

For a use of pipes at temperatures up to 40 °C an additive factor „f_r" must be used for a calculation of the allowed operating pressure, while PFA = PN · f_r [bar].

Table 2. Lowering factor f_r for a water temperature [4]

Material	f_r				
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C
PE 100	1	0,93	0,87	0,8	0,74
PE 80	1	0,9	0,81	0,72	0,62

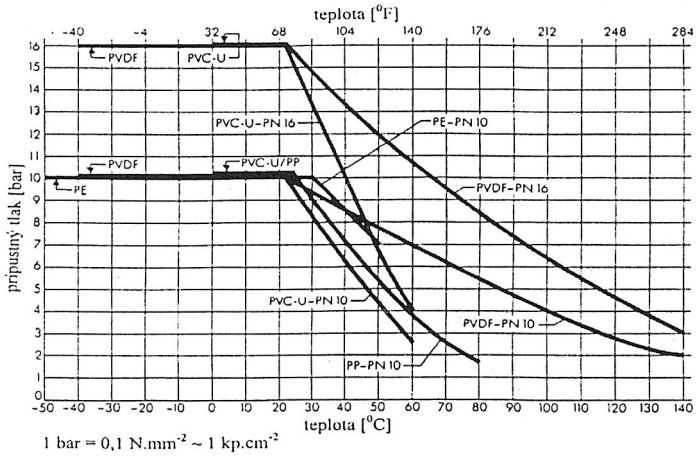


Diagram 1. Boundary values of thermoplastic pipes and fittings usage

Physically mechanical properties of HDPE:

- Material density ≥ 930 kg.m^{-3}
- Flexibility module (Young) at bending E_{1min} – short-time 800 MPa
- Linear thermal expansivity index 0,2 mm.m^{-1} °C
- Thermal conductivity 0,41 W.K^{-1}.m^{-1}
- Surface electric resistance min. 10^{12} Ω

Polypropylene

Pressure pipes and fittings are produced according to standards STN 64 3060, DIN 8077 and DIN 8078. Pipes are manufactured with a building length 6,0 m, smaller diameters can be reeled in circles with pipes of longer building lengths. Pipes and fittings are connected by a heat welding (butt weld, polyfusion), pipes of smaller diameters can be joined by mechanical self-locking fittings. PP pipes must not be glued together! PP pipes and fittings comply with legislative regulations on plastics in contact with food. PP pipes can pipe water of a temperature up o 95 °C, while a softening temperature is 132 °C.

PP pipes were successfully used at SLK, inc. Piešťany for a distribution of chilled thermal water from a storage station to Balneotherapy II where profile pipes DN 150 of total length cca 1200 m for a water of a temperature 27 °C are used.

Polybutene (PB)

This is a material of a high-pressure resistance at a maximal flexibility and of a balanced strength in all operating temperature range (up to 90 °C) with a joints firmness assurance. Among other advantages we can count a high level of chemical resistance, minor tension caused by dilatation, high flexibility at low temperatures, perfect homogeneity of a welding seam. PB pipes are connected by fittings with a fusion welding.

Preisolated polybutene pipes have been a part of a production programme for two decades already creating a system very suitable for mineral and thermal water piping. In Slovakia they are available under a commercial name „Flexalen". [3]

Flexalen is a warm water piping consisting of three interlocked components:

1. a polybutene (PB) central pipe
2. a segment – a hard polyurethane foam in a polypropylene sheet
3. a sheet – corrugated polyethylene HD PE pipe

This pipe system optimally connects advantages of easy manipulation during the pipes placing and a of a high efficiency of the isolation sheet. Flexalen is to be laid directly without a canal into a rill with a minimal coverage 0,8 m supposing a load and 0,5 m in areas of no load.

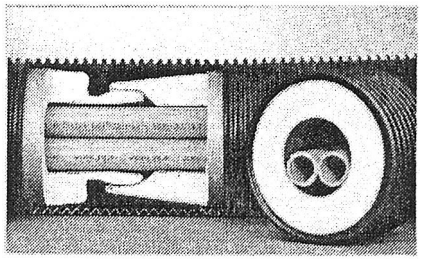


Fig. 1. The Flexalen pipeline construction

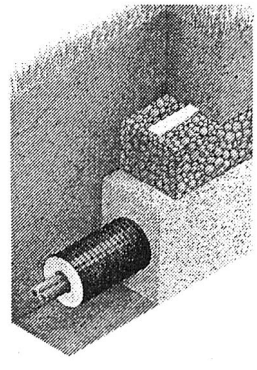


Fig. 2. Placing of the Flexaren pipeline

This material can be used in different branches but namely for a piping of higher temperature media as a geothermal water piping, isolated water pipelines, warm wastewater piping a.o. One isolated sheet can tube two or three PB pipes. The piping can be connected to other materials e.g. steel. Flexaren pipes delivery is possible in dimensions DN 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100 wit a unit length from 100 mm up to 12 m.

CONCLUSION

Although some 30 years ago some experts – doubters called attention to a fact that plastic materials should be used in a food industry, water services and a balneotechnology only after a pilot operational revision of their properties ad of their interaction with a transported medium, today's reality is considerably different. The producers prove a hygienic and health cleanness of plastic materials, documenting their attributes in STN ISO TR 10358 and other standards, certificates on their suitability for a use in the food industry etc. Sellers are obliged to document a hygienic attestation of the products on sale. [1]

A very easy assemblage with no special requirements on skills and techniques and a wide assortment of fittings and connection part and armatures secure their sound and non problematic use and joining to any device and distribution systems of all other materials and dimensions (metric, inch, ASTM, JIS etc.). These quality piping always visibly marked by the producer assure a long time clean and reliable operation with no special service requirements.

We focused the presented report on a description and characteristics of a domestic producer of these materials – Plastika, Inc. Nitra. Our market offers also plastic products from other manufacturers i.e. Georg Fischer, Praher, IBG and others.

We can conclude stating that plastic materials have still wider scope of use at balneotechnical and kreotechnical facilities and in a spa praxis as it was documented in the presented report.

This work was supported by Science and Technology Assistance Agency under the contract No. APVT-20-031804 end VEGA No. 1/3322/06.

LITERATURE

[1] BOŽÍK, M., BOŽÍKOVÁ, J.: *Projekt šachty pre zachytenie minerálnych vôd*, 2001 SLK Dudince.

[2] BOŽÍKOVÁ, J., MELIORIS, L.: *Možnosti použitia plastových materiálov v balneotechnike*, Zborník vedeckých prác medzinárodnej konferencie „Balneotechnické dni '01" Trenčianske Teplice, 27–28.11.2001, s. 63–71.

[3] Kunstoff – Rohreleitungssysteme, Georg – Fischer, 1994.

[4] Plastika Nitra – Technická informácia – HDPE rúry pre rozvody vody a plynu.

[5] STN ISO/TR 10358 Rúry a tvarovky z plastov.

[6] TÓTHOVÁ K., DUBOVÁ V., *Porovnávacia analýza prevádzky vodovodov*. Zborník prác z konferencie s medzinárodnou účasťou Vodovody, kanalizácie a aleternatívne zdroje energie, Košice 30.111–1.12.2005, s. 149–154, ISBN 80-232-0254-5. ZsVTS Košice.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

grunty zbrojone, ściany oporowe, ściany aktywne

Krzysztof FLIGIER*

SYSTEM AKTYWNYCH ŚCIAN OPOROWYCH DERMAT® W BUDOWNICTWIE DROGOWYM, MOSTOWYM ORAZ KSZTAŁTOWANIU TERENÓW POD ZABUDOWĘ

Referat omawia zasadę, zakres stosowania i problemy wykonawczo-ekonomiczne jednej z metod kształtowania ścian oporowych z wykorzystaniem gruntów zbrojonych. W szczególności scharakteryzowano autorski system Dermat®, jedyny dotąd w kraju system kształtowania ścian oporowych aktywnych z prefabrykowanych elementów drobnowymiarowych i jego efekty na tle rozwiązań tradycyjnych

1. WPROWADZENIE

W ostatnich 2–3 latach w krajowym budownictwie inżynieryjnym, w tym drogowym, związanym zwłaszcza z budową obwodnic miast i rozbudowanych węzłów komunikacyjnych, zaczęto stosować obserwowane już w krajach wysoko-rozwiniętych, rozwiązania techniczne.

Są to nowoczesne metody kształtowania ścian nasypów i wykopów przyczyniające się zwłaszcza do ograniczania sumarycznego obszaru zajętego przez wyżej wymienione budowle. W przypadku wielopoziomowych węzłów komunikacyjnych obszar ten minimalizuje się wyłącznie do wymagań wynikających z geometrii dróg oraz inżynierii ruchu. Uzyskuje się to przez zespolenie materiału gruntowego z konstrukcjami inżynierskimi, jakimi są ściany oporowe, nierzadko o skomplikowanych kształtach i wymiarach.

Nowością, o której wspomniano, jest tendencja wzajemnej czynnej współpracy wymienionych konstrukcji ścian z gruntem tworzącym nasyp lub wykop, poprzez szereg warstw geosiatek lub geokrat, przewarstwiających materiał gruntowy naziomu. Tworzy to zespoloną konstrukcję ścianowo-gruntową, w dalszej części pracy zwanej przez autora ścianą aktywną.

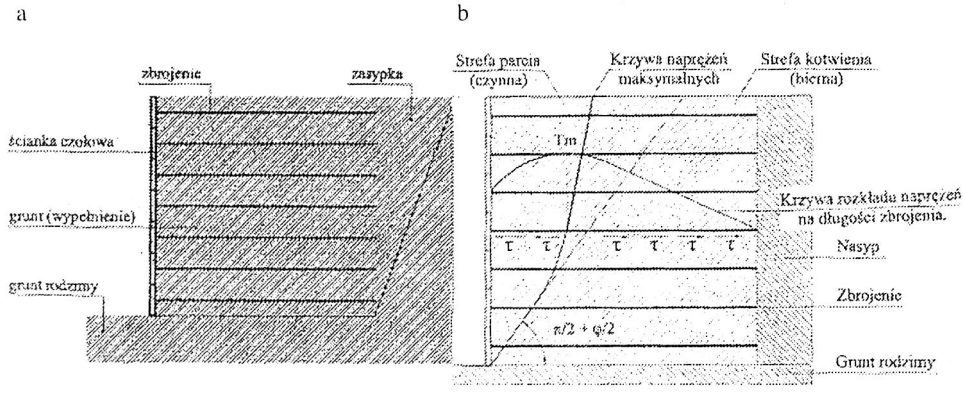
* Dr inż.; Przedsiębiorstwo Robót Drogowych i Mostowych S.A., Kędzierzyn-Koźle; fkw2512@op.pl

W rozwiązaniach zagranicznych odchodzi się przy tym od ścian żelbetowych monolitycznych, a także od prefabrykacji wielko i średnio gabarytowej na rzecz murów z betonowych kształtek drobnowymiarowych.

Praca naświetla i omawia ten nowoczesny problem w aspekcie technicznym i ekonomicznym, nawiązując do pierwszego krajowego systemu DERMAT®, w którego opracowaniu i wdrożeniu miał udział autor niniejszej pracy.

2. GRUNTY ZBROJONE WE WSPÓŁPRACY ZE ŚCIANĄ OPOROWĄ

Konstrukcja z gruntu zbrojonego, to budowla inżynierska, której częścią składową jest grunt zbrojony. Konstrukcja ta składa się z następujących dwóch głównych składowych: gruntu oraz zbrojenia umieszczonego warstwowo w jego objętości. Grunt wypełnia przestrzeń pomiędzy zbrojeniem i nazywany jest zasypką lub wypełniaczem. Drugim elementem wchodzącym w skład tego zespołu jest ściana czołowa, w której zamocowane jest wielopoziomowo zbrojenie. Jej podstawowym zadaniem jest zapobieganie erozji i wysypywaniu się gruntu ze stref pomiędzy zbrojeniem w strefie czołowej obiektu (rys. 1a) [1], [2].



Rys. 1. a) Elementy konstrukcji z gruntu zbrojonego, b) Rozkład naprężeń w zbrojeniu
Fig. 1. a) Construction compounds of reinforced earth, b) Stress pattern in reinforcement

Współczesna wersja ścian współpracujących z gruntem zbrojonym została opatentowana w 1964 roku przez H. Vidala, jako alternatywne rozwiązanie dla tradycyjnych konstrukcji oporowych.

Siła rozciągająca w zbrojeniu nie jest stała na jego długości, a jej maksymalna wartość występuje na granicy stref czynnej i biernej, gdzie występuje zmiana kierunku sił rozciągających zbrojenie, jak i zmiana kierunku naprężeń ścinających na styku gruntu i zbrojenia. Granica ta stanowi miejsce geometryczne maksymalnych sił rozciągających w warstwach zbrojenia, tworząc parabolę określoną funkcją zależną od

geometrii masywu, przyłożonych obciążeń zewnętrznych, odkształceń gruntu podłoża i tarcia między gruntem i zbrojeniem (rys. 1b).

Najistotniejsza różnica a zarazem istota sprawy pomiędzy gruntem zbrojonym i niezbrojonym, polega na wielkości klina odłamu. W gruncie zbrojonym jest on zdecydowanie mniejszy niż w niezbrojonym (teoria Coulomba) [3]. Zatem siły parcia na ścianę aktywną są zdecydowanie mniejsze i mają charakter nieomal lokalny, co zdecydowanie zmienia rolę i zadania ściany oporowej.

Obecnie grunt zbrojony we współpracy ze ścianą jest już powszechnie wykorzystywany w wielu zastosowaniach. Opracowano nowe materiały do produkcji zbrojenia. Pierwotnie stosowano metal, poprzez żelbet, do siatek z tworzy sztucznych. Na zachodzie opracowano wiele systemów średnio i drobnowymiarowych bloków oraz pustaków do montażu ścian i umocowań zbrojenia.

Zakres zastosowań ścian aktywnych jest obszerny i stale zwiększający się:

- wzmacnianie i przebudowa wszelkiego rodzaju skarp, zwłaszcza drogowych i kolejowych,
- konstrukcje inżynieryjne narażone na wpływy górnicze i sejsmiczne,
- przyczółki mostowe samodzielne, podpory i skrzydła przyczółków w podporach tradycyjnych,
- budowa falochronów, zapór wodnych, pirsów portowych itp.,
- stabilizacja ścian głębokich wykopów,
- budowle ścianowo-ziemne, jako ekrany akustyczne, bariery przeciwlawinowe i osuwiskowe, jako zabezpieczenie przed skutkami eksplozji, wycieków ze zbiorników i rozprzestrzenianiem się pożarów.

We wszystkich przypadkach zastosowań budowle tworzone omawianą metodą charakteryzują się znaczną oszczędnością terenu pod budowlę i nakładów rzeczowych oraz finansowych w porównaniu z metodami tradycyjnymi.

3. SYSTEM DERMAT®

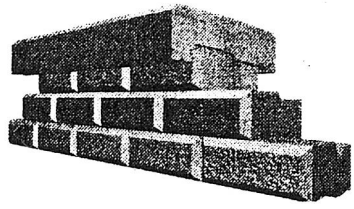
W kraju przed wprowadzeniem ścian aktywnych z elementów betonowych drobnowymiarowych, do których zalicza się system Dermat, stosowano w niewielkim zakresie dwa zagraniczne systemy prefabrykowanych żelbetowych, średnio-wymiarowych ścian aktywnych współpracujących z gruntem zbrojonym.

Jednym z nich był francuski system Freyssisol, drugim amerykański system T-Wall. Ciężar podstawowego prefabrykatu w systemie Freyssisol wynosi około 1260 kg, w T-Wall od 620 do 1400 kg (w zależności od długości tzw. środnika, stanowiącego żelbetowe zbrojenie gruntu).

Opracowany w Przedsiębiorstwie Robót Drogowych i Mostowych w Kędzierzynie-Koźlu z udziałem autora niniejszej pracy system Dermat, bazuje na bloczkach wielkowymiarowych o ciężarze 30 kg, przewidzianych do montażu ręcznego.

Bloczki produkowane są metodą wibroprasowania, formowane i transportowane jako podwójne, do przełamania w miejscu wbudowania w ścianę. Przełom jest stroną licową ściany, uzyskującą strukturę młotkowanego kamienia.

Widok fragmentu ściany wraz z oczepem przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Fragment ściany z elementów systemu Dermat
Fig. 2. Detail of a blockwork wall of Dermat® system

Istota systemu aktywnych ścian oporowych tego systemu polega na współdziałaniu prefabrykowanych bloczków typu B (biernych – bez wpustu łącznika) i typu C (czynnych – z wpustem na łącznik) z geosiatką stanowiącą zbrojenie gruntu. W skład systemu wchodzi ponadto uchwyt (konektor) z tworzywa sztucznego oraz oczep dostosowany do zwieńczania ściany.

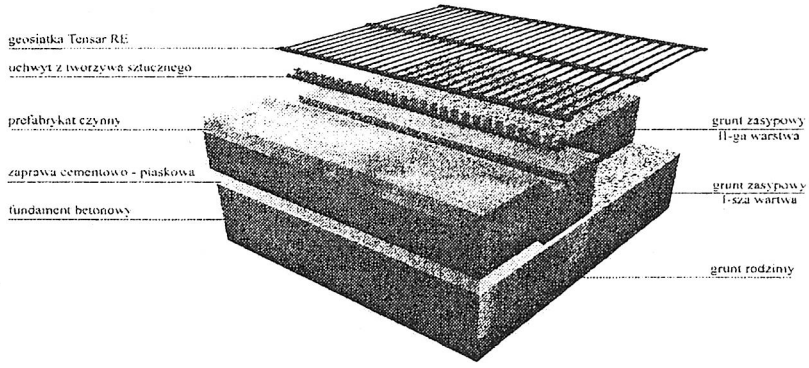
Pełną charakterystykę systemu zawarto w tabeli 1. Fragment tworzenia aktywnej ściany z gruntu zbrojonego przedstawiono na rysunku 3.

Tablica 1. Charakterystyka systemu Dermat®
Table 1. Characteristic of Dermat system

Element ściany aktywnej	Obiekty systemu	Relacje w systemie	Kooperacja
Fundament	Monolityczna ława betonowa	Parametry projektowe: geometryczne, konstrukcyjne	Wykonawca robót
Ściana aktywna	Drobnowymiarowe bloczki typu: – B (bierny) – C (czynny) – oczep	Materiałowe: beton B25, geometryczne: 360×300×125 mm Element C z wpustem dostosowanym do uchwytu (konektora)	Producent – PRDiM Kędzierzyn-Koźle
Zbrojenie	Geosiatka np.Tensar® typ RE HDPE lub inne wg projektu	Geosiatka w rolkach szerokości 1,3 m i długości 50 m. Pozostałe parametry mechaniczno-wytrzymałościowe – katalogi wyrobów	Dystrybutor w Polsce – Drotest
Uchwyt (konektor) do mocowania siatki w bloczkach typu C	Wielopunktowy uchwyt (konektor) np. Tensar® z tworzywa sztucznego	Dostarczany w łamanych odcinkach 1 m	Dystrybutor w Polsce – Drotest

Obecnie system został wzbogacony o podsystemy kooperujące, rozszerzające i wzbogacające ofertę. We współpracy z projektantami opracowano wzorcową dokumentację projektową detali wyposażenia, takiego jak:

- żelbetowe zespolone oczepy – fundament balustrad,
- żelbetowe fundamenty latarni oświetleniowych,
- balustrady i bariery SP-06.



Rys. 3. Fragment konstrukcji ściany aktywnej systemu Dermat
Fig. 3. Detail of active wall construction of Dermat® system

Ponadto w ramach systemu projektowo-realizacyjnego inwestor lub wykonawca może zlecić projektowanie obiektu z wykorzystaniem programu Winwall the Tensar Reinforced Retaining Wall and Steep Slop Design Program.

4. EFEKTYWNOŚĆ SYSTEMU DERMAT

W czasie trzyletniego stosowania systemu dokonano m.in. kilku znaczących realizacji w ramach budowy dróg i autostrad. I tak:

- dwustronne ściany nasypu przed wiaduktem w ciągu DK94 w Strzelcach Opolskich – wykonawca robót – PRDiM Kędzierzyn –Koźle,
- ściana aktywna w szczytowej partii nasypu utrzymująca bloki mieszkalne i stanowiąca podbudowę ściany antyhałasowej w pobliżu węzła „Batory" w ciągu A4 – wykonawca – Strabag,
- ściany rozbudowanego węzła drobowego „Auchan" na DK Bielsko-Cieszyn – wykonawca – Budimex-Dromex,
- węzeł drogowy dwupoziomowy w śródmieściu Raciborza – wykonawca NCC i inne.

Ponadto ukończono projekt przyczółków mostowych ze ścianami aktywnymi współpracującymi z gruntem zbrojonym w Wojniczu, pierwszą w kraju próbą zastosowania ścian aktywnych w budowie mostów i wiaduktów.

Autor każdą z realizacji analizował porównawczo pod względem jej efektywności z rozwiązaniem tradycyjnym, które we wszystkich wymienionych przypadkach było

rozwiązaniem wyjściowym, stanowiącym podstawę projektową wygranych przetargów. Poniżej przedstawiono wyniki wielokryterialnej analizy porównawczej dla dwóch rozwiązań obiektów z zastosowaniem systemu Dermat z rozwiązaniami podstawowymi, monolitycznymi. Są, to:

- dwupoziomowe skrzyżowanie w węźle śródmieścia Bielska-Białej,
- podpory wiaduktu WA-12 w ciągu autostrady A4, nad ulicą Kochłowicką w Rudzie Śląskiej.

W pierwszym z wymienionych przykładów analiza porównawcza została przeprowadzona na wybranym odcinku ściany oporowej zaprojektowanej jako żelbetowa – monolityczna o długości 57 m i wysokości 8,30 m.

W analizie porównawczej zaproponowano dwa warianty rozwiązań przeciwstawnych, dla których wykonano projekty techniczne i kosztorysy, są to:

- ściana oporowa wielkowymiarowa systemu T-Wall i
- ściana oporowa aktywna systemu Dermat.

Przy ustalaniu kryteriów oceny rozwiązań wariantowych, zwrócono szczególną uwagę na ich kompleksowość i obiektywizm w grupie kryteriów niewymiernych.

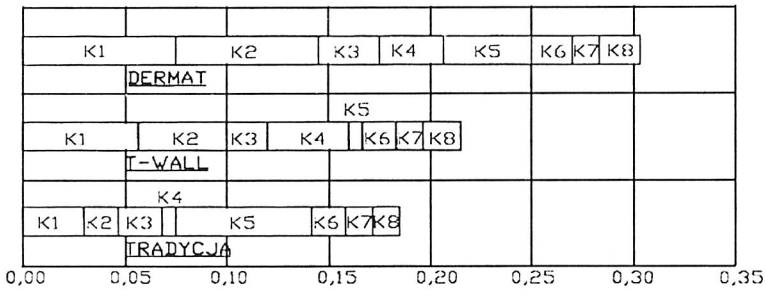
Kryteria wymierne:

K1. Koszt realizacji (wg kalkulacji kosztorysowej),
K2. Czas realizacji pełnego odcinka ściany,
K3. Niezbędna bezpośrednia powierzchnia placu budowy lub montażu, wynikająca z zasad technologii i organizacji użytego systemu,
K4. Materiałochłonność potraktowana jako miara zespolona, uwzględniająca ciężar i koszty wszystkich materiałów danego systemu.

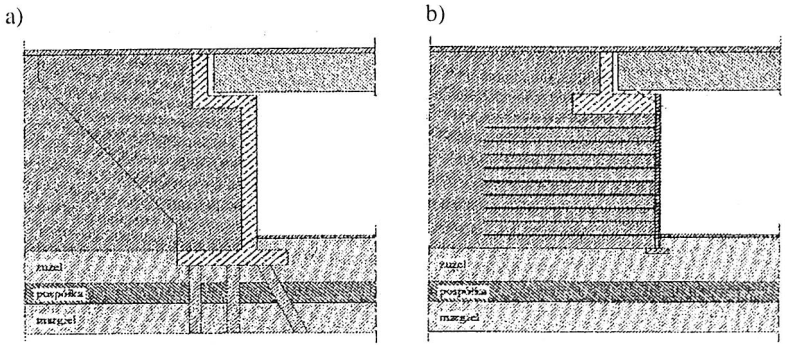
Kryteria niewymierne:

Wartości ustalano sposobami eksperckimi. I tak:

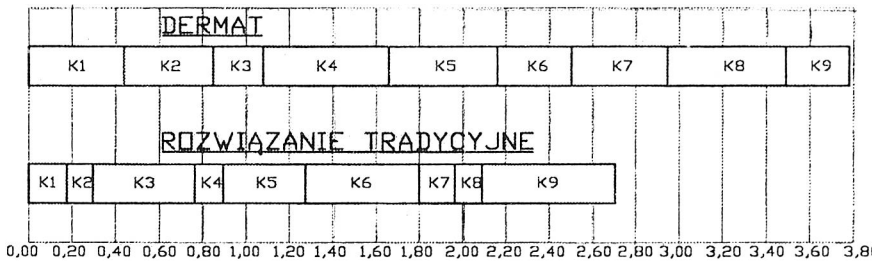
K5. Dostępność materiałów,
K6. Swoboda kształtowania budowli – łatwość odwzorowań projektu,
K7. Estetyka uzyskiwanych rezultatów – zwłaszcza powierzchni licowych ścian,
K8. Łatwość realizacji – technologiczność.



Rys. 4. Wartości miar kryteriów („dobroć" rozwiązania) poszczególnych wariantów
Fig. 4. Values of criteria rate of particular variants



Rys. 5. Schematyczny przekrój przyczółka mostowego: a) wersja podstawowa, b) wersja Dermat
Fig. 5. Schematic cross-section of bridge abutment:
a) traditional version (due to the draft), b) a version in Dermat® system



Rys. 6. Wartości miar kryteriów – „dobroć" rozwiązań badanych wariantów
Fig. 6. Values of criteria rate of investigated variants of bridge abutments

W wyniku zastosowania przetwarzania danych metodą Pattern w ramach WAP, uzyskano hierarchizację rozwiązań wariantowych. Mając na względzie poznawczy charakter niniejszej pracy postanowiono rezultaty hierarchizacji wariantów rozwiązań przedstawić w formie uogólnionej, gdzie wartością miar kryteriów jest tzw. współ-czynnik „dobroci" rozwiązania. Ujmują to wykresy blokowe uwidocznione na rysunku 4.

W drugim przykładzie oceniano przyczółek wiaduktu WA-12 o szerokości 39,21 m i zmiennej wysokości 8,17 do 10,18 m, którego schemat w wersji tradycyjnej i w systemie Dermat przedstawiono na rysunku 5.

Przyjęto identyczne kryteria, jak w przykładzie pierwszym, dodając kryterium niewymierne K9 – powszechność technologii w kraju.

Rezultaty WAP z hierarchią dobroci rozwiązania zamieszczono na rysunku 6.

5. WNIOSKI

1. Ściany aktywne współpracujące z gruntem zbrojonym stanowią nowoczesną alternatywę tradycyjnych murów i ścian oporowych, a istotne zalety konstruk-

cyjne, technologiczne i organizacji wykonawstwa powodują szybki rozwój tej dziedziny budownictwa.

2. Systemy oparte na ścianach aktywnych montowanych z prefabrykatów drobnowymiarowych wykazują zdecydowanie lepszą technologiczność w porównaniu z prefabrykacją wielko i średniowymiarową.
3. Możliwość wykorzystania gruntu rodzimego, a szczególnie sypkich materiałów odpadowych do tzw. zasypki strefy zbrojonej, przyczynia się do proekologiczności inwestycji bazujących na omawianych konstrukcjach
4. Suchy, ręczny, prosty montaż wymuszony wszystkich elementów systemu Dermat, jako krajowego reprezentanta w zakresie drobnowymiarowych prefabrykatów, eliminuje konieczność stosowania ciężkich maszyn, placów przyobiektowych i ogranicza sezonowość robót. Ponadto preferuje ze zrozumiałych względów te rozwiązania na terenach górniczych i sejsmicznych oraz ułatwia prace adaptacyjne i remonty.
5. Wyniki analiz ekonomicznych zamieszczone w pracy a dotyczące kontrastowych zastosować systemu, wskazują na atrakcyjność ekonomiczną, która nota bene we wszystkich przypadkach zastosowań była czynnikiem alternatywnego wyboru tej metody dopiero w fazie realizacji inwestycji.

LITERATURA

[1] LEŚNIEWSKA B., KULCZYKOWSKI M.: *Grunt zbrojony jako materiał kompozytowy.* Wydawnictwo IBW PAN Gdańsk, Gdańsk 2001.

[2] CZADZEK R.: *Podpory mostów i wiaduktów z wykorzystaniem ścian oporowych aktywnych – współpracujących z gruntem zbrojonym*, Praca dyplomowa magisterska, Promotor Fligier K., Gliwice 2004.

[3] JAROMINIAK A.: *Lekkie konstrukcje oporowe*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1999.

THE SYSTEM OF DERMAT® ACTIVE RETAINING WALLS AT THE ROAD AND BRIDGES BUILDING AS WELL AS SHAPING AREAS OF LAND DEVELOPMENT PURPOSES

The paper refers to the rules of application, designing and performance, as well as the efficiency of shaping walls using reinforced earth. Particularly, the paper presents the domestic Dermat® system that represents small dimension prefabrication included in such active walls. The economic efficiency of Dermat® system is described in the paper based on the example of the road and bridge development project.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

technologie napraw, wspomaganie decyzji,
sieci neuronowe, systemy hybrydowe

Marcin GAJZLER*

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SYSTEMU HYBRYDOWEGO W PROCESIE WSPOMAGANIA DECYZJI MATERIAŁOWYCH DO NAPRAW KONSTRUKCJI BETONOWYCH

Zaprezentowano schemat systemu hybrydowego klasy „loosely-coupled" w procesie wspomagania decyzji. Analizowany problem decyzyjny dotyczy wyboru rozwiązania materiałowego dla naprawy konstrukcji betonowej. Wykorzystanym narzędziem jest system bazujący na wnioskowaniu rozmytym i sztucznych sieciach neuronowych. Rezultatem działania systemu jest wartość „atrakcyjności" wariantów rozwiązań w świetle wybranych wcześniej 16 kryteriów. W niniejszym artykule skupiono się na prezentacji schematu systemu hybrydowego, ze szczególnym uwzględnieniem istoty i działania sztucznej sieci neuronowej. Zaprezentowano wnioski, jak również kierunki dalszych badań.

1. WSTĘP

Ilość rozwiązań problemów decyzyjnych, konieczność szybkiej reakcji i podjęcia racjonalnej decyzji, w głównej mierze wpływają na badania i rozwój systemów wspomagających podejmowanie decyzji. Sensowność wspierania się systemami wspomagającymi podejmowanie decyzji była już wielokrotnie opisywana [2, 4, 8, 9]. Zwłaszcza taki system jest niezwykle pomocny i pożądany w pierwszym podejściu do problemu, kiedy decydent dokonuje preselekcji i rozeznania. Nie wyklucza to oczywiście możliwości sfinalizowania całego procesu decyzyjnego w oparciu o system

* Instytut Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Poznańska

wspomagający, chociaż jak wynika z kontaktów zawodowych, na tym etapie niezastąpionym wydaje się być jeszcze fizyczny doradca.

Milowym krokiem w rozwoju systemów wspomagających podejmowanie decyzji okazało się być zastosowanie narzędzi sztucznej inteligencji, tj. systemów ekspertowych, wnioskowania rozmytego, sztucznych sieci neuronowych, algorytmów genetycznych, czy wreszcie systemów spajających kilka narzędzi, czyli tzw. systemów hybrydowych. Integracja wymienionych wcześniej narzędzi daje szansę na stworzenie jeszcze lepszych i mocniejszych technik niż stosowane odrębnie narzędzia sztucznej inteligencji. Każde z narzędzi ma swoją specyfikę predestynującą je do określonych zastosowań. Nie zawsze jednak jest ono pełnym i obiektywnym odwzorowaniem zjawiska. Mogą zachodzić trudności z pozyskiwaniem wiedzy (lub danych), z obiektywną formalizacją wiedzy, z brakiem precyzji, niepewnością i ryzykiem. Dlatego korzystnym i celowym wydaje się być łączenie samodzielnych technik sztucznej inteligencji w zintegrowane systemy hybrydowe. Ze względu na budowę i stopień integracji systemów wyróżniono 5 klas systemów hybrydowych [6]: funkcjonujące oddzielnie (*stand-alone models*), transformacyjne (*transformational models*), luźno powiązane (*loosely-coupled models*), ściślej powiązane (*tightly-coupled models*), całkowicie zintegrowane (*fully integrated models*). Zaprezentowany w dalszej części model, stanowiący połączenie sieci neuronowych oraz wnioskowania rozmytego, można sklasyfikować jak system hybrydowy *„loosely-coupled"*, w którym moduły sztucznej inteligencji stanowią osobne komponenty komunikujące się ze sobą za pomocą zbiorów danych.

2. PROBLEM DECYZYJNY

Poddany analizie problem decyzyjny dotyczy wyboru rozwiązania materiałowego dla wykonania naprawy powierzchniowej konstrukcji żelbetowej. Problem ten był już wielokrotnie prezentowany, jak również próby jego rozwiązania [8, 9]. Problem sam w sobie jest o tyle istotny i aktualny, że znakomita większość konstrukcji to konstrukcje betonowe i żelbetowe, z których spory procent wymaga mniejszych lub większych napraw. Konieczność napraw wynika bądź z błędów występujących na etapie projektowania, realizacji, bądź z niewłaściwego utrzymania i konserwacji obiektu lub z oddziaływania określonych czynników w stopniu przewyższającym założone wartości przy projektowaniu [1].

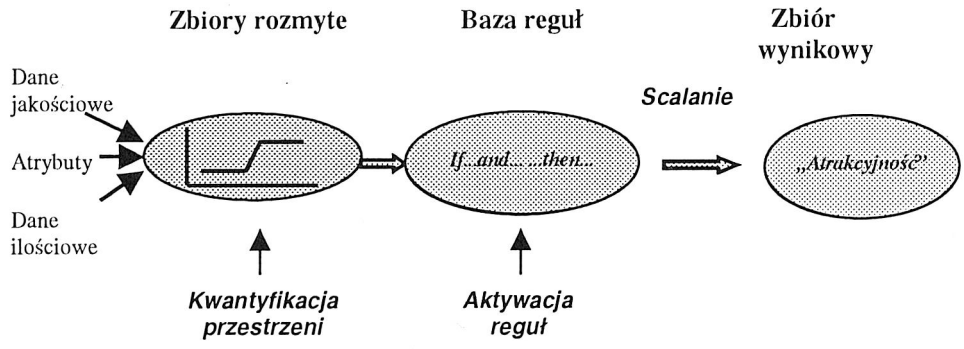
W rozwiązaniu postawionego problemu należy zmierzać do wyboru jednego z oferentów, a tym samym konkretnego rozwiązania materiałowego, technologii, czynników ekonomicznych, natury organizacyjnej oraz szeregu pozostałych, które wpływają na decydenta. Niezwykle istotnym wydaje się analizowanie szerszego spektrum problemu decyzyjnego, nie ograniczając się przy tym tylko i wyłącznie do analizy cech

technicznych materiału oraz kosztów. Oczywistym jest, aby przystępując do sformułowania takiego zagadnienia decyzyjnego, dokonać wcześniej analizy zaistniałej sytuacji, czyli przede wszystkim rodzaju konstrukcji, miejsca i rodzaju uszkodzenia, warunków w jakich naprawiana konstrukcja się znajduje, a także dokonać identyfikacji możliwości wystąpienia późniejszych, ewentualnych zagrożeń. Tak przeprowadzona analiza jest punktem wyjścia do sformułowania wymagań oraz wartości progowych stawianych wariantom decyzyjnym. Jak już zostało to wcześniej wspomniane, korzystnym wydaje się poszerzenie „popularnego" zestawu kryteriów (właściwości techniczne/koszty) o inne czynniki, które jak okazuje się mają również pewien wpływ na potencjalną decyzję. Niestety, częstokroć są to czynniki/kryteria, względem których nie istnieje możliwość ich jednoznacznego i ścisłego określenia. Chcąc analizować takie czynniki jak poziom skomplikowania technologicznego, ryzyko technologiczne, kolizyjność, możliwości stosowania bonifikat przy zakupie itp., nie dysponujemy bezpośrednio jednoznacznymi wartościami w określonych jednostkach. Mimo to, są to czynniki, które również w pewnym stopniu determinują decydenta do podjęcia określonej decyzji.

3. SYSTEM Z LOGIKĄ ROZMYTĄ

Analogiczny problem decyzyjny oraz próbę jego rozwiązania przedstawiono w [2]. Analizowany wówczas problem decyzyjny nie był jednak zbyt rozległy i nie wyczerpywał wszystkich możliwych i istotnych czynników determinujących wybór. Jednak w przedstawionym w [2] rozwiązaniu została naszkicowana metoda postępowania w przypadku wystąpienia informacji nieprecyzyjnej. W celu uzyskania rozwiązania problemu, czyli określenia „atrakcyjności" każdego z wariantów materiałowych, zbudowano system opierający się o analizę wielokryterialną, system ekspertowy i wnioskowanie rozmyte. Znaczna część danych wejściowych była określona w sposób rozmyty, mało precyzyjny. W związku z tym wykorzystano zbiory rozmyte, dzięki którym dokonano przejścia z danych symbolicznych i rozmytych na dane numeryczne i określone. W dalszym ciągu na podstawie badań ankietowych uzyskano informacje na temat preferencji i oczekiwań decydentów względem porównywanych wariantów materiałowych. Te informacje posłużyły do budowy bazy wiedzy, która stanowiła zbiór reguł. Była to stosunkowo mało skomplikowana baza, a jej rozmiar uzależniony był od ilości kryteriów (analizowano 5 kryteriów) oraz ilości skwantyfikowanych przedziałów (ogółem 17 przedziałów). Jednak stworzenie już takiej ilości reguł (405), konieczność ich aktywacji były bardzo czasochłonne. Na etapie aktywowania reguł możliwe było uwzględnianie wag kryteriów, przez co fizycznie obniżano lub podwyższano stopień przynależności funkcji dla każdego z kryteriów. Ostateczne wyniki były podane również w postaci rozmytej, a mianowicie przez podanie przynależności do

przedziałów zbioru wynikowego „atrakcyjność". Zastosowanie defuzyfikcji [10], czyli wyostrzania wyników pozwoliło przedstawić ostateczne rozwiązanie w postaci numerycznej, dzięki czemu powstał ranking sugerujący lepsze i gorsze rozwiązania. Schemat ideowy takiego systemu przedstawia rys. 1.

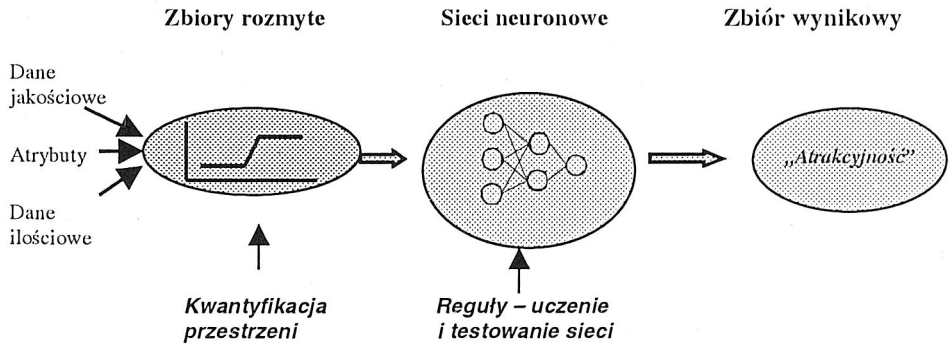


Rys. 1. Schemat systemu wspomagającego decydenta przy wyborze rozwiązania materiałowego
Fig. 1. Scheme of decision making support system for choice of materials solution

4. MODEL HYBRYDOWY

Kolejną ewolucją systemu wspomagającego podejmowanie decyzji materiałowych jest system hybrydowy, zaliczany do klasy *„loosely-coupled"*. Model ten stanowi połączenie technik wnioskowania rozmytego z sieciami neuronowymi (rys. 2). Przyjęto taki model, ponieważ obydwie techniki dobrze funkcjonują w środowisku niepewnym, nieprecyzyjnym i zaszumianym, natomiast złożoność zagadnienia decyzyjnego w znacznym stopniu wymaga narzędzia bardziej doskonałego, niż zaproponowane wcześniej. Również obydwie techniki pozwalają na funkcjonowanie w środowisku numerycznym pomimo jakościowych określeń pewnych czynników. Budowany model hybrydowy to rozbudowany i wzmocniony sieciami neuronowymi model systemu wspomagającego podejmowanie decyzji opisywany w [2]. Dzięki zastosowaniu w nim SSN można było zwiększyć ilość analizowanych kryteriów, nie przedłużając samego procesu wnioskowania. Ponadto dzięki zastosowaniu sieci neuronowych możliwe wydaje się uniknięcie budowy kompletnej bazy reguł, co w przypadku dużej ilości kryteriów oraz ich znacznego stopnia skwantyfikowania, byłoby bardzo czasochłonne. W zamian za to konieczne będzie nauczenie sieci wnioskowania zbieżnego z regułami. Niestety, wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych stwarza dla „inżyniera systemu" pewne problemy. Zasadniczym problemem jest potrzeba posiadania pewnych danych dotyczących wnioskowania, a więc danych historycznych, które wydają

się niezbędne dla uczenia, testowania i weryfikacji sieci neuronowej. Zakładając nawet, że dane takie są możliwe do uzyskania, to niestety ich wiarygodność może być wątpliwa (układy nieformalne), co powoduje że sieć neuronowa może posiadać określoną „skazę". W celu uniknięcia problemu z obarczonymi „skazami" danymi uczącymi i pozyskania jakichkolwiek danych niezbędnych w procesie uczenia, zaproponowano akcję sondażową skierowaną do osób w sposób profesjonalny związanych z naprawami. Analogiczne podejście, z tym że w zastosowaniu w naukach ekonomicznych, przedstawiono w [3, 13]. Na podstawie takiej akcji sondażowej zadaniem „inżyniera systemu" jest wyłonienie kilkudziesięciu reguł wnioskowania o możliwie szerokim zakresie wartości i na tej podstawie przystąpienie do uczenia i testowania sieci. Zbiory rozmyte mogą zostać wykorzystane dwukrotnie. Pierwszy raz – w momencie budowy systemu, jako alternatywne narzędzie w przypadku wystąpienia danych jakościowych (reguły, które posłużą do uczenia sieci mogą przecież takowe dane posiadać), drugi raz – na etapie użytkowania systemu przez potencjalnego decydenta, którego zakres wiedzy technicznej i precyzyjnej może być ograniczony. Zbiory rozmyte będą w tym momencie odpowiedzialne za „przyjazny interfejs", gdyż umożliwią operowanie w systemie na pojęciach ogólnych, przyjaznych i znanych laikowi (nie możemy zakładać sytuacji, że użytkownik będzie ekspertem)



Rys. 2. Schemat modelu hybrydowego *„loosely-coupled"* wspomagającego podejmowanie decyzji
Fig. 2. Scheme of *„loosely-coupled"* hybrid system for decision making

W celu rozwiązania postawionego problemu decyzyjnego, a więc wyboru rozwiązania materiałowego dla realizacji naprawy powierzchniowej konstrukcji betonowej, zaproponowano model, którego schemat przedstawia rys. 2. W trakcie kilku sesji myślenia spontanicznego tzw. „burzy mózgów" wyłoniono 26 kryteriów. Następnie uzyskane rezultaty zostały skonfrontowane z ekspertami w dziedzinie, a także ze specjalistyczną literaturą. Na tej podstawie została utworzona lista 6 kryteriów (tabela), których wartości zdają się mieć wpływ na decyzję. Kryteria te zostały przyporządkowane w gru-

pach. W dalszym ciągu na podstawie wiedzy ekspertów określono funkcje przynależności odpowiednie dla każdego z kryteriów. Założono dla wszystkich kryteriów taki sam stopień kwantyfikacji przedziału wartości równy 3. Oczywiście, o ile istnieją przesłanki, stopień kwantyfikacji może by różny, jednak dla uproszczenia w analizowanym przypadku jest on wszędzie równy.

Tabela 1. Kryteria oceny „atrakcyjności" materiałów naprawczych
Table 1. Criteria`s of estimate

	Cena jednostkowa
Wytrzymałość na zginanie	Koszty dodatkowe
Wytrzymałość na odrywanie	Warunki płatności
Czas pracy	Pracochłonność
Mrozoodporność	Maszynochłonność
Nasiąkliwość	Ograniczenia technologiczne
Skurcz	Marka
Odporność chemiczna	Serwis dystrybutora

Odnosząc opisywany model do modelu przedstawionego w [2] w kolejnym kroku należało by zbudować kompletną bazę reguł i dalej aktywować każdą regułę. W tym wypadku zaniechano tego kroku na rzecz wykorzystania sztucznych sieci neuronowych. Mając uzyskane na podstawie akcji sondażowej komplety danych wejściowych i wyjściowych można przystąpić do uczenia sieci neuronowej. Wcześniej należy jeszcze rozwiązać problem architektury sieci. W przypadku wyboru architektury sieci można kierować się poniekąd intuicją. Dysponując narzędziami w postaci oprogramowania komputerowego, wybór efektywnej architektury sieci wydaje się być nieskomplikowanym zadaniem, gdyż szybkość obliczeń pozwala przetestować znaczną liczbę możliwych architektur sieci. Dla tak postawionego problemu, postanowiono wykorzystać warstwowe sieci perceptronowe. Należy nadmienić, że sieci perceptronowe są uniwersalnymi sieciami, najczęściej i najchętniej wykorzystywanymi w praktycznych aplikacjach [11, 12]. Jako punkt wyjścia przyjęto sieć o 16 wejściach i 1 wyjściu. Każde z wejść stanowiło odrębny atrybut oceny alternatywnego rozwiązania i zostało przedstawione w postaci współrzędnej składowej wektora warstwy wejściowej. Natomiast warstwa wyjściowa złożona z jednego neuronu przedstawionego w postaci liczbowej z przedziału <0, 1> odpowiedzialna była za określenie „atrakcyjności" badanego rozwiązania. Przyjęty model sieci to perceptron wielowarstwowy z jedną warstwą ukrytą (rys. 3).

Na drodze badań określono wielkość warstwy ukrytej na 4 neurony, przyjmując do rozważań od 2 do 10 neuronów w warstwie ukrytej. Ilość warstw ukrytych, jak również ilość samych neuronów w tych warstwach jest sprawą indywidualną, która powinna być dostrajana na podstawie obserwacji zachowania się sieci. Istnieje wiele metod określania architektury sieci zarówno za pomocą uogólnionych zasad, jak

i przybliżonych wzorów [5, 7], jednak te sprawdzają się najczęściej w przypadku prostych sieci perceptronowych jednowarstwowych. Przy posiadanej ilości reguł, a więc danych uczących i testowych oraz określonej wielkości warstwy ukrytej osiągnięto możliwie najniższe błędy dla sieci o strukturze 16-4-1. Niejako potwierdzeniem tego jest wzór (1), który w sposób przybliżony stanowi o ilości neuronów w warstwie ukrytej dla sieci perceptronowej z jedną warstwą ukrytą:

$$H_l = \sqrt{I_l * O_l} \tag{1}$$

gdzie:

H_l – wielkość warstwy ukrytej,

I_l – wielkość warstwy wejściowej,

O_l – wielkość warstwy wyjściowej.

Należy tutaj dodać, że również ilość danych przeznaczonych do uczenia sieci ma wpływ na jej strukturę. Przy zbyt rozbudowanej strukturze, czyli dużej ilości wejść i wyjść, dużej ilości neuronów w warstwie ukrytej, oraz przy skromnym zasobie danych uczących, poprawne nauczenie sieci, a tym samym jej późniejsza przydatność stają się wątpliwe.

Jako warunek zatrzymania uczenia przyjęto osiągnięcie możliwie najniższego błędu uczenia i testowania. Błąd ten określany jako RMSE (*root mean squared error*) i określany każdorazowo dla próbki uczącej i testującej oraz dla zbioru walidacyjnego wyznacza formuła (2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=N}^{N}(y_i - \hat{y}_i)^2} \tag{2}$$

gdzie:

N – liczba przypadków,

y_i – wartość wyjścia uzyskana z sieci neuronowej dla i-tego zestawu danych,

y_i wartość rzeczywista wyjścia sieci w i-tym zestawie danych.

W obliczeniach numerycznych wykorzystano pakiet komputerowy Statistica Sieci Neuronowe StatSoft PL. Dla sieci typu MLP 16-4-1 przy 45 kompletach danych uczących i 15 kompletach danych testowych oraz 15 kompletach danych walidacyjnych uzyskano następujące wyniki:

– błąd uczenia: 0,088930,

– błąd testowania: 0,087042,

– błąd walidacji: 0,070963.

Powyższe błędy sieci uzyskano przy zastosowaniu do nauki sieci algorytmu wstecznej propagacji błędu (200 epok) oraz algorytmu Levenberga–Marquardta (23 epoki). Wykorzystano te algorytmy uczenia, gdyż obydwa doskonale nadają się do uczenia perceptronów wielowarstwowych, z tym że algorytm Levenberga–Marquardta jest specjalnie „dedykowany" do sieci perceptronowych o pojedynczym

neuronie wyjściowym oraz o nieskomplikowanej strukturze. To przeznaczenie i zgodność z analizowanym modelem zadecydowało w pewnej mierze o wykorzystaniu tego algorytmu. Dobór algorytmów nauczania był niejako intuicyjny, ale również przeprowadzane próby z wykorzystaniem innych algorytmów i osiągnięte rezultaty, skłaniały ku zastosowaniu tej metody. Uczenie odbywało się dwufazowo, tzn. w pierwszej fazie stosowany był algorytm wstecznej propagacji błędu, zaś w drugiej fazie do kontynuacji uczenia stosowany był algorytm Levenberga–Marquardta. Jako warunek zatrzymania uczenia sieci podano osiągnięcie minimalnego błędu uczenia i walidacji. Każdorazowe uczenie sieci odbywało się na losowo wybranych przypadkach danych uczących, zaś pozostałe zestawy danych rozdzielane były na przypadki testujące oraz walidacyjne.

Na podstawie przedstawionych wyników dotyczących uczenia sieci można by się już pokusić o stwierdzenie, że przyjęta w modelu sieć neuronowa zdolna jest do poprawnego funkcjonowania oraz przejęcia odpowiedzialności za wnioskowanie. Przedstawiony model wymaga pełnej weryfikacji, jednak przedstawione rezultaty są już obiecujące. Na wyjściu sieci otrzymywane są współczynniki z przedziału <0, 1>, których wartość określa „atrakcyjność" dla decydenta. W oparciu o te współczynniki i przyjęty graniczny poziom akceptowalności decydent może zawężać przedział poszukiwań, a nawet skłaniać się ku określonemu rozwiązaniu. Dodatkowo uzyskane na wyjściu sieci współczynniki i pogrupowane w sposób rosnący mogą utworzyć ranking rozwiązań od „najsłabszego" do najlepszego. Zdaniem autora taki system to cenne narzędzie, przydatne w „pierwszym kontakcie" z problemem decyzyjnym.

Prezentowany temat zawiera ideę wykorzystania modelu hybrydowego w problematyce podejmowania decyzji przy naprawach konstrukcji betonowych. Dogłębne poznanie tematu, jak i zbudowanie modelu wraz z jego weryfikacją i implementacją, dają szanse na osiągnięcie obiecujących rezultatów. Przedstawione narzędzie z grupy inteligentnych daje ogromne pole możliwości dla budowy systemów wspomagających podejmowanie decyzji, zaś problem napraw konstrukcji betonowych i żelbetowych, z racji ilości obiektów zrealizowanych w takiej technologii, jest i będzie wciąż aktualny.

5. DALSZE KIERUNKI BADAŃ

Zaprezentowana idea systemu hybrydowego łączącego zbiory rozmyte oraz sztuczne sieci neuronowe stanowi podstawę do dalszych badań i rozwoju systemu wspomagającego podejmowanie decyzji materiałowych i technologicznych przy naprawach konstrukcji żelbetowych. W zamierzeniu autora jest rozbudowa sytemu, tak aby uwzględniał on specyfikę naprawianej konstrukcji, czyli przede wszystkim warunki w jakich się znajduje konstrukcja. I tutaj korzystnym wydaje się wyodrębnienie kilku klas charakteryzujących środowisko konstrukcji (EN 206-1 2000):

– środowisko suche (klasa XO),
– środowisko wilgotne, mokre (klasa XC),
– oddziaływanie chlorków (klasa XD),
– konstrukcje morskie (klasa XS),
– korozja mrozowa (klasa XF),
– korozja chemiczna (klasa XA).

Celowym wydaje się zbudowanie takiego systemu w wersji „on-line", który w połączeniu z aktualizowaną bazą danych stanowiłby niezbędną pomoc dla inwestorów czy też samych wykonawców w zakresie wyboru materiału i technologii. Dzięki zastosowaniu w systemie zbiorów rozmytych istniała by możliwość operowania przez użytkownika pojęciami ogólnymi, bez konieczności posiadania fachowej wiedzy. Moduł logiki rozmytej w odpowiedni sposób przekształcałby zadane pojęcia do postaci precyzyjnej, a dalej moduł sieci neuronowych wyszukiwałby odpowiednie rozwiązania. Zdaniem autora idea takich systemów – ogólnodostępnych oraz powszechnych – stanowi kierunek rozwoju systemów wspomagających podejmowanie decyzji.

LITERATURA

[1] CZARNECKI L., EMMONS P., *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych.* Polski Cement, Kraków 2002.

[2] GAJZLER M., *The use of fuzzy logic in decision-making systems.* Foundations of Civil and Environmental Engineering. Nr 5 (2004), s. 7–20.

[3] GOONATILAKE S., TRELEAVEN P., *Intelligent systems for finance and business.* Wiley and Sons, Chichester 1995.

[4] KWIATKOWSKA A., *Systemy wspomagania decyzji dla inżynierów środowiska.* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001.

[5] MASTERS T., *Sieci neuronowe w praktyce.* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.

[6] MEDSKER L., *Hybrid Neural Networks and Expert Systems.* Kluwer Academic Publishers, Boston 1994.

[7] OSSOWSKI S., *Sieci neuronowe.* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.

[8] PASŁAWSKI J., GAJZLER M., *Idea hierarchicznego systemu decyzyjnego przy wyborze modyfikatora polimerowego.* Konferencja naukowo-techniczna „Technologia i Organizacja Budownictwa Na Progu XXI Wieku", Puławy, 21–24.06.2001 r., s. 366–374.

[9] PASŁAWSKI J., GAJZLER M., *Systemowy dobór materiału do napraw konstrukcji betonowych.* XII Konferencja naukowo-techniczna OKTRA 2001, Wrocław–Polanica 2001, s. 135–144.

[10] PIEGAT A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte.* Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1999.

[11] SIEDLECKI J., *Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych w modelowaniu ekonomicznym.* Wydawnictwo AE, Wrocław 2001.

[12] TADEUSIEWICZ R., *Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami.* Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1998.

[13] ZIELIŃSKI J., *Inteligentne systemy w zarządzaniu.* PWN, Warszawa 2000.

CAPABILITIES OF USING HYBRID SYSTEM WITHIN SUPPORTING DECISION MAKING PROCESS FOR REPAIRING OF CONCRETE CONSTRUCTIONS

The main topic of the article was presenting a „loosely-coupled" class hybrid system scheme in decision making process. Analyzed decision problem concerns selection of material solution for repairing concrete constructions. The tool which has been used was based on fuzzy logic and artificial neural networks. The result of system activity is the "attractiveness" value of possible solutions in a sense of 16 predefined criteria's. Within this article author concentrated on presentation the scheme of hybrid system, with especial emphasis on the concept and functionality of artificial neural networks.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

popiół lotny, dodatek typu II, beton wysokopopiołowy, mrozoodporność betonu, trwałość mrozowa betonu

Wioletta JACKIEWICZ-REK*
Piotr WOYCIECHOWSKI**
Małgorzata ZMYŚLONY***

WPŁYW ZAWARTOŚCI POPIOŁÓW LOTNYCH W BETONIE NA JEGO WYBRANE CECHY

Celem badań przedstawionych w pracy było uzyskanie betonów mrozoodpornych z zastosowaniem popiolu lotnego oraz określenie wplywu ilości dodawanego popiolu na trwałość mrozową betonu. Omówiono wyniki badań własnych betonów, w których udział popiołów w spoiwie wynosił 0, 15, 35 i 55 %. Oceniono wplyw ilości tego dodatku na takie cechy stwardniałego betonu, jak: wytrzymałość na ściskanie (po 7, 28, 90 dniach dojrzewania) oraz mrozoodporność zwykłą i w soli.

1. WPROWADZENIE

Beton, będący w formie podstawowej mieszaniną cementu, kruszywa i wody obecnie jest kompozytem coraz bardziej złożonym, często nawet pięcio- i sześcioskładnikowym (domieszki, dodatki). Jednocześnie, paradoksalnie, trudniejsze staje się prognozowanie i zapewnienia jego trwałości. Budowle betonowe i żelbetowe powstałe przed wiekami z mieszanki podstawowej trzech składników zachowały się do dnia dzisiejszego w dobrym stanie, tymczasem obserwuje się zły stan betonu wykonanego zaledwie kilka, kilkanaście, czy kilkadziesiąt lat temu. Dlatego słuszne są wszelkie starania zarówno od strony normalizacyjnej (PN-EN 206-1) jak i wszelkie próby badawcze mające na celu zapewnienia trwałości konstrukcjom z betonu w każdej klasie ekspozycji.

Jednym z powszechnie stosowanych składników, którego wpływ na trwałość betonu nie jest jednoznaczna, są popioły lotne. Ustawa o zagospodarowaniu odpadów nakłada obowiązek utylizacji popiołów lotnych. Równocześnie norma PN-EN 206-1 wyróżnia

* Mgr inż., Katedra Inżynierii Materiałów Budowlanych Politechniki Warszawskiej
** Dr inż., Katedra Inżynierii Materiałów Budowlanych Politechniki Warszawskiej
*** Inż., Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej

w grupie dodatków do betonu popioły lotne, które stanowią częściowy zamiennik cementu, a więc wpływają na obniżenie kosztu 1 m^3 betonu. Uwarunkowania te sprawiają, iż popioły lotne dla wytwórców betonu stały się materiałem atrakcyjnym.

Wiadomo również z praktyki, że betony z popiołami lotnymi nie gwarantują stabilności cech mieszance betonowej i betonowi, w tym szczególnie eksploatowanym w warunkach mrozu i soli. Popioły lotne, jako uboczne produkty spalania, mają zróżnicowane cechy w zależności od charakterystyk jakościowych węgla oraz parametrów jego powstawania i w efekcie nie wszystkie w takim samym stopniu mogą być stosowane do betonu [10]. Również rodzaj i ilość zastosowanego popiołu lotnego, wpływają na zróżnicowane cechy betonu [4, 5, 8]. Przykłady stosowania betonów wysokopopiołowych, bądź badań laboratoryjnych nad takimi betonami, są znane z literatury światowej [1, 6, 7], a także krajowej [4, 9].

2. ZAŁOŻENIA I ZAKRES BADAŃ

Celem badań przedstawionych w tej pracy było uzyskanie betonów mrozoodpornych z zastosowaniem popiołu lotnego jako zamiennika ilości cementu oraz określenie wpływu ilości dodawanego popiołu na trwałość mrozową betonu. Zakres badań przewidywał badanie wytrzymałości na ściskanie oraz mrozoodporności betonów o stałym wskaźniku *w/s* i o zmiennej w zakresie 15–55% zawartości popiołu lotnego w spoiwie.

Przeprowadzono badania w 4 seriach – przy wskaźniku woda – spoiwo na poziomie 0,4. W serii 1 spoiwem był tylko cement. W kolejnych 3 seriach części cementu zastąpiono popiołem w ilościach: 15% w serii 2, 35% w serii 3 i 55% w serii 4.

Dobór składników mieszanki betonowej podyktowany był stworzeniem mrozoodpornej matrycy betonowej dla popiołów. Do betonu użyto cementu mostowego 42,5 o niskiej zawartości glinianu trójwapniowego (ok. 1,5%), odpornego na siarczany (CEM I 42,5 N-HSR/NA). Jako kruszywo wybrano – grys amfibolitowy frakcji 2–8 i 8–16 oraz piasek wiślany, zwykły (kategoria GF85 według PN-EN 12620). Do wykonania betonów użyto wody wodociągowej zgodnie z wymaganiami PN-EN 1008. Zastosowano domieszkę upłynniającą, wytwarzaną na bazie zmodyfikowanych fosforanów, pozwalającą na redukcję wody zarobowej, w stopniu, co najmniej takim, jak tradycyjne superplastyfikatory. Do badań wykorzystano popiół lotny z elektrociepłowni Siekierki. Właściwości zastosowanego popiołu lotnego przedstawiono w tabeli 1.

Dodatki typu II (popiół lotny) mogą być uwzględnione w składzie betonu jako część spoiwa. Wskaźnik **w**oda/**c**ement (w/c) można zastąpić wtedy określeniem **w**oda/**s**poiwo (w/s). Norma definiuje spoiwo jako cement + $k \times$ dodatek. Wartość współczynnika k – wskaźnika aktywności pucolanowej dodatku, zależy od klasy cementu. Przy ustalaniu współczynnika w/s dla mieszanek, popiół może stanowić max 0,33% masy cementu. Przy zastosowaniu większej ilości popiołu nadmiar jest traktowany jako obojętny mikrowypełniacz, składnik kruszywa. Ze względu na poznawczy charakter podjętych badań w tej pra-

cy przyjęto, że wskaźnik wodno – spoiwowy odnosi się do całkowitej ilości cementu i popiołów lotnych, niezależnie od tego czy stosunek p/c mieści się w granicach normy PN-EN 206-1, czy też nie. W tabeli 1 zestawiono wymagania dla popiołów wg normy PN-EN 450 i jej nowelizacji EN 450-1. W ostatniej kolumnie podano wyniki uzyskane dla popiołów zastosowanych w badaniach. Spełniają one wymogi normowe, a wg. EN 450-1 można je zakwalifikować do kategorii A, N.

Tabela 1. Właściwości i wymagania dla popiołu lotnego
Table 1. Properties and equipments for fly ash

Składnik popiołu	Wymagania PN-EN 450	Wymagania EN 450-1	Wyniki oznaczenia dla popiołu użytego w badaniach [% mas.]
Straty prażenia	≤ 5,0% mas.	* kategoria A ≤5,0 % mas. * kategoria B: pomiędzy 2,0% a 7,0%mas. * kategoria C: pomiędzy 4,0 % a 9,0 %mas.	3,1
CaO wolny	≤ 1,00% mas.	≤2,5%[1] mas.	0,02
SO_3	≤ 3,00% mas.	≤ 3,00% mas.	0,8
Chlorki	≤ 0,10% mas.	≤ 0,10% mas.	0,02

[1] Popiół lotny, w którym zawartość wolnego CaO jest większa niż 1,0 % masy, lecz nie większa niż 2,5 %, może być akceptowany pod warunkiem zachowania stałości objętości - próba Le Chateliera max. 10 mm.

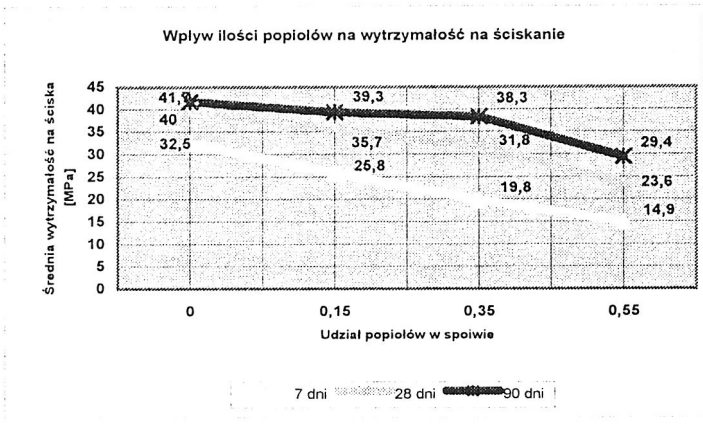
Właściwości fizyczne	Wymagania PN-EN 450	Wymagania EN 450-1	Wyniki [% mas.]
Miałkość	≤max 40% masy ±5	* kategoria S: ≤12% mas. * kategoria N: ≤40% mas.	42,8

Badania mieszanki betonowej obejmowały oznaczenie konsystencji metodą opadu stożka oraz ocenę podatności na segregację (wizualnie). Wszystkie składy miały konsystencję na pograniczu S1 i S2 (ok. 10 cm opadu stożka), objawów segregacji nie stwierdzono. Dla betonu stwardniałego określono wytrzymałość na ściskanie na próbkach sześciennych o boku 100 mm, mrozoodporność metodą zwykłą według PN-88/B-06250 po 300 cyklach oraz mrozoodporność metodą mrożenia w soli po 25 cyklach na podstawie metody przyśpieszonej wg PN-88/B-06250 [2].

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

3.1. WPŁYW ILOŚCI POPIOŁU NA WYTRZYMAŁOŚĆ

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie przedstawiono w tabeli 2. Na rysunku 1 przedstawiono zależność pomiędzy zawartością popiołu w betonie a wytrzymałością badaną w różnym wieku betonu (7, 28 i 90 dni).



Rys. 1. Wpływ ilości popiołów lotnych na wytrzymałość na ściskanie betonu
Fig.1. Influence of fly ash content on compressive strangth of concrete

Tabela 2. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie betonu
Table 2. Results of concrete compressivestrenght tests

Wytrzymałość średnia na ściskanie po 7, 28 i 90 dniach	Składy spoiwa (%) w mieszankach betonowych:			
	1 (*p/c* – 0/100)	2 (*p/c* – 15/85)	3 (*p/c* – 35/65)	4 (*p/c* – 55/45)
f_c^7 [MPa]	32,50	25,80	19,80	14,90
f_c^{28} [MPa]	40,03	35,67	31,77	23,60
f_c^{90} [MPa]	41,70	39,33	38,30	29,37

W początkowym okresie dojrzewania betonu (pierwsze 7 dni) wykres zależności wytrzymałości na ściskanie od ilości popiołów jest praktycznie liniowy. Im większy udział popiołów w spoiwie tym mniejsza wartość wytrzymałości betonu. Dla późniejszych okresów (28 i 90 dni) widać wyraźnie załamanie odpowiadające 35% udziałowi popiołów w spoiwie (granica normowa to $p = 33\%\ m_c$). Po przekroczeniu tej krytycznej granicy można zaobserwować znaczący spadek wytrzymałości na ściskanie. Próbki porównawcze w czasie pierwszych 7 dni wykazały największy przyrost (32,5MPa), w czasie kolejnych 21 dni wartość wytrzymałości na ściskanie wzrosła o 7,5 MPa, natomiast po kolejnych 62 dniach wzrosła już tylko o 1,7 MPa.

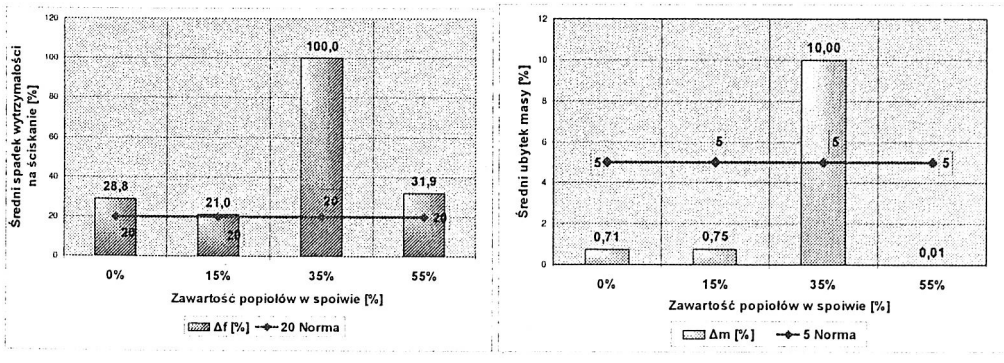
Korzystny wpływ dodatku popiołów na przebieg dojrzewania betonu i wytrzymałość na ściskanie jest widoczny na przykładzie składu 3. W ciągu pierwszych dni następuje umiarkowany przyrost wytrzymałości, a po 28 dniach wzrasta ona znacząco (zwiększenie o 12 MPa). Wolniejszy przyrost w okresie początkowym zapobiega powstaniu spękań i mikrorys, które determinują trwałość betonu.

3.2. WPŁYW ILOŚCI POPIOŁU NA MROZOODPORNOŚĆ BETONU

W tabelach 3, 4 i 5 zestawiono wyniki badania mrozoodporności po 300 cyklach zamrażania-odmrażania betonu poddanego badaniu 28 i 90 dniach dojrzewania w komorze klimatyzacyjnej(t = 18 ±2 °C, RH > 95%).

Tabela 3. Wyniki badania mrozoodporności po 28 dniach, metodą zwykłą po 300 cyklach
Table 3. Frost resistance after 300 cycles for 28-days old concrete

Ozn. składu	Wytrzymałość na ściskanie f [MPa]			Masa m [g]			Opis uszkodzeń
	f średnia świadki	f średnia po 300	spadek Δf [%]	średnia świadki	średnia po 300	ubytek Δm [%]	
1	53,2	37,9	28,8	2 473,73	2 491,22	+0,71	siatka spękań
2	53,4	42,1	21,0	2 418,01	2 436,20	+0,75	siatka spękań
3	Próbki uległy całkowitemu zniszczeniu						zniszczona
4	38,7	26,4	31,9	2 400,13	2 400,34	+0,01	siatka spękań
	Wymagania normowe						
	≤ 20 %			≤ 5 %			brak pęknięć

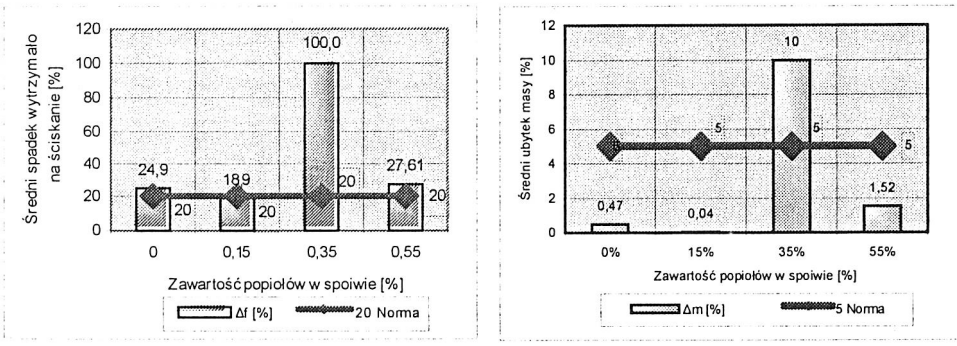


Rys. 2. Spadek wytrzymałości i ubytek masy po 300 cyklach zamrażania-odmrażania dla betonu 28 dniowego
Fig. 2. Decrease of strength and mass after 300 cycles of freezing and thawing for 28 days old concrete

Rysunek 2 ilustruje spadek wytrzymałości na ściskanie w badaniu mrozoodporności po 28 dniach, po 300 cyklach, składów z różną zawartością popiołów w spoiwie. Największy spadek wytrzymałości na ściskanie po 300 cyklach dla próbek dojrzewających 28 dni zaobserwowano w przypadku próbek z 55% udziałem popiołów w spoiwie – wartość wytrzymałości spadła o 32%. W betonie bezpopiołowym spadek wyniósł 29%. Można przypuszczać, że dodatek popiołów nie wpływa na pogorszenie wytrzymałości. Norma PN-88/B-06250 podaje, że dopuszczalną wartością spadku wytrzymałości jest 20%. Najbliżej spełnienia tego warunku znajduje się skład z 15% udziałem popiołów w spoiwie. Próbki

z 35% popiołów uległy całkowitemu zniszczeniu, na pozostałych widoczna była siatka spękań. Najmniejsza różnica masy (przyrost) wystąpiła w składzie 4. Próbka zaczęła pęcznieć, dążąc do całkowitego zniszczenia. Dużo większe przyrosty, (ale nieprzekraczające wartości granicznej) wykazały składy 2 i 1. Żadna z próbek nie osiągnęła zakładanej klasy mrozoodporności F_{300}^{28}.

Rysunek 3 ilustruje spadek wytrzymałości na ściskanie w badaniu mrozoodporności po 90 dniach po 300 cyklach zamrażania-odmrażania dla składów z różną zawartością popiołów w spoiwie. Dodatek 15% popiołów pozwolił ograniczyć w porównaniu z betonem bezpopiołowym spadek wytrzymałości na ściskanie tak, że spełnione zostały wymagania normy, również ubytek masy próbek z 15% udziałem popiołów w spoiwie jest znacząco mniejszy od próbek betonu bez udziału popiołów.



Rys. 3. Spadek wytrzymałości i ubytek masy po 300 cyklach zamrażania-odmrażania dla betonu 90 dniowego

Fig. 3. Decrease of strength and mass after 300 cycles of freezing and thawing for 90-days old concrete

Tabela 4. Wyniki badania mrozoodporności po 90 dniach dojrzewania, po 300 cyklach

Table 4. Frost resistance after 300 cycles for 90-days old concrete

Ozn. składu	Wytrzymałość na ściskanie f [MPa]			Masa m [g]			Opis uszkodzeń
	f średnia świadki	f średnia po 300	spadek Δf [%]	średnia świadki	średnia po 300	ubytek Δm [%]	
1	54,4	40,8	24,9	2 487,94	2 476,34	-0,47	siatka spękań
2	48,5	39,4	18,9	2 442,79	2 443,74	+0,04	siatka spękań
3	Próbki uległy całkowitemu zniszczeniu						zniszczona
4	36,47	26,4	27,61	2403,31	2366,68	+1,52	siatka spękań
	Wymagania normowe						
	≤ 20 %			≤ 5 %			brak pęknięć

Tabela 5. Wyniki badania mrozoodporności po 90 dniach metodą mrożenia w soli po 25 cyklach
Table 5. Resistance to de-icing salt scaling after 25 cycles for 90 days old concrete

Lp.	Ozn. składu	Objętość początkowa	Objętość końcowa	Ubytek objętości ΔV
1	1	994,00	997,67	+0,04
2	2	997,33	1000,00	+0,03
3	4	990,33	982,67	–0,08
Wymagania normy:				≤0,05

Dodatek popiołów do granicy normowej (p = 33% m_c) gwarantuje uzyskanie betonu o odporności na działanie mrozu w obecności soli badanego metodą mrożenia w soli przy 25 cyklach zamrażania-odmrażania (tabela 5).

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Wyniki badań pozwalają sformułować następujące wnioski:

- Dodatek popiołów wpływa na opóźnienie przyrostu wytrzymałości na ściskanie w początkowym okresie (pierwsze 7 dni dojrzewania). Większy niż 35% udział popiołów w spoiwie znacząco wpływa na obniżenie wytrzymałości na ściskanie. Nawet po 90 dniach dojrzewania wartość wytrzymałości na ściskanie betonu wysokopopiołowego jest niższa niż betonu bezpopiołowego.
- W betonach z 55% udziałem popiołów widać znaczące ograniczenie ubytku masy po 300 cyklach zamrażania – odmrażania. Jest to dowodem, że beton wysokopopiołowy jest bardziej szczelny w porównaniu z betonem bezpopiołowym. Jednocześnie zauważono, że dodatek 15% popiołów nie ma aż tak dużego wpływu na ograniczenie ubytku masy w porównaniu z betonem bez udziału popiołów w spoiwie.
- Nie uzyskano betonów o klasie mrozoodporności F300. Beton z popiołami jest bardziej szczelny, ale nawet niewielka ilość wody zdolnej do zamarzania w jego strukturze może spowodować zniszczenie betonu.
- Podsumowując, stwierdza się, że betony z wysoką zawartością popiołów charakteryzują się znacznie spowolnionym przyrostem wytrzymałości na ściskanie, a dynamika tego przyrostu wskazuje na potrzebę oceny tych betonów w czasie znacznie dłuższym w stosunku do normowych 28 dni.
- Betonu wysokopopiołowego o stopniu mrozoodporności F300 wg PN-88/B-06250 nie uzyskano. Nie wyklucza to jednak możliwości uzyskania przez zbadane betony niższego stopnia mrozoodporności – np. F150, który jest w pełni wystarczający dla wielu zastosowań betonu.

Dalsze kierunki zamierzonych przez autorów badań nad wpływem popiołów na mrozoodporność betonów wysokopopiołowych obejmą między innymi ocenę niższych stopni mrozoodporności betonu oraz badania nad wpływem napowietrzenia na trwałość betonów wysokopopiołowych.

Przedstawione badania wykonano w ramach pracy statutowej Politechniki Warszawskiej nr504G/1084/2835.

LITERATURA

[1] BOUZOUBAA N., FAURNIER B., MALHOTRA V.M., GOLDEN D.M., *Mechanical Properties and Durability of Concrete Made with High-Volume Fly Ash*, ACI Materials Journal, Vol. 99, No. 6.
[2] BRANDT A. M., KASPERKIEWICZ J., *Metody diagnozowania betonów i betonów wysokowartościowych na podstawie badań strukturalnych*, IPPT PAN, Warszawa 2003.
[3] CZARNECKI L., praca zbiorowa *Beton według normy PN-EN 206-1 Komentarz*, Polski Cement, Kraków 2004.
[4] CZKWIANIANC A. i zespół, *Właściwości betonów z popiołem lotnym i domieszkami*, Konferencja Dni Betonu, Wisła, Październik 2004, 377–390.
[5] GIERGICZNY Z., *Popiół lotny aktywnym składnikiem cementu*, IV Sympozjum Naukowo Techniczne, Gliwice 2002.
[6] ISG Resources, A Headwaters Company, Technical Overview, *Strenght of Fly Ash Concrete,* Bulletin numer 3, www.flyash.com.
[7] PELED A., CYR M.F., SHAH P.S., *High Content of Fly Ash (Class F) in Extruded Cementitious Composites*, ACI Materials Journal, Vol. 97, No. 5, 509–517.
[8] RUSIN Z., *Technologia betonów mrozoodpornych*, Polski Cement, Kraków 2002.
[9] WAWRZEŃCZYK J., Wpływ *dodatku popiołu lotnego na mrozoodporność betonu*, Konferencja Dni Betonu, Polski Cement, Szczyrk 2002.
[10] ZMYŚLONY M., *Badania nad wpływem zawartości popiołów na trwałość mrozową betonu*, dyplomowa praca inżynierska, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 2005.
[11] www.unia-ups.pl Polska Unia Ubocznych Produktów Spalania.

INFLUENCE OF FLY ASH CONTENT ON CHOSEN CONCRETE CHARACTERISTICS

The paper presents the results of the laboratory studies undertaken to evaluate the influence of addition of fly ash on durability of concrete. The experiments were designed to consider the influence of fly ash – cement ratio (up to 55%) with one constant water – cementitious material ratio ($w/c = 0.4$) on compressive strength and freeze-thaw resistance of concrete.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

skurcz, pielęgnacja, wskaźnik w/c, wilgotność

Józef JASICZAK*
Paweł SZYMAŃSKI**

MODELOWANIE SKURCZU BETONU O ZMIENNYM W/C I ZMIENNYCH WARUNKACH PIELĘGNACJI

Wiązaniu i twardnieniu betonu towarzyszą widoczne zmiany objętościowe do których należą: wczesne pęcznienie, wczesny skurcz plastyczny, skurcz samoczynny lub chemiczny, skurcz przy wysychaniu, skurcz karbonatyzacyjny. Zjawiska te badane były przez wiele ośrodków naukowych, jednak istnieje wiele hipotez dotyczących przebiegu, przyczyn i wielkości występowanie skurczu betonu. Aby określić wielkość skurczu betonu musimy znać kilka parametrów do których należą: ilość i rodzaj cementu, wielkość wskaźnika w/c, ilość i rodzaj kruszywa oraz warunki wilgotnościowe i pielęgnacja betonu.

1. WPROWADZENIE

Twardniejący beton wykazuje zmiany objętościowe w wyniku zachodzących procesów chemicznych i fizycznych. Zaliczyć można do nich: wczesne pęcznienie, wczesny skurcz plastyczny, skurcz samoczynny lub autogeniczny i skurcz przy wysychaniu. Pęcznienie betonu spowodowane jest przede wszystkim adsorbowaniem wody przez żel. Woda adsorbowana przez żel wywołuje wzrost wewnętrznego ciśnienia pomiędzy jego cząsteczkami które rozsuwa je na dalsze odległości. Wczesny skurcz plastyczny wywołany jest parowaniem, ubytkiem wody z powierzchni świeżo ułożonego beton. Woda wysychająca z powierzchni betonu tworzy meniski pomiędzy ziarnami fazy stałej mieszanki, co wywołuje powstanie ciśnienia kapilarnego. Skurczem samoczynnym zwanym również autogenicznym określa się zmniejszenie objętości jakiego doznaje mieszanina cementu z wodą na skutek reakcji chemicznych procesu hydratacji cementu. Aby określić wielkość skurczu betonu musimy znać kilka parametrów do których należą: ilość i rodzaj cementu, wielkość wskaźnika w/c, ilość i rodzaj kruszywa oraz warunki wilgotnościowe i pielęgnacja betonu.

* Politechnika Poznańska Instytut Konstrukcji Budowlanych
** Politechnika Poznańska Instytut Konstrukcji Budowlanych

2. WPŁYW WSKAŹNIKA W/C NA WCZESNY SKURCZ BETONU

Skurcz betonu jest większy im wyższa jest zawartość wskaźnika w/c, ponieważ określa ona ilość wody odparowywanej w zaczynie oraz szybkość z jaką woda może się przemieszczać w kierunku powierzchni próbki. W zwykłym betonie o wskaźniku w/c większym od na przykład 0,50, jest więcej wody niż potrzebne jest do pełnej hydratacji cząstek cementu. Duża ilość wody znajduje się w dobrze połączonych, dużych kapilarach, tak że meniski powstałe w wyniku samoosuszania pojawiają się w dużych kapilarach, gdzie mogą wywoływać jedynie bardzo małe napięcia rozciągające. W związku z tym stwardniały zaczyn cementowy kurczy się wraz z postępem samoosuszania. W przypadku betonu o współczynniku w/c około 0,30 siatka por utworzona jest zasadniczo z drobnych kapilar. Kiedy zacznie się rozwijać proces samoosuszania, jak tylko rozpocznie się hydratacja, meniski gwałtownie się przekształcają się w małe kapilary, jeżeli z zewnątrz nie dostarczono wody [4]. Stosunek w/c nie tylko wpływa na przebieg kurczenia się zaczynu cementowego lub betonu. Doświadczenia wykazują, że wpływa on drastycznie na mikrostrukturę uwodnionego zaczynu cementowego i betonu, zwłaszcza w strefie przejściowej, to jest w zhydratyzowanym zaczynie cementowym, który otacza ziarna grubego kruszywa. Zaobserwowano, ze w zaczynie cementowym lub betonie o wysokim w/c strefa przejściowa jest bardzo porowata i wypełniona dużymi kryształami wapna i etryngitu. Przy stałym wskaźniku w/c, wraz ze wzrostem ilości zaczynu w jednostce objętości betonu skurcz wzrasta. Jest to związane zarówno z większą zawartością wody w betonie, jak i mniejszą zawartością kruszywa, którego obecność ogranicza skurcz. Skurcz betonu zawsze jest dużo niższy od skurczu zaczynu cementowego nawet o takim samym wskaźniku w/c. Jest bardzo ważne by wiedzieć czy zaczyn cementowy hydratyzuje z zewnętrznym źródłem wody czy bez. Gdy nie ma zewnętrznego źródła wody, w układzie zamkniętym zaczyn wysycha bez utraty masy i kurczy się. Woda obecna w grubych kapilarach, której energia jest mała, łatwo zostaje odciągnięta przez nanopory utworzone przez skurcz chemiczny. Kiedy stosunek w/c zamkniętego układu jest wysoki początkowa ilość wody kapilarnej jest duża i kapilary mają dużą średnicę, gdyż początkowo cząstki cementu są od siebie oddalone. Ze względu na ten fakt, wiele ziaren cementu zaczyna ulegać hydratacji równolegle, suszenie bardzo drobnych kapilar może doprowadzić do wysokich napięć rozciągających, które kurczą stwardniały zaczyn cementowy. Jeżeli hydratacja zaczynu o niskim w/c przebiega w obecności zewnętrznego źródła wody, tak długo jak faza wody pozostaje ciągła nie tworzą się meniski i w układzie nie zachodzi skurcz samoczynny. Zaczyn nie powinien się kurczyć. Z teoretycznego punktu widzenia, można zapobiec skurczowi samoczynnemu stosując wcześniej dojrzewanie w wodzie, ta kwestia ma duże znaczenie kiedy stosuje się betony o dużej wytrzymałości i niskim w/c [2].

3. WPŁYW WARUNKÓW WILGOTNOŚCIOWYCH I PIELĘGNACJI BETONU NA WCZESNY SKURCZ

Beton wystawiony na działanie suchego powietrza lub wiatru wysycha, traci pewną ilość zawartej w nim wody i zmniejsza swą masę. Pierwszy raz suszona próbka wykazuje skurcz odwracalny i nieodwracalny. Wielkość skurczu nieodwracalnego zależy od porowatości zaczynu, natomiast nieodwracalnego nie. Na zależność nieodwracalnego skurczu ubytku wody z betonu wpływa także wyraźnie skurcz suszenia – skurcz wzrasta wraz z nim [4]. Beton zacznie pęcznieć, jeżeli po uprzednim osuszeniu go na powietrzu o określonej wilgotności względnej umieści się go w wodzie albo w pomieszczeniu o wyższej wilgotności. Jednak nawet po długim przechowywaniu w wodzie cały początkowy skurcz nie zostanie cofnięty. W przypadku betonów zwykłych nieodwracalna część skurczu stanowi 0,3 do 0,6 skurczu przy wysychaniu, przy czym częściej spotykana jest wartość niższa [5]. Określenie ścisłej zależności odparowywania wody od czasu pielęgnacji jego jest sprawą złożoną Parowanie rozpoczyna się od wilgotnej powierzchni betonu ze stałą szybkością, następnie zmniejsza się do czasu, kiedy koncentracja wilgoci na powierzchni nie osiągnie stanu równowagi z wilgotnością powietrza. W ostatnim okresie następuje dyfuzyjny ruch wody z wnętrza betonu do powierzchni [6]. Zmiany objętości stwardniałego zaczynu cementowego w przedziale niskich wilgotności względnych otoczenia, wiążą się ze wzrostem napięcia powierzchniowego zdyspergowanych drobnych cząstek żelu cementowego, pozbawionych wody adsorpcyjnej. Zmiany napięcia powierzchniowego wywołują na ich zakrzywionych powierzchniach wzrost ciśnień normalnych i zmiany objętości. W przedziale wyższych wilgotności, gdy zmiany energii powierzchniowej żelu nie są już tak znaczące, odkształcenia skurczowe wywołane są szybszym wzrostem sił van der Waalsa, wzajemnego oddziaływania cząstek, w porównaniu z przeciwdziałającym im rozklinowującym ciśnieniem wody adsorpcyjnej [3]. Podczas przetrzymywania betonu w wodzie lub pielęgnacji betonu w wilgotności około 100% występuje zjawisko pęcznienie. Pęcznienie betonu wykonanego z cementu o znormalizowanym składzie chemicznym wywołane jest przede wszystkim zjawiskiem adsorpcji wody przez żel. Woda adsorbowana przez żel o dużej powierzchni właściwej, wywołuje wzrost wewnętrznego ciśnienia pomiędzy jego cząstkami, które rozsuwa je na dalsze odległości. Jednocześnie woda, adsorbowana na powierzchni żelu, zmniejsza jego energię powierzchniową, co powoduje dalszą ekspansję. Skurcz betonu poddanego pielęgnacji zostaje zahamowany, przeprowadzone przez autorów badania wykazują, że w dowolnym czasie można zahamować skurcz, a w niektórych przypadkach wystąpi pęcznienie betonu. Gdy beton przestanie być pielęgnowany następuje kurczenie się spowodowane wysychaniem betonu, jednakże wielkość jak i przebieg skurczu jest jednakowy jak dla betonu nie poddanego pielęgnacji co pokazano na wykresach poniżej.

4. WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH SKURCZU BETONU

Badania skurczu betonu przeprowadzono na cemencie CEM I 42,5R HSR NA o powierzchni właściwej 2927 cm^2/g według Blaine'a, o bardzo małej zawartości C_3A i małej zawartości alkaliów (tabela 1).

Tabela 1. Właściwości i skład chemiczny cementu CEM I 42,5R HSR NA
Table 1. Physical propereties, and chemical composition of cement CEM I 42,5R HSR NA

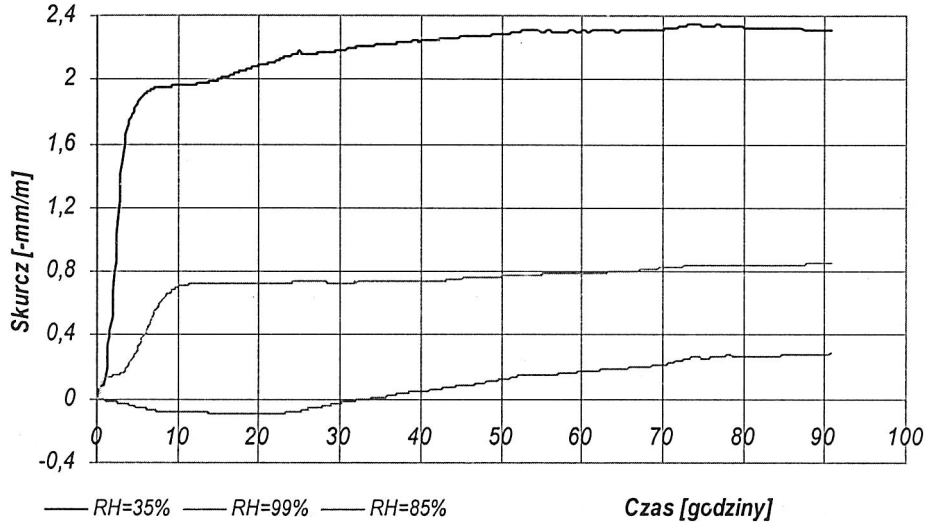
Powierzchnia właściwa wg Blaine	2927 cm^2/g
Części nierozpuszczalne w HCL	0,27%
Strata prażenia	0,8%
CaO	64,22%
Na_2O_{eqv}	0,52%
C_3S	56,81%
C_2S	18,36%
C_3A	1,78%
C_4AF	16,31%

Ilość cementu we wszystkich mieszankach była stała i wynosiła 400 kg/m^3 betonu, procentowa ilość kruszywa w mieszance betonowej była stała i wynosiła: 33% piasek 0–2 mm, 36% kruszywo 2–8 mm, 31% kruszywo 8–16 mm.

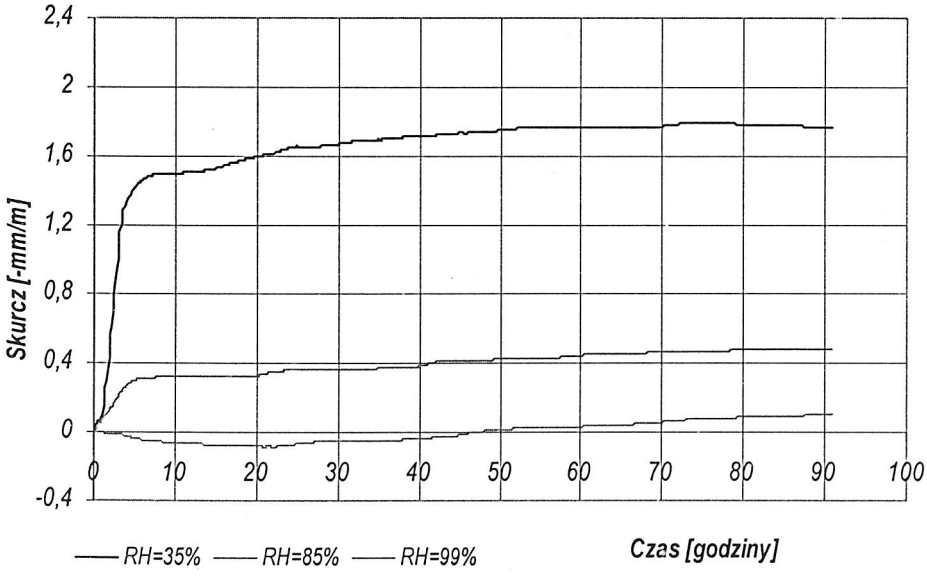
Jedynym zmiennym parametrem był zmienny wskaźnik w/c i wynosił on 0,35, 0,45 0,55. Skład mieszanek betonowych zastawiono w tabeli 4. Podczas badań skurczu próbki przechowywane były w komorze klimatycznej w której panowały niezmienne warunki przez cały cykl trwania badania. Próbki przetrzymywane był w temperaturze 20 °C i wilgotności odpowiednio 35, 85% i zamknięte w folii. Próbki przetrzymywane w folii były z nich wyciągnięte po 24 godzinach.

Tabela 2. Skład mieszanek betonowych
Table. 2. The mix composition

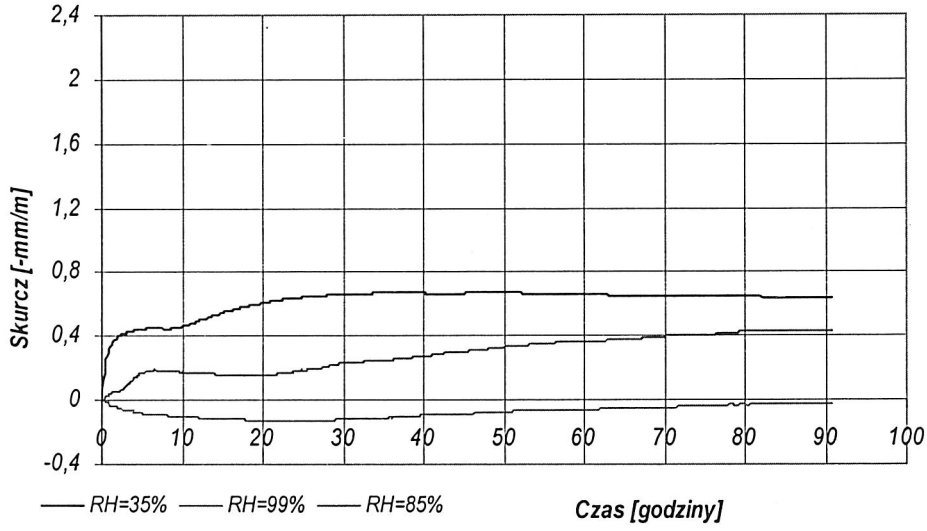
	W/C = 0,35	W/C = 0,45	W/C = 0,55
Cement	400 kg	400 kg	400 kg
Woda	140 L	180 L	220 L
Piasek 0–2 mm	623 kg	588 kg	553 kg
Żwir 2–8 mm	678 kg	641 kg	604 kg
Żwir 8–16 mm	584 kg	551 kg	519 kg



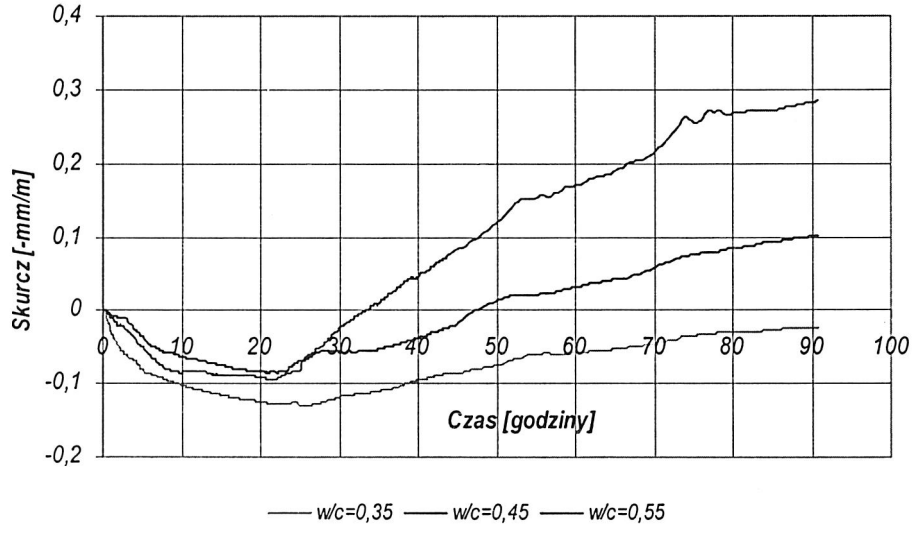
Rys. 1. Skurcz betonu z zastosowaniem cementu CEM I 42,5 HSR NA i wskaźnikiem w/c = 0,55. Próbki przechowywane w temperaturze 20 °C i różnych wilgotnościach
Fig. 1. Shrinkage of concrete with usage CEM I 42,5 HSR NA and w/c = 0.55. Changeable humidity, temperature 20 °C



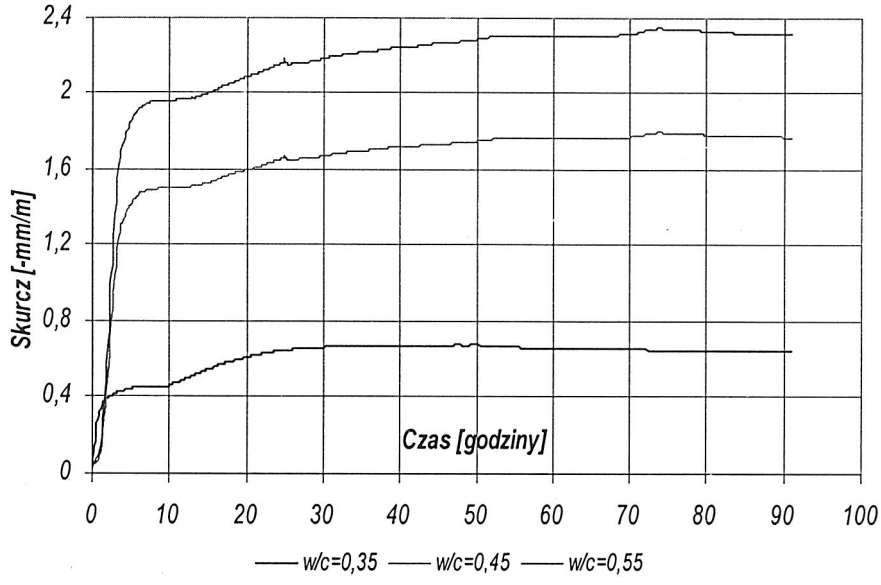
Rys. 2. Skurcz betonu z zastosowaniem cementu CEM I 42,5 HSR NA i wskaźnikiem w/c = 0,45. Próbki przechowywane w temperaturze 20 °C i różnych wilgotnościach
Fig. 2. Shrinkage of concrete with usage CEM I 42,5 HSR NA and w/c = 0.45. Changeable humidity, temperature 20 °C



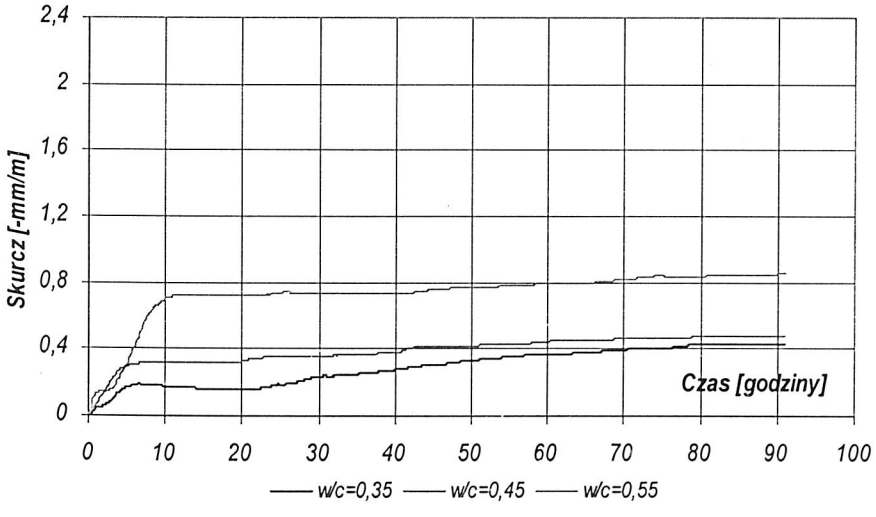
Rys. 3. Skurcz betonu z zastosowaniem cementu CEM I 42,5 HSR NA i wskaźnikiem w/c = 0,35. Próbki przechowywane w temperaturze 20 °C i różnych wilgotnościach
Fig. 3. Shrinkage of concrete with usage CEM I 42,5 HSR NA and w/c = 0.35. Changeable humidity, temperature 20 °C



Rys. 4. Skurcz betonu z zastosowaniem cementu CEM I 42,5 HSR NA ze zmiennym wskaźnikiem w/c. Próbki przechowywane w temperaturze 20 °C i wilgotności RH = 99%
Fig. 4. Shrinkage of concrete with usage CEM I 42,5 HSR NA and changeable w/c ratio. Humidity 99%, temperature 20 °C



Rys. 5. Skurcz betonu z zastosowaniem cementu CEM I 42,5 HSR NA ze zmiennym wskaźnikiem w/c. Próbki przechowywane w temperaturze 20 °C i wilgotności RH = 85%
Fig. 5. Shrinkage of concrete with usage CEM I 42,5 HSR NA and changeable w/c ratio. Humidity 85%, temperature 20 °C



Rys. 6. Skurcz betonu z zastosowaniem cementu CEM I 42,5 HSR NA ze zmiennym wskaźnikiem w/c. Próbki przechowywane w temperaturze 20 °C i wilgotności RH = 35%
Fig. 6. Shrinkage of concrete with usage CEM I 42,5 HSR NA and changeable w/c ratio. Humidity 35%, temperature 20 °C

5. WNIOSKI

Przedstawione w referacie wyniki badań skurczu betonu pokazują ze na wielkość wczesnego skurczu wpływa ilość wody. Obniżenie stosunku w/c powoduje również mniejszy skurcz przy wysychaniu ponieważ zostaje mniejsza ilość wody która nie uległa hydratacji i została odparowana na zewnątrz.

Wilgotność względna otoczenia w wyraźny sposób wpływa na skurcz betonu czym wyższa zawartość wody w powietrzu tym skurcz betonu jest mniejszy zjawisko wysychania rozpoczyna się później i wzrasta okres trwania skurczu plastycznego, wiąże się to prawdopodobnie z dostarczaniem wody do betonu i pełniejszej hydratacji cementu. W przypadku umieszczenia próbki w warunkach 100% wilgotności skurcz zostaje zahamowany a niekiedy rozpoczyna się pęcznienie betonu, jeżeli próbka zostanie wyciągnięta po 24 godzinach nie występuje skurcz plastyczny ani zjawisko ekspansji, mamy wówczas tylko do czynienia ze skurczem przy wysychaniu. W przypadku kolejnego potwierdzenia się tego zjawiska można w znaczący sposób ograniczyć pękanie betonu spowodowane skurczem plastycznym. Zbyt wczesne wyciągniecie betonu z folii powoduje jeszcze że skurcz plastyczny jeszcze trwa lecz jego wartość jest mniejsza o wielkość skurcz w okresie kiedy próbka przechowywana była w wilgotności 100%.

Opracowanie objęte programem badawczym KBN 4 T07E 011 27

LITERATURA

[1] AICTIN P.C., *Trwały wysokowartościowy beton – sztuka i wiedza.* Materiały Konferencji: Dni Betonu – tradycja i nowoczesność. Szczyrk 2002, s. 7–36.
[2] AICTIN P.C., *Portland cement hydration seen by a civil engineer.* Cement wapno beton, 2003, s. 115–130.
[3] KIERNOŻYCKI W., *Betonowe konstrukcje masywne.* Kraków 2003.
[4] KURDOWSKI W., *Chemia cementu.* PWN, Warszawa 1991.
[5] NEVILLE A.M., *Właściwości betonu.* Arkady, Warszawa 1999.
[6] PEUKERT S., *Cementy powszechnego użytku i specjalne.* Kraków 2000.
[7] TAZAWA E., MIYAZAWA S., *Chemical shrinkage and autogenous shrinkage cement paste.* Cement and Concrete Research. Vol. 25, No. 2, 1995, s. 288–292.

MODELLING OF CONCRETE CONTRACTION WITH CHANGEABLE W/C COEFFICIENT AND CHANGEABLE CONDITIONS OF CONCRETE CURING

The problems of concrete shrinkage have been debated by a number of authors, beginning with those specialising in the concrete chemistry to civil engineers. To bond and to hardening of concrete accompany visible voluminal changes to of which belong: early swelling, early plastic shrinkage, chemical shrinkage, shrinkage at drying, autogenous shrinkage. To qualify size of shrinkage of concrete we must know several of parameters to of which belong: quantity and kind of cement, size w/c, quantity and kind aggregate and care of concrete.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

mrozoodporność,
domieszka napowietrzająca,
beton samozagęszczalny

Beata ŁAŹNIEWSKA*

WPŁYW DOMIESZKI NAPOWIETRZAJĄCEJ NA MROZOODPORNOŚĆ BETONÓW SAMOZAGĘSZCZALNYCH

W referacie analizowano zagadnienie porowatości betonów samozagęszczalnych. Szczególną uwagę poświęcono procesowi tworzenia się struktury porowatości powstającej w wyniku odpowietrzania się mieszanki betonowej. Określenie efektywnego stopnia napowietrzenia mieszanki betonowej jest kluczowym parametrem pozwalającym prognozować mrozoodporność betonu.

1. WSTĘP

W celu zapewnienia odporności mrozowej betonu stosowany jest w szczególności zabieg napowietrzania mieszanki betonowej. W przypadku mieszanki betonowej samozagęszczalnej domieszki napowietrzające, poprzez zmianę wartości parametrów reologicznych mieszanki [8, 9], mogą wpływać na przebieg jej samoodpowietrzenia się. Może to powodować zaburzenia procesu odpowietrzenia mieszanki samozagęszczalnej. Istnieje więc potencjalna możliwość, iż jakość napowietrzenia struktury betonu może być niewystarczająca z punktu widzenia jego mrozoodporności. Wyniki badań mrozoodporności betonów samozagęszczalnych [8] świadczą, że struktura betonu samozagęszczalnego może być nietrwała z punktu widzenia jego odporności mrozowej.

Analiza wpływu domieszek napowietrzających na proces samoodpowietrzenia się mieszanki betonowej oraz na budowę struktury porowatości betonu stanowi jeden z celów pracy doktorskiej autorki.

2. WPŁYW DOMIESZKI NAPOWIETRZAJĄCEJ NA PROCES SAMOODPOWIETRZANIA MIESZANKI SAMOZAGĘSZCZALNEJ

Do betonów samozagęszczalnych stosuje się wysoko efektywne superplastyfikatory, najczęściej polimery karboksylowe. Superplastyfikatory PC (polimery i kopolimery

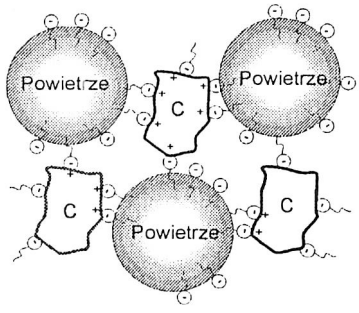
* Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Katedra Procesów Budowlanych, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice

karboksylowych kwasów akrylowych) i PE (polietery) obniżają bardzo znacznie granicę płynięcia mieszanki betonowej pozwalając jednocześnie na zwiększenie lepkości plastycznej Umożliwia to mieszance betonowej osiągnąć dużą średnicę rozpływu w możliwe krótkim czasie. Jeżeli jednak superplastyfikator i domieszka napowietrzająca stosowane są jednocześnie, obserwować można obniżenie granicy płynięcia i obniżenie lepkości plastycznej w stosunku do mieszanki bez domieszki napowietrzającej [5], co pozostaje w zgodności z badaniami [4, 14] wykonanymi dla mieszanek betonowych.

Jednak intensywność zmian wartości powyższych parametrów reologicznych mieszanki jest kształtowana udziałem procentowym danych domieszek chemicznych w objętości mieszanki [1, 13]. Stopień zmiany wartości parametrów reologicznych mieszanki zależy od jej napowietrzenia, przy czym konkretne wartości parametrów reologicznych zależą od składu mieszanki i jej struktury oraz prawdopodobnie od wielkości porów powietrznych, wytworzonych działaniem domieszki napowietrzającej [5]. Również wyniki innych badań, przeprowadzonych m.in. przez Gołaszewskiego [5], świadczą także o obniżeniu wartości parametrów reologicznych zapraw zawierających domieszkę napowietrzającą AE (sole alkaliczne żywic drzewnych).

Wskutek zwiększenia napowietrzenia mieszanki betonowej niesamozagęszczalnej, obserwować można głównie zmniejszenie wartości lepkości plastycznej [5]. Na przykład, napowietrzenie do ilości 5% powoduje zmniejszenie wartości lepkości plastycznej 70% podczas, gdy wartość granicy płynięcia zmienia się tylko o około 30%, w stosunku do mieszanki nienapowietrzonej [14].

Natomiast w przypadku napowietrzonych mieszanek samozagęszczalnych, testowanych przez autorkę, wraz ze zwiększaniem zawartości powietrza w mieszance betonowej obserwowano proporcjonalnie dłuższy czas rozpływu i mniejszą średnicę rozpływu tychże mieszanek. Wielkość rozpływu mieszanki D_{max} jest odwrotnie proporcjonalna do udziału procentowego w jej objętości powietrza. Natomiast czas jej rozpływu jest odwrotnie proporcjonalny do zawartości powietrza w mieszance samozagęszczalnej.



Rys. 1. Działanie stabilizujące środka napowietrzającego na układ: powietrze–pyły mineralne i ziarna cementu [8]

Fig. 1. Influence of air entraining agents on system: air–mineral dust and grains of cement [8]

Wpływ wartości parametrów reologicznych mieszanki na proces jej odpowietrzania jest znaczny. W przypadku, gdy mieszanka betonowa charakteryzuje się małą wartością lepkości, pęcherzyki powietrza pokonują mniejszy opór przy wydostawaniu się z niej. Z drugiej strony domieszki napowietrzające zmieniają własności cieczy w aspekcie ruchów porów powietrznych w tej cieczy. Pęcherze powietrza pozostają w mieszance betonowej przy obecności cząstek ciała stałego (na rys. 1 oznaczoną jako C).

O pewnej stabilności efektu napowietrzenia zapraw mogą świadczyć wyniki badań [5], w których parametry reologiczne badanych zapraw z domieszką napowietrzającą nie zmieniają się w czasie. Stąd autorka analizuje aktualnie w swoich badaniach doświadczalnych wpływ domieszki napowietrzającej na zmianę stopienia napowietrzenia mieszanki betonowej samozagęszczalnej.

Przybliżoną kontrolę stopnia napowietrzenia mieszanki być może można uzyskać na podstawie pomiaru metodą ciśnieniową, jednak być może istnieje możliwość skorelowania stopnia napowietrzenia mieszanki z wartością jej parametrów reologicznych. Umożliwiałoby to szybką kontrolę i ocenę zmian stopnia napowietrzenia mieszanki tylko na podstawie pomiarów parametrów reologicznych [5]. Wyniki badań prowadzonych przez autorkę będą próbą weryfikacji słuszności tak postawianej tezy.

3. METODYKA BADANIA EFEKTÓW NAPOWIETRZANIA BETONU SAMOZAGĘSZCZALNEGO

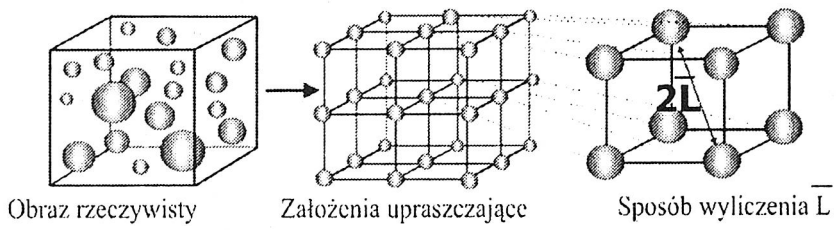
3.1. OCENA JAKOŚCI NAPOWIETRZANIA SCC NA PODSTAWIE BADAŃ POŚREDNICH MROZOODPORNOŚCI

Spośród metod pośredniej oceny mrozoodporności betonu, szczególne znaczenie mają metody stanowiące rozwinięcie koncepcji krytycznego rozstawu pęcherzyków powietrznych. Badanie struktury porowatości SCC można przeprowadzić np. wg normy [2] lub PN-EN 480, która w sposób bardziej ścisły precyzuje metodykę badania betonu Składa się ono z poszczególnych faz analizy stereologicznej porów powietrznych w betonie. W normie [2] zastosowano pewne założenia upraszczające (rysunek 2) dotyczące sposobu określenia rozmieszczenia porów w betonie.

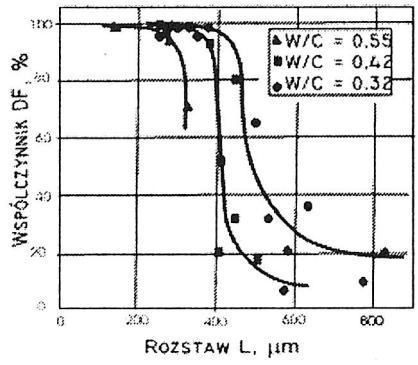
Przeciętny rozstaw pomiędzy pustkami, wymagany do pełnego zabezpieczenia przed uszkodzeniami mrozowymi wynosi 250 μm [3]. Obecnie zaleca się zazwyczaj rozstaw wynoszący 200 μm.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę różnorodność cech materiałowych SCC, trudno oczekiwać, że można powiązać jeden parametr (np. wskaźnik L), charakteryzujący jakość danego betonu, z jego mrozoodpornością [7, 12]. Z tego powodu badania struktury powietrznej betonu muszą zostać rozszerzone o badania bezpośrednie [3].

Rozstaw pęcherzyków powietrza zależy m.in. od składu betonu. Przy danej zawartości powietrza rozstaw pustek powietrznych zależy od stosunku W/C mieszanki betonu samozagęszczalnego (rys. 3).



Rys. 2. Model napowietrzonego zaczynu cementowego wg ASTM C 457 [11]
Fig. 2. Model of entrainement cement paste by ASTM C 457 [11]



Rys. 3. Zależność między rozstawem $\bar{L}$ a wskaźnikiem DF (wskaźnik trwałości) dla betonu z dodatkiem superplastyfikatora [6]
Fig. 3. Relation between factor $\bar{L}$ and index DF (index of durability) for concrete with addition of superplasticizers [6]

Im stosunek wodno-cementowy jest bliższy wartości 0,50, tym bardziej wymagane jest lepsze napowietrzenie betonu (zwiększonej ilości powietrza towarzyszy zazwyczaj niższa wartość wskaźnika dystrybucji powietrza) [3]. Natomiast wzrost wartości wskaźnika rozstawu pustek powietrznych w SCC powodowany jest poprzez obecność superplastyfikatorów. Wzrost ten wywołany jest tym, iż pęcherzyki powietrzne posiadają rozmiary nieco większe przy obecności superplastyfikatora. Ponadto superplastyfikatory w połączeniu z pewnymi cementami i domieszkami napowietrzającymi, mogą wytworzyć niestabilny układ pustek powietrznych, w rezultacie powoduje niejednorodne napowietrzenie struktury SCC.

Zawartość powietrza w SCC zależy także od obecności dodatków pylastych w jego strukturze. Zaczyn cementowy, zawierający takie dodatki, ma pory drobniejsze od czystego zaczynu cementowego przy tej samej wartości wskaźnika W/C. Dodatkowo występuje zjawisko obniżenia zawartości powietrza w mieszance betonowej. Rusin [7] zauważa, że obie te tendencje mogą wywołać istotny spadek mrozoodporności nienapowietrzonych betonów z dodatkami, o średnich i wysokich wartościach W/C (W/C > 0,37).

3.2. OCENA JAKOŚCI NAPOWIETRZANIA SCC NA PODSTAWIE BEZPOŚREDNICH BADAŃ MROZOODPORNOŚCI

Metody bezpośredniej oceny mrozoodporności betonu polegają na cyklicznym zamrażaniu i odmrażaniu próbek betonowych. Ocena skutków niszczącego działania mrozu dokonywana jest poprzez pomiary: częstotliwości rezonansowej, odkształceń, wytrzymałości, masy itp. Szczegółowe porównanie tych metod zamieszczono m.in. w pracy [3]. Na podstawie wyników badań mrozoodporności betonu, można wnioskować o właściwym jego napowietrzeniu.

Autorka przeprowadziła badania mrozoodporności SCC, których wyniki sugerują, iż napowietrzenie zabezpiecza beton samozagęszczalny przed cyklicznym działaniem mrozu. Wniosek ten wydają się potwierdzać rezultaty badania takie wykonywał J. Wawrzeńczyk [15]. W badaniach tych, pomimo uzyskania znacznej wytrzymałości, beton nienapowietrzony (seria 3) uległ spękaniu zarówno w trakcie cyklicznego zamrażania w powietrzu, jak również w wodzie (tab. 1).

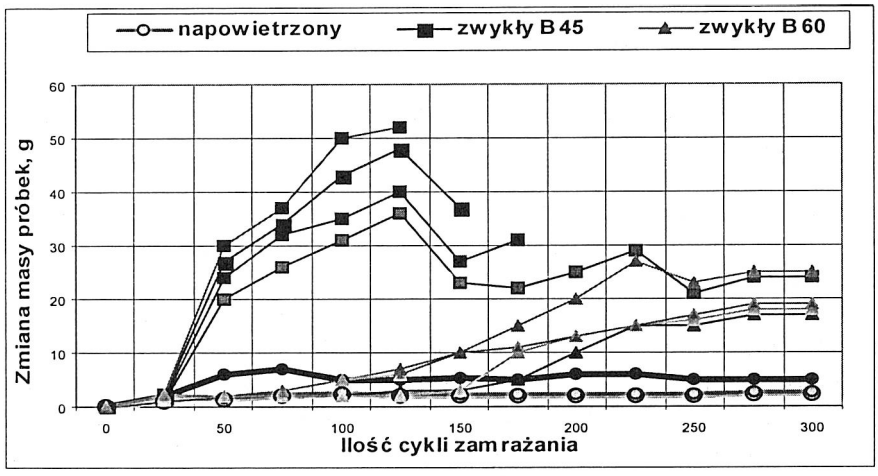
Na rysunku 4 przedstawiono rezultaty badań [15] mrozoodporności betonów (z dodatkiem 10% pyłu krzemionkowego) napowietrzanych i nienapowietrzonych zamrażanych w wodzie. Wykonano 300 cykli zamrażania wg PN-88/B-06250. Wyniki tych badań mogą świadczyć o tym, iż w celu ochrony SCC przed mrozem, o niskim wskaźniku w/c, konieczny jest zabieg ich napowietrzania.

Tablela 1. Właściwości stwardniałych betonów SCC [15]

Seria	Nasiąkliwość n_w [%]	Wytrzymałość R'_c [MPa]	Zawartość powietrza [%]	Ocena mrozoodporności	
				w powietrzu	w wodzie
1	3,79	86,0	0,78	+	+
2	5,18	72,8	1,71	+	+
3	6,07	61,8	1,64	–	–
4-N	5,02	47,0	5,55	+	$+^{z}$
5-N	5,44	44,5	7,32	+	$+^{z}$
6-N	5,94	48,8	6,17	+	$+^{z}$

Oznaczenie: z – zluszczenie powierzchni próbek, – spękanie próbek, + bet. mrozoodporny.

Z drugiej strony, mieszanki betonowe samozagęszczalne napowietrzone początkowo zawierały powietrze w ilości 11–13%, natomiast pomiary zawartości powietrza w stwardniałym betonie wykazały, że jest go znacznie mniej od 5,5 do 7,3% Kwestia stabilności napowietrzenia mieszanki betonowej samozagęszczalnej wydaje się być zatem problematyczna [15].



Rys. 4. Zmiana masy próbek w trakcie cyklicznego ich zamrażania-rozmrażania [15]
Fig. 4. Modification of mass of samples during theirs cyclic freezing-defrosting [15]

4. PODSUMOWANIE

W celu ochrony betonu przed destrukcyjnym działaniem mrozu stosowany jest m.in. zabieg napowietrzenia mieszanki betonowej. Jednak w przypadku mieszanki samozagęszczalnej superplastyfikatory w połączeniu z pewnymi cementami i domieszkami napowietrzającymi, mogą wytworzyć niestabilny układ pustek powietrznych w jej objętości, co niewątpliwie wpłynie na jakość napowietrzenia betonu [3].

Jakość napowietrzenia wybranego typu betonu samozagęszczalnego została sprawdzona w badaniach mrozoodporności [15]. Pomimo tego, iż beton samozagęszczalny, w którego skład wchodziła domieszka napowietrzająca, wykazał dużą odporność na cykliczne działanie mrozu, wyniki tych samych badań wskazują na niestabilność napowietrzenia mieszanki betonowej samozagęszczalnej. W przypadku mieszanek betonowych samozagęszczalnych, które początkowo zawierały powietrze w ilości 11–13%, zawartość powietrza w stwardniałym betonie wynosiła od 5,5 do 7,3%. Ponadto, wyniki badań [3] wskazują, że pęcherzyki powietrzne posiadają rozmiary nieco większe przy obecności superplastyfikatora. Stabilność napowietrzenia mieszanki betonowej zależy także od wartości jej parametrów reologicznych [5].

Na podstawie rozważań teoretycznych [1, 5, 8, 13, 14] i wyników badań [5, 14] można postawić tezę, iż samoodpowietrzanie się mieszanki betonowej samozagęszczalnej wpływa na efekt jej napowietrzenia. W rezultacie struktura betonu samozagęszczalnego może być napowietrzona w nieprawidłowy sposób z punktu widzenia jego mrozoodporności.

W związku z powyższym, autorka niniejszego referatu, w ramach swojej pracy doktorskiej, zamierza ocenić wpływ samoodpowietrzenia się mieszanki betonowej samozagęszczalnej, zawierającej domieszkę napowietrzającą, na końcowe napowietrzenie betonu samozagęszczalnego. Jakość napowietrzenia zostanie zweryfikowana za pośrednictwem komputerowej analizy obrazu zgładów betonu.

Na podstawie analizy wyników tychże badań zostanie oszacowany m.in. wskaźnik rozstawu, wielkość, powierzchnia właściwa porów oraz udział objętościowy porów w strukturze betonu samozagęszczalnego. Uzyskane wartości wymienionych wielkości porównane zostaną m.in. z wynikami badań 300 cykli zamrażania i odmrażania betonu samozagęszczalnego.

Ponadto, oceniona zostanie istotność wpływu określonych właściwości mieszanki betonowej samozagęszczalnej na efekt napowietrzenia betonu samozagęszczalnego w aspekcie jego odporności mrozowej. Wyniki tych badań zostaną zamieszczone w pracy doktorskiej autorki.

LITERATURA

[1] ANIELAK A.M., *Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

[2] ASTM Destignation C457: *Standard practice for microscopical determination of air-void content and parameters of air-void system in hardened concrete.* Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, 1985, pp. 403–410.

[3] BUREAU U.S. OF RECLAMATION: *Investigation into the effect of water/cement ratio on the freezing-thawing resistance of non-air and air-entrained concrete*, Concrete Laboratory Report Nr C-810, Denver, Colorado, 1955.

[4] GJORV O.E.: *High Strength Concrete.* Report BML 91601. The Norwegian Institute of Technology, Norway, 1991.

[5] GOŁASZEWSKI J.: *Korygowanie wpływu domieszek napowietrzających na urabialność i wytrzymałość na ściskanie betonów wysokowartościowych*, Konferencja Dni Betonu, Tradycja i Nowoczesność, Wisła, 11–13 X 2004.

[6] KOBAYASHI M., NAKAKURO E., KODAMA K., NEGAMI S.: *Frost resistance of superplasticized concrete.* ACI SP-68, 1981, pp. 269–282.

[7] LITVAN G.: *Air entrainment in the presence of superplasticizers.* ACI Journal, Vol. 80, No. 4, 1983, pp. 326–331.

[8] ŁAŹNIEWSKA B.: *Badanie struktury porowatości betonów samozagęszczalnych w aspekcie ich mrozoodporności*, IV Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziału Budownictwa, Gliwice–Wisła 18–19 listopada 2004.

[9] MŁODECKI J., STEBNICKA I.: *Domieszki do betonu*, Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1996.

[10] PIGEON M., PLEAU R., *Durability of Concrete in Cold Climates.* Modern Concrete Technology Series, E&FN SPON, 1995.

[11] RUSIN Z.: *Technologia betonów mrozoodpornych*, Polski Cement, Kraków 2000.

[12] SOMMER H., *The precision of the microscopically determination of the air void system hardened concrete.* Cement, Concrete and Aggregates. Vol. 1, No. 2, 1979, pp. 49–55.

[13] SZWABOWSKI J.: *Reologia mieszanek na spoiwach cementowych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1999.
[14] TATTERSALL G. H., BANFILL P. F. G.: *The rheology of Fresh Concrete*. Pitman Books Limited, Boston 1983.
[15] WAWRZEŃCZYK J., WOJTASIK P.: *Mrozoodporność betonu SCC wykonanego z dodatkiem mączki wapiennej*. Konferencja Naukowo-Techniczna – Jadwisin 2002.

INFLUENCE OF AIR ENTRAINING ADMIXTURE ADDITION ON FROST RESISTANCE OF SELF COMPACTING CONCRETE

Concrete mix of self-compacting concrete self-eliminates needless air bubbles. As a result freeze resistance of self-compacting concrete depends on structure of porosity. Freeze resistance of concrete will be explored directly and indirectly and the results of the porosity structure tests will give the answer to the question if air entrainment is necessary for freeze resistance of self-compacting concrete.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Politechniki Wrocławskiej

Nr 87 Nr 87

Studia i Materialy Nr 18 2006

*climatic factors, concrecreting processes,
work duration, labour content*

Peter MAKÝŠ*

LABOUR CONTENT OF CONCRETING IN RELATION TO CLIMATIC CONDITIONS

Processes significantly impacting construction duration include realisation of monolithic concrete structures. Such processes usually take place in the exterior, where they are unprotected from weather. The text considers modelling of climatic factors and their impact on the duration of concreting work in various seasons.

1. WORK ENVIRONMENT AND ITS IMPACT ON CONCRETE STRUCTURES QUALITY

Construction of monolithic concrete structures count among important construction processes taking place on most sites [3]. Concreting process and its links to other processes are planned in the preparatory phase of a project contractor. Within such preparation, the contractor designs work progress scheme, as well as detailed time schedules used in construction management [4].

To reach required quality of concreting work, it is necessary to create certain work environment conditions as defined in technical specifications (standards) or technological regulations. For example, standard STN P ENV 13670-1 (Concreting Work Part 1: General Provisions) defines the following: should the weather forecast assume external temperatures lower than 0 °C at the time of concrete laying or treatment, preliminary measures for concrete protection from frost need to be taken. Concrete surface tem-

* Katedra technológie stavieb, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovenská republika, makys@svf.stuba.sk

Department of Building Technology, Faculty of Civil Engineering, Slovak university of Technology Bratislava, Slovak Republic

perature may not drop below 0 °C until concrete surface reaches compression strength enabling it to withstand below zero temperatures without any damage (5 MPa). The stated standards also define the shortest concrete treatment period in relation to concrete surface temperature and concrete strength development.

Construction of concrete structures usually takes place in the exterior, unprotected from climatic conditions. These may make it impossible to perform concreting work, possibly call for measures protecting existing structures from unfavourable impacts. In both cases, construction process may be postponed or interrupted. Therefore, for planning reasons, it is important to be aware of climatic factors development for the given construction season.

2. FORECAST OF CLIMATIC FACTORS FOR CONSTRUCTION PLANNING NEEDS

In our territory, climatic factors are characterised through very extensive dynamics of changes depending on geographic position, micro-relief of the given territory and season. Frequent weather variations force us to ask to what extent we are able to predict such changes. Short term one to three days weather forecasts, just as five to seven day ones are relatively reliable. However, in case of long term forecasts it is hard to speak of any reliability. These have rather the trial and error character, and therefore are not even published. Although the arrival of more accurate weather forecasts is only a question of time, they will not be available in the near future and therefore, it is necessary to look for other answers to climatic factors development.

One method for climatic factors forecasting in the course of construction is the replacement of weather forecasts based on knowledge about atmospheric processes through the assumption that weather development will be similar to the previous period development. Then, it is possible to define probable characteristics for relevant climatic factors (mean value, maximum and minimum value, variation interval, probability spread density, etc.)

Air temperature is a climatic factor impacting concreting processes the most often. When analysing external air temperature, it is possible to follow temperature variations during the year (mean monthly values) and day (daily temperature development).

Provided we base temperature modelling only on mean monthly value, we will not cover variations between years. For example, average February temperature in the area of Hurbanovo represents 0,0 °C when considering 112 years. However, the lowest average February air temperature reached –11 °C (in 1929) and the highest +5,4 °C (in 1998), which represents maximum positive deviation of 5,4 °C, maximum negative deviation of 11,0 °C and variation interval of 16,4 °C. Values of maximum negative deviation and variation interval point out the possibility of significant difference between assumed and actual average monthly temperature.

To define average monthly temperature more precisely, it is necessary to also consider its minimum and maximum values. Graph in Fig. 1 shows average monthly temperature for the area of Hurbanovo (Slovak Republic) processed for years 1871 to 2002. If assumed that average monthly temperatures only seldom reach extreme values, they will move within the area marked by curves for maximum and minimum average monthly temperature and will be defined through probability spread density.

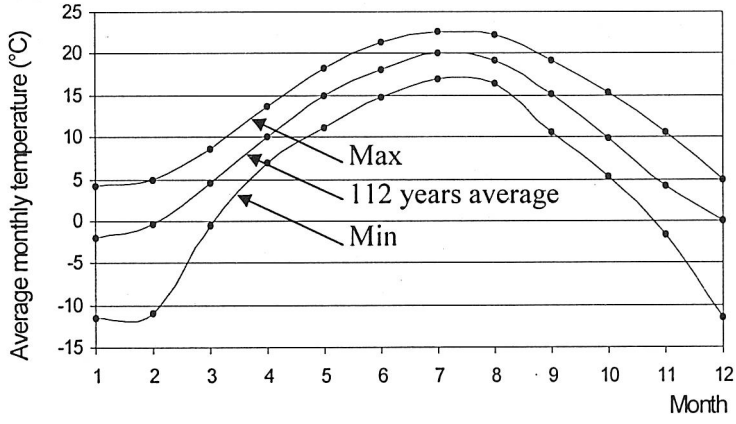


Fig. 1. Average Monthly Temperatures

3. IMPACT OF WORK ENVIRONMENT FACTORS ON CONCRETING PROCESSES

Generally, work environment factors may impact process duration as follows:

- Process duration changes continuously, depending on work environment factors value,
- Process duration changes in jumps, provided factor reaches values requiering extra work,
- Process cannot be realised, as the work environment condition does not enable it.

Continuous change of process duration may be caused by concrete hardening rate depending on environment temperature. Concrete hardening rate defines the period after which the structure may be de-moulded [1]. Especially, horizontal bearing structures have to reach high strength prior to de-moulding. Therefore, concrete new concrete structure needs to remain supported by props for long time, sometimes even several floors beneath [2]. It is then necessary to wait with many processes for the removal of props in lower floors. This way, air temperature influences structure mounding period and continuation of other work. When planning construction,

duration of concrete structures construction, or of technological breaks may be adjusted through a coeficient expressing assumed temperature impact on concrete hardening rate. Work environment factors continuously impact also peformance of e.g. workers.

Air temperature ranks among factors with the largest impact on human performance. Thermal comfort of a man does not only depend on air and surrounding surfaces temperature. It is also affected by human body heat production (metabolic heat) and thermal permeability of clothing. Fig. 2 shows classification of air impact on human performance in three level physical difficulty classification, air humidity and flow are not considered.

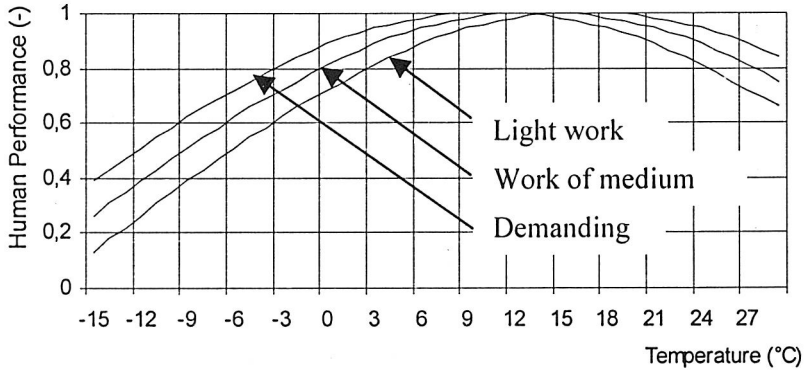


Fig. 2. Temperature Impact on Human Performance

Figure 3 depicts the progress of labour intensity within a year with regards to monolithic ceiling structures concreting, whereby average labour intensity represents 1.065 $Nh \cdot m^{-3}$ and realistic research based labour intesity represents around 20% of the average value. Thereby, it was assumed that concrete additives will enable concreting in low temperature and practically throughout the year.

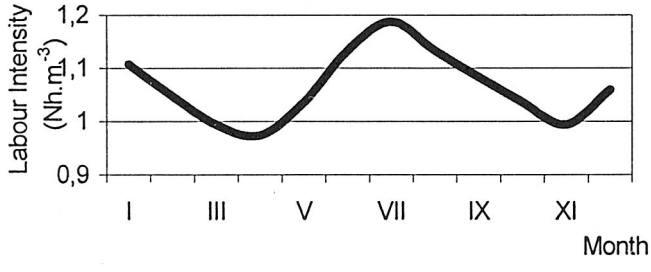


Fig. 3. Concreting Labour Intesity

Work environment may cause the process duration to change in big steps. This usually takes place in case of extra work need, e.g. heating of constructed structures when concreting in low temperatures, covering of structure to protect it from rain. Provided the process implementation requires extra work, the original labour intensity will not be modified through a coefficient, but rather a labour intensity value respecting the performance of such work will be selected. For example, structures covering, installation of gas burners, installation of gas pipes, etc. Figure 4 shows development from Fig. 3 considering extra work in winter months.

If a process may not be realised (e.g. concreting in low temperatures, when structure heating or use of additives in the production of fresh concrete are not feasible), construction time schedule needs to be modified for the process to be moved to a period with better climatic conditions.

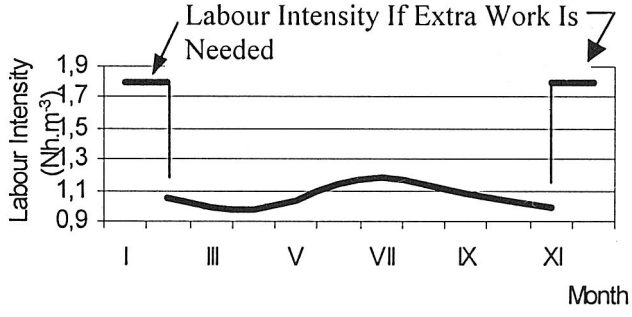


Fig. 4. Concreting Labour Intensity

Development of a time schedule considering the impact of work environment is not a simple matter. For each process, it is necessary to define its labour intensity and possibility of realisation in a given month. Thereby, it may be possible for a process to be realised through a shift or only within certain hours (e.g. air temperature may be lower than required by technological regulation only at the beginning of a shift), possibly a process may not be realised at all. The same applies to extra work (e.g. underlayer heating, protection of structure parts from climatic conditions, etc.) that may be necessary for work realisation throughout a shift, during a part of it, or may not be necessary at all. Further, it is necessary to consider a case of process taking place at the turn of two months, whereby it may be realised in one month, but the next month requires extra work to realise the process, or the process cannot be realised at all. In such case, it is necessary to decide on the application of extra work to be able to finish such process, or else on the interruption and continuation of the process in suitable work conditions, or its shift to a more suitable period.

4. CONCLUSION

Time schedules rank among principal construction preparation documents. For them to be precise enough, they have to enable construction management without the need for too frequent undates. This requires the considereation of climatic factors variation in the time schedule development. Preparation of data for such time schedules is very labour intense. However, it would suffice to deal only with some processed, which are the most important for construction work progress. Concreting work is definitely one of them.

REFERENCES

[1] BIZUB J., *Systémové debnenie*. In: Workshop Technológia stavieb vo výučbe stavebných inžinierov. Bratislava, September 2004, p. 5–8.

[2] HULÍNOVÁ Z., *The Human Factor as a Possible Source of the Threat of Safety and Health Protection at Work*. In: Workshop Technológia stavieb vo výučbe stavebných inžinierov. Bratislava, September 2004, p. 29–30.

[3] JURÍČEK I., *Konštrukcie z monolitického betónu*. Bratislava, Eurostav, 2005.

[4] LAVRINČÍKOVÁ D., *Súčasné konštrukčné a fyzikálne determinanty navrhovania budov*. In: International Conference Globalisation and us. Dunajská Streda, 2001, p. I-16–I-21.

[5] MAKÝŠ P., *Preparation of Input Data for Stochastic Outlines of Procedures*. In: Slovak Journal of Civil Engineering, ročník 10, 2002, No. 2, p. 21–26.

The article was written as part of grant project VEGA 1/2155/05.

PRÁCNOSŤ PROCESU BETONÁŽE VO VZŤAHU KU KLIMATICKÝM PODMIENKAM

Medzi procesy, ktoré výrazne ovplyvňujú trvanie výstavby patrí realizácia monolitických betónových konštrukcií. Realizácia týchto procesov sa uskutočňuje obvykle v exteriéry, kde sú nechránené pred vplyvom počasia. Článok sa zaoberá modelovaním klimatických faktorov a ich pôsobením na trvanie betonárskych prác v rôznych obdobiach roka.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

wykonanie robót betonowych, kontrola robót betonowych, betonowanie, kontrola jakości robót betonowych

Jurij ORŁOWSKI*
Elżbieta SZAFRANKO*

NORMY EUROPEJSKIE A PROCES PRZYGOTOWANIA I REALIZACJI ROBÓT BETONOWYCH, KONTROLA PRZEBIEGU I PRZYGOTOWANIA ROBÓT

Proces przygotowania i realizacji robót betonowych jest procesem złożonym. Składa się z wielu czynności przygotowawczych, od których zależy ostateczna jakość wykonanych robót. Są to między innymi: wytyczenie elementów betonowanych, potwierdzenie prawidłowości ustawienia stemplowania, deskowania i zbrojenia, dostawa mieszanki betonowej w sposób zabezpieczający przed czynnikami atmosferycznymi (opady, temperatura) i innymi zjawiskami np.: segregacją składników. Układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej wymaga uwzględnienia wymogu minimalizowania segregacji składników, szybkości betonowania, staranności zagęszczania zwłaszcza w pobliżu zmian przekroju poprzecznego, przewężeń i wkładek skrzynkowych, jak również troski o dostateczną grubość otuliny zbrojenia. Istotna jest również właściwa pielęgnacja wiążącej konstrukcji oraz proces rozdeskowania.

Wszystkie te czynności obejmuje i reguluje przepis europejski ENV 13670-1, który opublikowany został po polsku z afirmacją Polskiego Komitetu Normalizacyjnego i Stowarzyszenia Producentów Betonu Towarowego w Polsce.

1. WSTĘP

Czynności układania, zagęszczania i pielęgnowania masy betonowej reguluje przepis europejski ENV 13670-1 zwany również „prenormą". Ponieważ sam Europejski Komitet Standaryzacji (CEN) nadał mu na razie rangę dokumentu przejściowego, dopuszczonego do stosowania dla potrzeb gromadzenia doświadczeń praktycznych w krajach unijnych i stowarzyszonych, obecnie można alternatywnie korzystać ze „starych" norm krajowych z tego zakresu, nawet gdyby ich zapisy były sprzeczne z postanowieniami ENV 13670-1. Prenorma jest jednak komplementarnie powiązana z normą betonową EN 206-1 i w wielu miejscach odwołuje się do jej zapisów. Dlate-

* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, 10-724 Olsztyn, ul. Heweliusza 10

go powinna być traktowana nierozłącznie, jako wspólny pakiet – zarówno przez projektanta-specyfikatora, producenta-dostawcę betonu towarowego, jak i przez wykonawcę robót budowlanych. Obok zestawienia powołań normatywnych i informacyjnych oraz definicji, prenorma uwzględnia roboty budowlane związane z wykonaniem konstrukcji betonowej, obejmujące takie operacje technologiczne, jak: stemplowanie, deskowanie, zbrojenie i całokształt betonowania, któremu poświęcony jest jej rozdział 8 „Betonowanie" i część rozdziału 11 „Kontrola".

2. ZAKRES ROBÓT UWZGLĘDNIONYCH W PRENORMIE

Jak już wspomniano wcześniej prenorma obejmuje zasady postępowania i kontroli czynności wchodzących w tzw. „betonowanie". W ramach betonowania wyodrębnia:

a) roboty przygotowawcze – a w nich wytyczne dla potwierdzenia prawidłowości stemplowania, deskowania i zbrojenia, dla przygotowania planu betonowania i planu jego kontroli, dla zabezpieczenia kontaktu powierzchni gruntu przed ewentualnością wymieszania go z masą betonową oraz przed odprowadzaniem wody, dla betonowania próbnego (o ile zachodzi taka potrzeba), a także - dla zgromadzenia środków zaradczych na wypadek dojrzewania betonu w otoczeniu niekorzystnych temperatur – po zabetonowaniu;
b) dostawę mieszanki betonowej ze strony producenta i jej odbiór przez wykonawcę robót na placu budowy, ze szczególnym zwróceniem uwagi na niepożądane zmiany, jak Np. segregacja składników, wydzielanie się wody, wycieki zaczynu oraz na badania identyczności partii betonu, o ile są wymagane;
c) układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej z uwzględnieniem wymogu minimalizowania segregacji składników, szybkości betonowania bez tzw. zimnych złączy (styków międzywarstwowych), staranności zagęszczania, jak również troski o dostateczną grubość otuliny zbrojenia oraz gwarancji osiągania wytrzymałości i trwałości betonu w określonej perspektywie czasowej; wymaga się także ochrony robót przed szkodliwym nasłonecznieniem, silnym wiatrem, przemarzaniem, wodą, deszczem i śniegiem;
d) pielęgnację i zabezpieczanie betonu w fazie jego wczesnego wiązania, w celu:
   - minimalizowania skurczów plastycznych;
   - uzyskania odpowiedniej wytrzymałości powierzchniowej;
   - zapewnienia odpowiedniej trwałości strefy powierzchniowej;
   - ochrony przed zamarzaniem;
   - ochrony przed drganiami, udarami i uszkodzeniami mechanicznymi.

Dzięki metodom pielęgnacji (np: wydłużony okres deskowania elementu, krycie powierzchni płachtami paroszczelnymi lub matami nasyconymi wodą, zwilżanie bezpośrednie czy stosowanie preparatów pielęgnujących) utrzymane ma być niskie tempo odparowywania wody z powierzchni świeżo ułożonego betonu.

e) operacje po betonowaniu, które obejmują przede wszystkim demontaż deskowania oraz zabezpieczanie elementu przed zdeformowaniem podczas dalszych robót budowlanych; wymaga się tutaj, aby badania betonu twardniejącego na placu budowy -z uwzględnieniem ich określonej częstotliwości oraz kryteriów zgodności, prowadzone były z nawiązaniem do specyfikacji projektowej;
f) specjalne metody wykonawcze, rozpisane w specjalnych instrukcjach roboczych, stosowane np. przy aplikacji betonu lekkiego, betonu wysokiej wytrzymałości, betonu ciężkiego, czy betonu układnego pod wodą; dotyczy to również betonowania z użyciem deskowania ślizgowego;
g) betonowanie konstrukcji zespolonych.

Tabela 1. Sprawdzenie stanu przygotowań przed betonowaniem
Table1. Control of state preliminary activities before the concrete works

Stadium	Klasa kontroli 1	Klasa kontroli 2	Klasa kontroli 3
Planowanie kontroli			lista pracowników ekipy wykonawczej
		• wyniki betonowania próbnego, jeżeli przeprowadzono; • uzgodnienia odnośnie Kontroli Jakości; • plan kontroli; • lista wyposażenia do betonowania;	
Kontrola	kontrola podstawowa	kontrola podstawowa i losowa	kontrola przed każdym betonowaniem
	kontrola w przypadku wątpliwości	a) Stabilność stemplowania i deskowania b) Kontrola wzrokowa: • zbrojenia wiążącego; • szczelności i czystości deskowania; • środka adhezyjnego i jego ilości; • nasycenia deskowania; • przerwy technologicznej; • zaplanowanej kolejności betonowania; • dostępu do zaplanowanej dostawy; • otuliny zbrojenia; c) Sprawdzenie wymiarów	

Źródło: ENV 13670-1

3. KONTROLA I NADZÓR NAD CZYNNOŚCIAMI OPISANYMI W NORMIE

W myśl prenormy ENV 13670-1 wszystkie czynności i operacje min. także te związane z betonowaniem, podlegają nadzorowi, w tym i zewnętrznemu. W zależności od

tego, jaką wagę przypisuje się danemu elementowi w obrębie całej budowli, ewentualnie w związku z jego szczególną funkcją użytkową, a także stopniem komplikacji wykonawstwa – rozróżnia się 3 klasy kontroli. Na którąś z nich winna wskazać specyfikacja projektowa. Daną klasą kontroli można objąć całość monolitycznej konstrukcji budowlanej lub jej element, albo też pewien wycinek materiałowo-technologiczny. Określono również minimalny okres pielęgnacji betonu dla różnych klas z uwzględnieniem temperatury powierzchni betonu. Prenorma poświęca dużo miejsca na określenie zakresu kontroli przygotowania produkcji betonu i jej przebiegu, określa obszar kontroli mieszanki betonowej, kontrolne sprawdzenie stanu przygotowania do robót betonowych, zakres kontroli układania i zagęszczania mieszanki betonowej oraz reżim kontroli pielęgnacji i ochrony świeżego betonu.

Tabela 2. Kontrola pielęgnacji i ochrony betonu
Table 2. Control of curling and protection of concrete

<table>
<tr><th>Stadium</th><th>Klasa kontroli l</th><th>Klasa kontroli 2</th><th>Klasa kontroli 3</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Planowanie kontroli</td><td rowspan="2"></td><td></td><td>obliczenie zmian temperatury i jej rozkładu zgodnie ze specyfikacją projektową</td></tr>
<tr><td colspan="2">• procedura ochrony przed wysychaniem i zamarzaniem;
• procedura kontroli temperatury;
• system monitorowania temperatury i dojrzałości;</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kontrola</td><td rowspan="2">kontrola podstawowa</td><td>kontrola podstawowa i losowa</td><td>kontrola każdego betonowania</td></tr>
<tr><td colspan="2">w zakresie :
• zabezpieczenia przed wysychaniem (z uwagi na dojrzałość betonu)
• ochrony przed zamarzaniem;
• dopilnowania właściwego czasu demontażu deskowania (z uwagi na stan dojrzałości betonu);
• różnic temperaturowych;</td></tr>
</table>

Źródło: ENV 13670-1

Tabela numerl pokazuje zakres kontroli przygotowań przed rozpoczęciem betonowania. Uwzględnia różny zakres czynności dla różnych klas kontroli. Tabela 2 pokazuje natomiast zakres czynności obejmujących pielęgnowanie betonu a tabela 3 zakres czynności kontrolnych obejmujących układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej. Uwzględnia różne stadia: stadium planowania kontroli, kontrolę powierzchni deskowań, kontrolę powierzchni betonowanych. Przypisuje odpowiedni zakres czynności kontrolnych do różnych klas kontroli (zdefiniowanych wcześniej). Całość uzupełnia sprawdzian działań powykonawczych po zakończeniu robót betonowych, podzielony na etap planowania kontroli i etap jej realizacji.

Tabela 3. Kontrola układania i zagęszczania mieszanki betonowej w ramach betonowania
Table 3. Control of placing and consolidation concrete on the concreting

Stadium	Klasa kontroli 1	Klasa kontroli 2	Klasa kontroli 3
Planowanie kontroli			rysunek lub schemat betonowania
		instrukcje dla ekipy wykonawczej – co do: • prędkości układania; • kolejności układania; • grubości warstwy;	
Kontrola betonowania powierzchni deskowanych	Kontrola podstawowa	kontrola podstawowa i losowa	kontrola całego betonowania
		w zakresie: warunków pogodowych; prędkości układania; kolejności układania; grubości warstwy; segregacji; konsystencji; liczby wibratorów wgłębnych; rozmiaru wibratorów wgłębnych; zasięgu i głębokości wpływu; powtórnego wpływu wibratorów przyczepnych i wibratorów powierzchniowych; przemieszczenia betonu; ugięcia deskowania; umocowania zabetonowanych elementów;	
Kontrola powierzchni swobodnych	Kontrola podstawowa	kontrola podstawowa i losowa	kontrola całego betonowania
		w zakresie : występowania mleczka cementowego na górnej pow. ukształtowania warstwy powierzchniowej czasu zakończenia zagęszczania; czasu zakończenia betonowania; ochrony powierzchni; Sprawdzenie zgodności odchyłek kształtu ze specyfikacją projektową	

Źródło: ENV 13670-1

4. PODSUMOWANIE

Nowe, europejskie normy dotyczące betonu silniej wiążą jego systematykę z relacjami rynkowymi. Dlatego wyraźnie rysuje się podział kompetencji i odpowiedzialności za jakość betonu pomiędzy specyfikatora (projektanta), producenta, wykonawcę robót budowlanych oraz nadzorcę. Przypisane im role w procesie produkcji i stosowania betonu traktuje się jako równorzędne. Dużo miejsca poświęcają jakości robót oraz

kontroli wszystkich czynności przygotowawczych i towarzyszących betonowaniu. Określają zakres kompetencji za wykonanie czynności związanych z transportem mieszanki betonowej, proces betonowania, pielęgnacji i ochrony wykonanych elementów do momentu osiągnięcia przez nie projektowanej wytrzymałości.

Opisywane, europejskie regulacje normalizacyjne nie pretendują do rangi aktów obligatoryjnych, chyba że któryś z krajów samodzielnie wprowadzi na swym terytorium obowiązek ich stosowania drogą administracyjnego rozporządzenia odpowiedniego szczebla. Z kolei, trudno wyobrazić sobie tworzenie kompleksu własnych przepisów technicznych na potrzeby pojedynczego kontraktu. I choćby z tych względów znaczenie norm pozostanie w dalszym ciągu kluczowe.

LITERATURA

[1] KOHOUTEK Z.B., *Podział kompetencji i odpowiedzialności za jakość betonu towarowego – w świetle norm europejskich*; V Sympozjum Naukowo Techniczne „Reologia w Technologii Betonu, Gliwice 2003.

[2] Prenorma ENV 13670-1.

EUROPEAN STANDARDS AND THE PRELIMINARY PROCES AND CONCRETE WORKS, CONTROL OF PRELIMINARY AND REALIZATION WORKS.

Preliminary and realization process of concrete works is very complicated. It consist many activities, for example: control measurements, formworks, reinforcing, concrete tests, removal of forms, curling of concrete etc. All this activities are described in European Standards ENV 13670-1. It takes into considerate the control activities.

Nr 87 Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

beton samozagęszczalny, zbrojenie rozproszone, urabialność, reologia

Tomasz PONIKIEWSKI*

ASPEKTY TECHNOLOGICZNE ZASTOSOWANIA BETONU SAMOZAGĘSZCZALNEGO MODYFIKOWANEGO ZBROJENIEM ROZPROSZONYM

Technologia betonu samozagęszczalnego pozwala na kształtowanie struktury obiektów inżynierskich w sposób szybszy i bezpieczniejszy niż w przypadku zastosowania betonu o tradycyjnych właściwościach. Zabiegi technologiczne formowania elementów betonowych z betonu samozagęszczalnego są znacznie uproszczone a efekty końcowe pozwalają na eksponowanie struktur stwardniałego betonu w szerszym zakresie. Jedną z modyfikacji rozpatrywanych betonów jest dodawanie do ich objętości włókien różnego rodzaju w postaci zbrojenia rozproszonego. Nie jest to zagadnienie nowe w technologii betonu, lecz w przypadku betonów o właściwościach samozagęszczalności stanowi aktualny obszar badań. Na podstawie przeprowadzonych badań urabialności w ujęciu reologicznym świeżych mieszanek samozagęszczalnych modyfikowanych włóknami stalowymi, ustalono problemy wynikające z zastosowania tak modyfikowanych mieszanek betonowych. Problemy technologiczne w zastosowaniu betonu samozagęszczalnego modyfikowanego włóknami stalowymi jako zbrojeniem rozproszonym jest przedmiotem prezentacji w referacie.

1. WPROWADZENIE

1.1. ISTOTA ZASTOSOWANIA BETONU SAMOZAGĘSZCZALNEGO

Beton, jak i inne materiały, ulega stałej ewolucji dążąc do uzyskania materiału o znacznie polepszonych parametrach technicznych zarówno mieszanki betonowej, jak i betonu stwardniałego. Wymagania stawiane nowoczesnym betonom to możliwie najwyższa ich jakość charakteryzująca się wydłużeniem okresu trwałości, zapewnieniem adekwatnych do potrzeb parametrów fizyczno-wytrzymałościowych, estetykę powierzchni elementów betonowych. Nie bez znaczenia jest poprawa warunków technologicznych, począwszy od produkcji mieszanki betonowej aż do

* Katedra Procesów Budowlanych, Wydział Budownictwa, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5

pielęgnacji betonu uformowanego w konstrukcji. Zalety betonu samozagęszczalnego takie jak [3]: wyeliminowanie wibrowania, a więc redukcja hałasu i obniżenie kosztów, łatwość układania w elementach o znacznym zagęszczeniu zbrojenia i o skomplikowanych kształtach, powodują, że jest on coraz szerzej stosowany w praktyce budowlanej na całym świecie. Uzyskanie betonów wysokiej jakości i udoskonalenie procesów technologii jego produkcji jest możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych domieszek i dodatków do betonów. Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku w Japonii przy zastosowaniu superplastyfikatorów nowej generacji udało się, w mieszankach betonowych o konsystencji ciekłej, zredukować do 40% wody (w stosunku do betonów zwykłych), co w połączeniu z modyfikacją własności reologicznych doprowadziło do uzyskania betonu samozagęszczającego.

1.2. DEFINICJA BETONU SAMOZAGĘSZCZALNEGO

Jeszcze kilka lat temu powszechna definicja betonu samozagęszczalnego była następująca [2]: „beton, który ma zdolność do zagęszczania się i odpowietrzania pod własnym ciężarem, bez wibracji". Obecna rozpowszechniona definicja brzmi: „beton, który ma właściwości płynięcia pod własnym ciężarem, szczelnego wypełnienia deskowań lub form, nawet przy występowaniu gęstego zbrojenia, bez stosowania wibracji i przy zachowaniu jego jednorodności". Beton SCC jest kolejnym krokiem do uzyskania mieszanki betonowej o parametrach w pełni niezależnych od jakości zagęszczania, charakteryzuje się nowymi, odmiennymi w stosunku do betonu tradycyjnego właściwościami w zakresie odpowietrzania i zagęszczania pod wpływem grawitacji, samorozlewności oraz długim okresem utrzymywania konsystencji.

2. ZBROJENIE ROZPROSZONE W BETONIE SAMOZAGĘSZCZALNYM

2.1. ISTOTA ZASTOSOWANIA

Najczęściej stosowanymi wypełniaczami włóknistymi są włókna stalowe oraz polipropylenowe. Dodatek włókien wpływa przede wszystkim na hamowanie powstawania i rozwoju zarysowań w betonie oraz znaczne podwyższenie energii zniszczenia. Inne uzyskiwane lepsze charakterystyki, przy odpowiednim zastosowaniu włókien, to wzrost wytrzymałości na rozciąganie i ściskanie, wzrost przyczepności prętów zbrojenia do betonu, odporność zmęczeniowa i udarnościowa [1]. Ogólna tendencja poprawy charakterystyk stwardniałego betonu samozagęszczalnego wraz ze wzrostem zawartości włókien w jego objętości, powoduje pogarszanie urabialności tychże mieszanek w trakcie ich formowania.

2.2. PROBLEM BADAWCZY

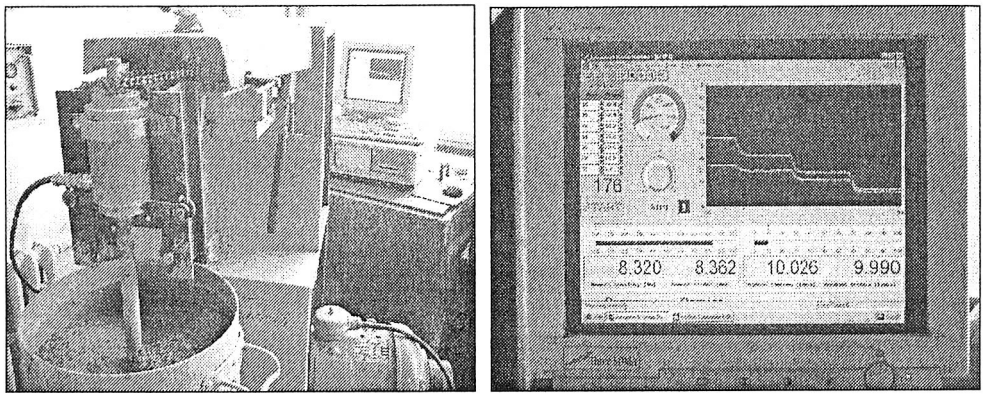
Aktualnym problemem, także w przypadku betonów samozagęszczalnych modyfikowanych włóknami stalowymi, jest technologiczna trudność ich wykonywania oraz realizacji procesów technologicznych w trakcie robót betonowych. Zmusza to do rozpoznania rzeczywistej natury ich urabialności i określenia wpływu dodawania włókien na zjawiska zachodzące w świeżym i stwardniałym betonie samozagęszczalnym. Analiza wykluczających się nawzajem czynników zachodzących w wyniku dodania włókien stalowych do betonu samozagęszczalnego: pogarszania się urabialności i poprawy właściwości mechanicznych betonów samozagęszczalnych jest przedmiotem niniejszego artykułu. Jedną z nowych tendencji w badaniach betonów samozagęszczalnych jest analizowanie wpływu włókien na urabialność oraz parametry wytrzymałościowe tychże betonów [4], [5]. Projektowanie betonów samozagęszczalnych nie jest zagadnieniem łatwym; niedokładność w dozowaniu składników, zmienne właściwości materiałów i warunków dojrzewania mogą spowodować niepowodzenia w uzyskaniu wymaganych właściwości betonów samozagęszczalnych: płynności, zdolności do przepływu bez blokowania między prętami zbrojenia oraz odporności na segregację [6]. Autor na podstawie wcześniejszych badań [7], [8], [9], wytypował włókna stalowe o zróżnicowanych parametrach geometrycznych, celem określenia wpływu ich udziału objętościowego, długości oraz kształtu na właściwości reologiczne i mechaniczne betonów samozagęszczalnych.

3. BADANIA WŁASNE

3.1. ZAŁOŻENIA I METODYKA BADAŃ

W referacie zostały przedstawione wynik i badań urabialności w ujęciu reologicznym mieszanek samozagęszczalnych modyfikowanych włóknami stalowymi. Badania metodą reometrycznego testu urabialności (RTU) zostały przeprowadzone za pomocą reometru do zapraw i mieszanek betonowych – ROD-1E (rys. 1). Istota RTU została omówiona szczegółowa w literaturze [10]. Wykonano aproksymację wyników pomiarów dwuparametrowym modelem reologicznym Bingham`a i trójparametrowym modelem Hershella–Bulkeya. Pozwoliło to na określenie dwóch podstawowych parametrów reologicznych – granicy płynięcia g oraz lepkości plastycznej h, których wartości przedstawiono na podstawie analizy modelem dwuparametrowym. Skład badanej mieszanki samozagęszczalnej przedstawiono w tabeli 1. Mieszanka betonowa była modyfikowana ze względu na zmienny w badaniach rodzaj i udział objętościowy włókien stalowych. Włókna stalowe do badań zostały wytypowane z dosyć licznej grupy dostępnych na rynku. Jednakże pomimo ich dostępności i różnorodności, trudno jest zakupić włókna o zbliżonych parametrach geometrycznych i kształcie. W arty-

kule prezentowane są wyniki badań mieszanek samozagęszczalnych modyfikowanych trzema rodzajami włókien stalowych.



a) b)

Rys. 1. Procedura pomiarowa i widok reometru do wyznaczania parametrów reologicznych mieszanki samozagęszczalnej
Fig. 1: Measuring procedure and the rotational rheometer used for testing rheological parameters of self-compacting concrete

Tabela 1. Skład mieszanki samozagęszczalnej
Table 1. Self-compacting concrete mixtures

Składnik		na zarób	na 1m^3
CEM II B-S 42,5	[kg]	12,3	344
Popiół lotny	[kg]	4,9	138
Woda	[kg]	5,9	164
SP Viscocrete 3 [1,5% m.c.]	[kg]	0,19	5
Kruszywo 2–8	[kg]	29,0	810
Piasek 0–2	[kg]	27,8	776
Włókna stalowe	[%]	0,25 – 0,50 – 0,75	
W/(C + D)		0,34	0,34

Badania rozpoznawcze wykazały trudności pomiarowe RTU przy zawartości włókien stalowych na poziomie 1%. Duży przedział długości zastosowanych włókien (25÷64 mm) ograniczył ich udział objętościowy do poziomów 0,25 – 0,50 – 0,75%, co odpowiada zawartości 19,5 – 39,0 – 58,5 kg/m^3. Kształt włókien ze względu na zmienność ich geometrii jest dodatkowym czynnikiem, wpływającym na wyniki badań lecz nakładającym się na rozpatrywane pozostałe parametry zmienne włókien.

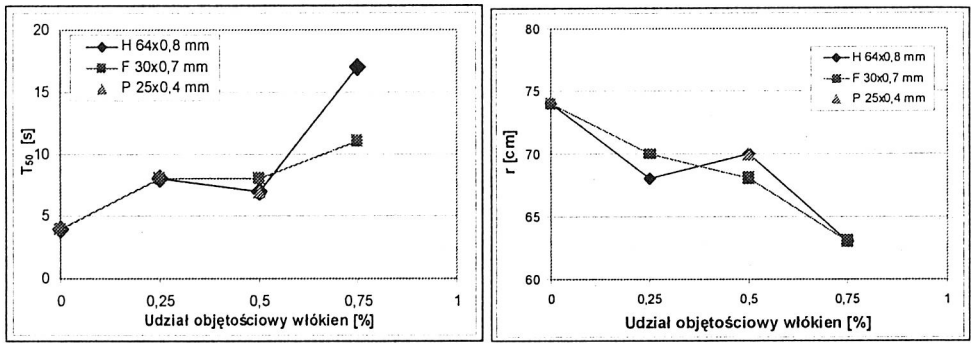
3.2. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W tablicy 2 przedstawiono wyniki badań ośmiu mieszanek samozagęszczalnych. Właściwości samozagęszczalne mieszanek badano określając czas i średnicę rozpływu stożkiem Abramsa oraz ustalając parametry reologiczne wyznaczone metodą RTU. Wytrzymałość na ściskanie określono po 28 dniach. Dodatkowo wykonano badania wytrzymałości na zginanie, celem określenia odporności na pękanie przy zginaniu w postaci tzw. równoważonej wytrzymałości na zginanie.

Tabela 2. Wyniki badań właściwości betonów samozagęszczalnych z włóknami stalowymi
Table 2. Test results for steel fibre reinforced self-compacting concrete

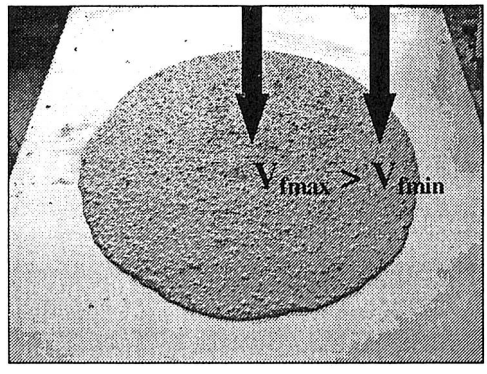
Zarób	Urabialność					$f_{c,cube}$ [MPa]
	Rozpływ		Parametry reologiczne			
	T_{50} [s]	r [mm]	g [Nm]	h [Nmmin]	r^2	
B1	4	740	1,65	0,33	0,997	50,3
B2	7	700	12,46	0,50	0,913	66,0
B3	8	680	6,61	0,63	0,956	60,7
B4	8	700	1,92	0,66	0,993	55,1
B5	8	680	5,11	0,63	0,975	56,4
B6	11	630	6,53	0,68	0,947	61,2
B7	17	630	13,28	0,63	0,683	65,1
B8	7	700	7,24	0,64	0,948	62,5

Wykazano wydłużenie czasu rozpływu i średnicy rozpływu wraz ze wzrostem udziału objętościowego włókien w mieszance betonowej (rys. 2). Wartości te są zbliżone dla wszystkich rozpatrywanych długości włókien do poziomu zawartości 0,5%. Przy udziale objętościowym 0,75% wykazano dodatkowy wpływ wzrostu długości włókien na zwiększenie czasu i obniżenie średnicy rozpływu. Badania zawartości włókien stalowych w objętości mieszanki po badaniu wykonanym stożkiem Abramsa wykazały ich zróżnicowaną zawartość (rys. 3). Zawartość włókien w obszarze centralnym $V_{f\max}$ była dwukrotnie większa od zawartości włókien w obszarze skrajnym $V_{f\min}$ rozpatrywanej mieszanki. Zaobserwowane zjawisko nierównomiernego rozmieszczenia włókien w trakcie przewidywanych procesów samozagęszczalności badanych mieszanek, zmusza do poszukiwań rozwiązania tego negatywnego zjawiska. Podstawowym założeniem stosowania włókien jest ich równomierne rozmieszczenie w całej objętości mieszanki po procesie samozagęszczenia. Wskazane jest przeprowadzenie dodatkowych badań, uwzględniających włókna o zróżnicowanym tzw. współczynniku włóknistym (tzn. udział objętościowy włókien × długość włókien/średnica włókien) ze wskazaniem optymalnie zaprojektowanej mieszanki pod względem równomiernego przemieszczania włókien w procesach technologicznych.



a) b)

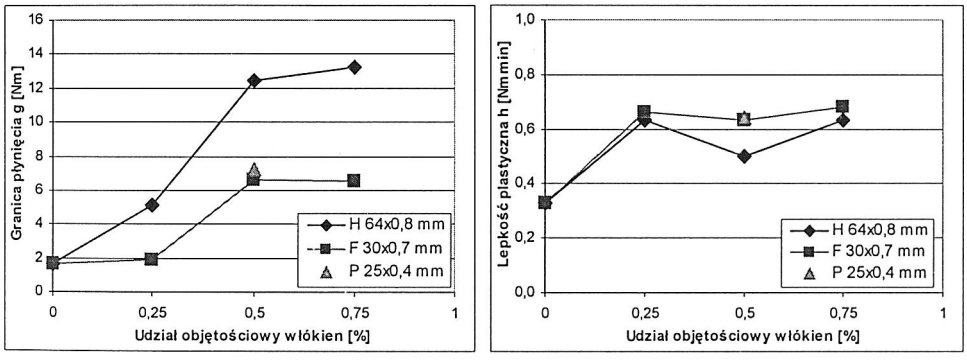
Rys. 2. Wpływ rodzaju i udziału objętościowego włókien stalowych na czas rozpływu (a) i średnicę rozpływ (b) wyznaczone stożkiem Abramsa
Fig. 2: Influence of type and volume fraction of steel fibres on Abrams cone parameters; (a) – flow time, (b) – diameter of flow



Rys. 3. Mieszanka samozagęszczalna modyfikowana włóknami stalowymi po badaniu stożkiem Abramsa z zaznaczonym miejscami badania zawartości włókien
Fig. 3. Steel fibre reinforced self-compacting concrete after Abrams cone investigation with the place of fibre volume fraction research

Przeprowadzone badania reometryczne metodą RTU potwierdziły wpływ włókien stalowych na granice płynięcia g oraz lepkość plastyczną h w rozpatrywanym obszarze badawczym mieszanek samozagęszczalnych modyfikowanych ich dodatkiem (rys. 4). Wraz ze wzrostem udziału objętościowego włókien w mieszance wzrasta wartość granicy płynięcia g. Długość samych włókien również wpływa na wzrost granicy płynięcia, co jest szczególnie widoczne pomiędzy badanymi włóknami H 64×0,8 mm oraz F 30×0,7 mm. Dla włókien H 64×0,8 mm wartość g jest zdecydowanie najwyższa w całym rozpatrywanym udziale objętościowym włókien. Potwierdza to pogarszanie się urabialności wykazane w badaniu stożkiem Abramsa. Najwyższy wzrost

wartości granicy płynięcia g obserwujemy dla udziału objętościowego 0,50% i utrzymuje się na zbliżonym poziomie dla zawartości 0,75%. W przypadku lepkości plastycznej h wzrost jest obserwowany po dodaniu 0,25% włókien, niezależnie od ich parametrów geometrycznych i utrzymuje się na stałym poziomie do udziału objętościowego 0,75%. Należy pamiętać o zróżnicowanym kształcie badanych włókien połączonym z ich zróżnicowaną długością. Wskazane jest przeprowadzenie dodatkowych badań, eliminujących nakładanie się czynników zmiennych, charakteryzujących rozpatrywane włókna stalowe. Szeroka oferta handlowa włókien w tym zakresie narzuca jednak pewne ograniczenia.



a) b)

Rys. 4. Wpływ dodatku włókien stalowych na parametry reologiczne badanych mieszanek samozagęszczalnych: a) granicę płynięcia g, b) lepkość plastyczną h
Fig. 4: Influence of steel fibres on rheological parameters of self-compacting concrete: a) yield value g, b) plastic viscosity h

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawione badania betonów samozagęszczalnych modyfikowanych włóknami stalowymi wykazują wpływ ich dodatku na pogarszanie się urabialności świeżej mieszanki oraz wzrost wytrzymałości stwardniałych fibrobetonów z mieszanek samozagęszczalnych. Z punktu widzenia uzyskania optymalnej zawartości włókien stalowych w betonie samozagęszczalnym, w sposób ograniczony pogarszających urabialność oraz poprawiających wytrzymałość betonu na ściskanie, udział objętościowy włókien 0,5% wydaje się być zalecanym na podstawie rozpatrywanego, ograniczonego zakresu badawczego. Wystepują problemy z zachowaniem jednorodnego wypełnienia przestrzeni betonu dodawanymi włóknami a wymagane procesy technologiczne dla tego typu betonów jeszcze bardziej utrudniają zachowanie jednorodności struktury. Pompowany fibrobeton samozagęszczalny powinien być bezpośrednio podawany w miejsce zabetonowania z ograniczeniem pozio-

mego przemieszczania się mieszanki w obrębie formowanej struktury betonowej. Długość i udział objętościowy włókien stalowych w mieszance wpływa na pogarszanie się jej urabialności lecz wyraźnie poprawia parametry wytrzymałościowe. Sposób zachowania jednorodności włókien stalowych w procesie formowania betonu samozagęszczalnego z ich dodatkiem jest aktualnym problemem badawczym. Z punktu widzenia urabialności wydaje się właściwym dodawanie włókien krótszych o wyższym udziale objętościowym w mieszance betonowej, co powinno wpłynąć na zachowanie jednorodności struktury formowanego betonu. Wpływ kształtu stosowanych włókien ważny z punktu widzenia zakotwienia w matrycy betonu samozagęszczalnego nie został w badaniach jednoznacznie określony.

LITERATURA

[1] GLINICKI M.A., *Ocena i projektowanie fibrobetonów na podstawie wytrzymałości równoważonej*, Drogi i Mosty, nr 3/2002, IBDiM.

[2] URBAN M., *Konsystencja mieszanki samozagęszczalnej a jej parametry reologiczne*, IV Sympozjum Naukowo-Techniczne „Reologia w technologii betonu", Gliwice 2002, s. 91–98.

[3] CZKWIANIANC A., PAWLICA J., ULAŃSKA D., *Skurcz i pełzanie betonów samozagęszczalnych*, VI Symp. Naukowo-Techniczne „Reologia w technologii betonu", Gliwice 2004, s. 71–91.

[4] BARRAGÁN B., ZERBINO R., ETTU R., SORIANO M., DE LA CRUZ C., GIACCIO G., BRAVO M., *Development and application of steel fibre reinforced self-compacting concrete*, 6th RILEM Symp. on Fibre-Reinforced Concretes (FRC) – BEFIB 2004, Varenna, Italy, 457–466.

[5] DING Y., THOMASETH D., NIEDEREGGER Ch., THOMAS A., LUKAS W., *The investigation on the workability and flexural toughness of fibre cocktail reinforced self-compacting high performance concrete*, 6th RILEM – (FRC) – BEFIB 2004, Varenna, Italy, 467–478.

[6] KASZYŃSKA M., *Beton samozagęszczalny – rozwój technologii i wyniki badań*, Konferencja „Dni betonu", Wisła 2004, 95–110.

[7] PONIKIEWSKI T., *Aspekty doboru włókien z punktu widzenia technologii mieszanki betonowej*, VI Seminarium reologiczne, Gliwice 2004.

[8] SZWABOWSKI J., PONIKIEWSKI T., *The rheological properties of fresh polypropylene fibre reinforced mortar and concrete*, 6th RILEM (FRC) – BEFIB 2004, Varenna, Italy, 309–318.

[9] PONIKIEWSKI T., SZWABOWSKI J., *The influence of selected composition factors on the rheological properties of fibre reinforced fresh mortar*, in: Proc. Int. Symp. "Brittle Matrix Composites 7", A.M. Brandt, V.C. Li, I.H. Marshall, Warsaw, 13–15.10.2003.

[10] SZWABOWSKI J., *Reologia mieszanek na spoiwach cementowych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1999.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF SELF-COMPACTING CONCRETE WITH OF STEEL FIBRES

In the paper the methodology and test results of the investigation are presented and discussed on the influence of steel fibres on rheological properties of self-compacting concrete (SCC). The rheological parameters of SCC – behaves as a Bingham body, their rheological parameters yield value g and plastic viscosity h were determined by using rheometer to mortar and concrete mix. The influence of steel fibre volume fraction and fibre length on rheological properties of SCC are important factors.

II. ORGANIZACJA ROBÓT BUDOWLANYCH

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

harmonogram sieciowy,
harmonogram, zarządzanie projektem,
programy do harmonogramowania
MS Project, Pertmaster

Wojciech BOGUSZ*
Mieczysław POŁOŃSKI*
Kamil PRUSZYŃSKI*

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYMIANY DANYCH POMIĘDZY PROGRAMAMI MS PROJECT I PERTMASTER

Podstawowym zadaniem zarządzania projektami jest osiągnięcie wyznaczonego celu w określonym czasie i przy założonych środkach. Do osiągnięcia tego celu coraz bardziej istotnym staje się wybór odpowiedniego oprogramowania, które usprawni proces planowania i realizacji inwestycji. Niniejszy artykuł być może stanie się pomocny w doborze takiego narzędzia, które pozwoli na łatwą współpracę z innymi programami.

1. WSTĘP

Cechą charakterystyczną budownictwa jest niepowtarzalność produkcji. Jest ona tym, co odróżnia projekt od operacji i co powoduje, że jest on trudniejszy do stworzenia [5]. Projektowanie realizacji budowy, jako dziedzina inżynierii procesów budowlanych, jest bardzo ważnym elementem procesu przygotowania dokumentacji projektowej. Od niego w znacznym stopniu zależy sprawność wykonania poszczególnych procesów technologicznych, długość cyklu realizacji budowy, a także wysokość ponoszonych kosztów realizacji przedsięwzięcia budowlanego [3]. Nieodzowną pomocą staje się zatem zastosowanie odpowiedniego oprogramowania, na przykład korzystającego z metod planowania sieciowego, które zostało opracowane do planowania tzw. przedsięwzięć jednostkowych, czyli przedsięwzięć, w których można jednoznacznie rozróżnić moment ich rozpoczęcia oraz zakończenia [3], [6].

* Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Zakład Technologii i Organizacji Robót Inżynieryjnych, ul. Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa

Na rynku dostępnych jest wiele takich programów. Duże przedsiębiorstwa budowlane stosują rozbudowane systemy ułatwiające uzyskanie pełnego obrazu przedsięwzięcia, takie jak ERP (Enterprise Recource Planing). Służą one do ich kompleksowej obsługi (planowania, produkcji, sprzedaży, zaopatrzenia, marketingu, itd.). Jednym z najbardziej popularnych programów tego typu jest SAP R3 firmy SAP [2]. Dla małych firm specjalizujących się w zarządzaniu projektami interesujące mogą się wydać programy typu OpenSource (np. tekstowy OpenSched, PyGantt lub QtGantt z graficznym interfejsem, wszystkie przeznaczone do pracy w środowisku Linux). Ze względu jednak na liczne ograniczenia, programy tego typu stają się mało konkurencyjne w stosunku do profesjonalnych programów, np.: Primavera, POWERPROJECT teamplan, TILOS oraz Pertmaster Project Risk czy Microsoft Project [2].

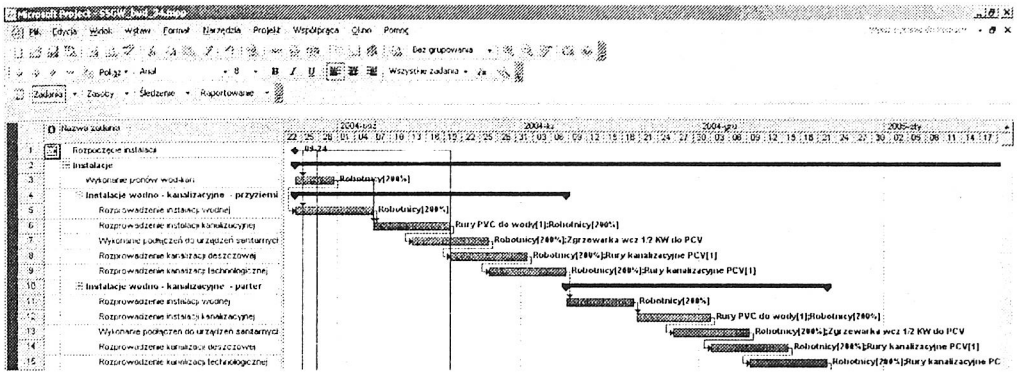
Niniejszy artykuł przedstawia charakterystykę ostatnich dwóch: Microsoft Project 2003 i Pertmaster Project Risk 7.6, ze szczególnym uwzględnieniem współpracy i wymiany danych pomiędzy nimi. Konieczność przenoszenia informacji między programami, będzie występować coraz częściej, co spowodowane jest rosnącym zapotrzebowaniem uczestników procesu inwestycyjnego na tego typu oprogramowanie oraz zróżnicowaną ofertę narzędzi typu Project Managment. Wybrane dwa, są zdaniem autorów, godne polecenia i stosowania w praktyce.

Testy ww. programów wykonano na podstawie krótkich harmonogramów tworzonych specjalnie do analizy konkretnych przypadków. Ich pełną funkcjonalność oraz praktyczne możliwości przedstawiono w artykule na podstawie analizy harmonogramu nowo wybudowanego budynku dydaktycznego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego nr 34, położonego w kampusie Uczelni na warszawskim Ursynowie. Materiały badawcze – harmonogramy sieciowe pochodzą z Biura Studiów i Projektów Służby Zdrowia „ProAmed" Sp. z o.o.

2. KRÓTKA PREZENTACJA PROGRAMÓW

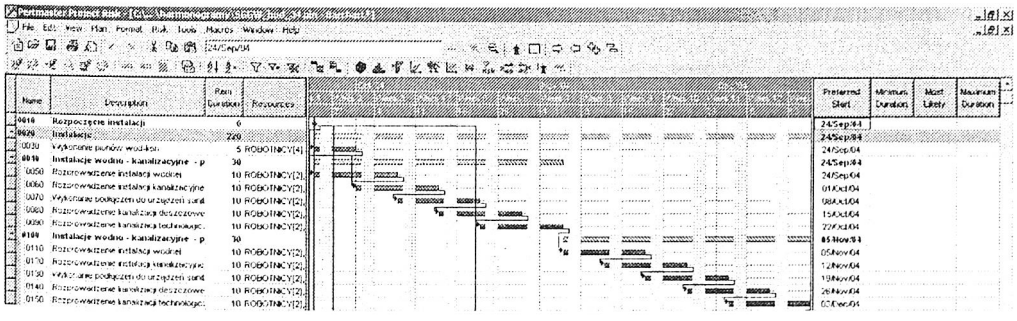
Program MS Project opracowany przez Microsoft Corporation jest narzędziem służącym do zarządzania zarówno małymi jak i dużymi projektami. Pozwala on na tworzenie harmonogramów oraz śledzenie postępu kolejnych czynności, umożliwiając kierowanie i nadzorowanie realizacji całego projektu. Duża liczba widoków umożliwia wybór odpowiedniej perspektywy, z jakiej można spojrzeć na przedsięwzięcie w celu śledzenia w dowolnym czasie przebiegu jej realizacji [4]. W programie nie ma narzędzia do analizy ryzyka, jednakże istnieją już na rynku nakładki umożliwiające traktowanie danych w sposób probabilistyczny.

Pertmaster Project Risk opracowany przez firmę Pertmaster Ltd. łączy funkcje programu do planowania i kontroli przedsięwzięć z zaletami arkusza kalkulacyjnego oraz programu do modelowania i symulacji ryzyka w oparciu o generator metody



Rys. 1. Okno główne programu MS Project 2003
Fig. 1. View of window MS Project 2003 program

Monte Carlo. Przeznaczony jest podobnie jak poprzednik do pracy w środowisku Microsoft Windows. Umożliwia on obliczenia zapotrzebowania czasowego i ilościowego na materiały oraz generowanie odpowiednich raportów. Pertmaster jest systemem bardzo elastycznym, pozwala tworzyć wielopoziomowe zadania zbiorcze i hamakowe (m. in. typu „just-in-time", samodopasowujące). Pozwala on także tworzyć zasoby hierarchiczne, które można przydzielać do zadań grupowo (np. brygady pracowników wraz z niezbędnym sprzętem) lub osobno.



Rys. 2. Okno główne programu Pertmaster Project Risk 7.6
Fig. 2. View of window Pertmaster Project Risk 7.6 program

Program Pertmaster Project Risk aktualnie występuje tylko w oryginalnej, angielskiej wersji językowej. Niemniej jednak w opisach tworzonych przez użytkownika w pełni akceptowane są polskie znaki. Natomiast MS Project dostępny jest w polskiej wersji.

W Pertmaster nie ma kreatora tworzenia projektu, jak to ma miejsce w MS Project. Opisane są jednak czynności prowadzące do stworzenia projektu, krok po kroku. Jest to wygodniejsze i pozwala na większą ingerencję użytkownika oraz bardziej przemyślane

postępowanie. Czasem, w programie MS Project kreator staje się uciążliwy, nie pozwalając na dobre poznanie programu.

W trakcie definiowania dostępności zasobów w programie MS Project, możemy wprowadzić zmienne w czasie dostępności zasobu (tzw. dostępności złożone [6]), gdzie dla tych samych zasobów w Pertmaster, dostępność definiowana jest jednym poziomie (prosta).

Po utworzeniu harmonogramu, na karcie informacji o zadaniu w programie Pertmaster widnieją wszystkie najważniejsze informacje, takie jak daty, używane zasoby, zadania poprzedzające i następujące oraz powiązaniach między nimi. Informacji takiej brakuje w MS Project, widnieje tylko informacja o zadaniach poprzedzających.

Istotną wadą programu MS Project jest brak możliwości wielokrotnego cofania. Pertmaster uwzględnia tę opcję. W niektórych przypadkach, podczas cofania edycji dokumentu, przywracanych jest kilka operacji.

W MS Project prawie na każdym kroku możemy się spotkać z opcją Project Server – przeznaczoną do współpracy zespołowej. Dzięki tej funkcji istnieje możliwość współpracy w sieci i wymiany informacji na bieżąco. O ile w programie MS Project zastosowanie tej funkcji jest nam proponowane zbyt często, o tyle w Pertmaster wybieramy ją tylko i wyłącznie na własną prośbę, mając tego pełną świadomość.

Biorąc pod uwagę współpracę z innymi programami, MS Project ma ograniczoną możliwość zapisu utworzonych projektów do plików zgodnych z programami z rodziny Microsoft Office tylko do formatów Access, Excel, MS Project 98 i wybranych formatów tekstowych oraz jako stron sieci WEB. Atutem tego programu jest możliwość importu danych z plików Excel, co może znacznie przyspieszyć pracę. Pertmaster jest kompatybilny nie tylko z MS Project, ale także wszystkimi innymi programami korzystającymi z formatu pliku MPX 4.0 Plan [8].

Program Pertmaster został również znacznie lepiej przygotowany do kwestii wydruku. W trakcie współpracy z ploterem, w programie MS Project, pojawiały się komplikacje z ustawieniem formatu kartki, obszaru drukowania oraz niezgodności podglądu wydruku z samym wydrukiem. W Pertmaster nie stwierdzono z tym problemów [1].

3. WYMIANA DANYCH MIĘDZY PROGRAMAMI

3.1. CHARAKTERYSTYKA TWORZONYCH HARMONOGRAMÓW, PORÓWNANIE WYNIKÓW CZASU I ZASOBÓW PRZY OGRANICZONYCH ŚRODKACH

W celu porównania programów Pertmaster Project Risk oraz MS Project jako narzędzi do zarządzania przedsięwzięciami, przeprowadzono analizę jedynie części harmonogramu dotyczącej instalacji sanitarnych i elektrycznych ze wspomnianej wcześniej budowy, który uzupełniono o dodatkowe informacje: czynności, zasoby oraz powiązania. Termin rozpoczęcia prac ustalono w obu przypadkach na 24.09.2004 r. Planowa-

nym termin zakończenia prac był 08.06.2005r. Harmonogram zbudowany był ze 136 zadań, połączonych między sobą głównie powiązaniami typu FS (Finish to Start) oraz FS-5 (tj. z wcześniejszym rozpoczęciem zadań następujących). Wprowadzone również zostały powiązania typu SS (Start to Start). Do każdego z zadań przypisano odpowiednie zasoby. Harmonogram został wprowadzony oddzielnie do obu programów.

Po odrębnym wprowadzeniu wszystkich informacji niezbędnych do utworzenia projektu w obu programach, zauważono jedną różnicę – była to data punktu kontrolnego zdefiniowanego na końcu przedsięwzięcia. Program MS Project jako termin zakończenia projektu podał 7.06.2005 r., natomiast program Pertmaster podał termin późniejszy o 1 dzień. Różnica ta wynikała z odmiennego identyfikowania punktu kontrolnego.

W analizowanym harmonogramie, zarówno w programie MS Project jak i Pertmaster zmniejszono wstępną dostępność zasoby Robotnicy z 14 do 11 osób. W obu przypadkach czas realizacji inwestycji został wydłużony. W każdym z programów była to inna ilość dni. Zakończenie całego projektu w programie MS Project zostało opóźnione o 23, natomiast w Pertmaster aż o 83 dni.

Różnica w analizie zasobów wynika prawdopodobnie z zastosowania odmiennego algorytmu, wykorzystywanego do planowania realizacji kolejnych czynności. Program Pertmaster zlikwidował przekroczenie dostępności zasobu, przesuwając całą grupę zadań na termin późniejszy. MS Project przesuwał kolejno każde zadanie, w którym wystąpiło przekroczenie dostępnych środków. Można zadać pytanie, które rozwiązanie jest lepsze? Czy łatwiej jest przesuwać kolejne zadania następujące po sobie i kontrolować terminy przesunięcia, czy też pozwolić, na wstrzymanie pracy całej grupy zadań? Ponieważ, każdy projekt wymaga unikalnego podejścia do problemu, jednoznaczna odpowiedź nie jest możliwa, a wybór odpowiedniego rozwiązania należy do użytkownika. Powyższa analiza została przeprowadzona przy pomocy narzędzi automatycznych. Należy pamiętać, że zawsze istnieje możliwość wprowadzenia zmian w opcjach analiz, które mogą dostosować jej przebieg do indywidualnych potrzeb przedsięwzięcia.

3.2. ANALIZA PROJEKTU UTWORZONEGO W PROGRAMIE MS PROJECT I OTWARTEGO W PROGRAMIE PERTMASTER

Po utworzeniu projektu w MS Project 2003, jego wyniki zostały zapisane w pliku z rozszerzeniem *.mpp. Tak utworzony plik, po wykonaniu kolejnych kroków konfiguracji importu został poprawnie zaimportowany i otworzony w programie Pertmaster.

Dokładna analiza wykazała, że zaimportowane zadania są w poprawnej kolejności, posiadają te same powiązania oraz taki sam czas trwania, co w oryginalnym projekcie. Obydwa programy bez najmniejszych kłopotów wymieniają się informacjami dotyczącymi kalendarzy projektu. Po przeanalizowaniu terminów stwierdzono, że zarówno termin rozpoczęcia projektu, jak i terminy poszczególnych zadań nie

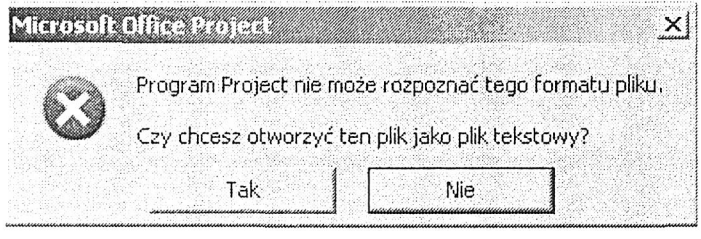
odbiegają od pierwotnych wartości z oryginalnego pliku programu MS Project oraz Pertmaster. Dodatkowo potwierdza to prawidłowość wykonanego importu i wprowadzonych danych.

Niewielkie problemy pojawiły się podczas importu zasobów. Opis zasobów został prawidłowo rozpoznany, ale nazwy zasobów już nie. W miejscu, gdzie powinna się znajdować nazwa zasobu, znajduje się wartość liczbowa, która nie jest związana z danym zasobem. Ilość dostępnego zasobu została prawidłowo rozpoznana. Większe rozbieżności nastąpiły w przydzielaniu zasobów do zadań, gdzie program przypisał, co prawda prawidłowe zasoby, z mało mówiącą nazwą w postaci liczbowej, ale czasami nieprawidłowo przypisał ich ilości, co mogłoby znacząco wpłynąć na dalsze obliczenia. W programie Pertmaster nie ma możliwości wprowadzenia zasobów ze złożoną dostępnością. Tak zdefiniowane zasoby w programie MS Project nie są importowane do programu Pertmaster, który odczytuje listę zasobów, jednak w przypadku takiego zasobu przyjmuje jego największą dostępność za stałą i wykorzystuje ją do obliczeń. Można stwierdzić, że Pertmaster dokonał prawidłowego importu danych, szczególnie w zakresie analizy czasu. Jednak, nieliczne rozbieżności, które wystąpiły w danych do analizy zasobów, mogą mieć znaczący wpływ na wynik ich analizy. Zmusza to użytkownika, do sprawdzenia wyników całego importu. Użytkownik, który wie, jakich błędów należy szukać, może je w krótkim czasie i w prosty sposób poprawić.

3.3 ANALIZA PROJEKTU UTWORZONEGO W PROGRAMIE PERTMASTER I OTWARTEGO W PROGRAMIE MS PROJECT

Po utworzeniu projektu w programie Pertmaster dokonano próby jego importu przez MS Project. Niestety ze względu na nieznany format pliku, nie udało się uzyskać pozytywnego wyniku, nawet podczas próby jego otwarcia jako pliku tekstowego.

Obecnie MS Project, nie współpracuje z programem Pertmaster w żadnej z dostępnych wersji.



Rys. 3. Widok okna błędu programu MS Project 2003
Fig. 3. View of window error MS Project program

3.4. ANALIZA PROJEKTU UTWORZONEGO W PERTMASTER, ZAPISANEGO W FORMACIE PLIKU *.MPP ZGODNEGO Z MS PROJECT I OTWARTEGO W MS PROJECT

Tym razem dokonano próby importu projektu utworzonego w programie Pertmaster, ale dodatkowo zapisanego w formacie *.mpp, z założenia zgodnego z MS Project. Jednak i tym razem nie udało się dokonać prawidłowego importu danych. Powstało zbyt wiele znaczących błędów, których bez ręcznej ingerencji użytkownika, nie udało się naprawić. Mija się to z celowością wykonywanej operacji importu danych.

Widać znaczące rozbieżności w informacjach zawartych w projekcie. Zgodny z oryginałem pozostał jedynie termin rozpoczęcia inwestycji, nazwy i czasy trwania poszczególnych zadań, jednak terminy rozpoczęcia wszystkich zadań zostały sprowadzone do terminu rozpoczęcia inwestycji, gubiąc powiązania między sobą. Również zasoby nie zostały zaimportowane prawidłowo, ponieważ źle został rozpoznany ich typ. Wszystkie zasoby zostały automatycznie zapisane jako Praca, co znacząco wpływa na przydzielanie ich do zadań i może mieć znaczący wpływ na czas trwania czynności, w zależności od ustawień programu. Dodatkowo każdy zasób miał zdefiniowany brak dostępności [1].

3.5. ANALIZA PROJEKTU UTWORZONEGO W PROGRAMIE PERTMASTER ZAPISANEGO W FORMACIE PLIKU MPX 4 ZGODNEGO ZE STANDARDEM MS PROJECT I OTWARTEGO W MS PROJECT

Ostatnią próbę importu projektu utworzonego w programie Pertmaster zdecydowano się przeprowadzić wykorzystując format pliku MPX 4, będący uniwersalnym formatem odczytywanym przez większość programów do planowania [8]. Informacje zawarte w projekcie po przeprowadzonym imporcie, są bardzo podobne do tych, jakie uzyskano dokonując zapisu projektu w programie Pertmaster do formatu pliku *.mpp. Prawidłowo zostały zaimportowane nazwy zadań podzielone w grupy z prawidłowo przypisanymi zasobami. Niestety, w tym przypadku błędnie zostały odczytane informacje o czasie trwania poszczególnych zadań. Brak informacji o powiązaniach pomiędzy zadaniami powoduje, że wszystkie czynności zostały sprowadzone do jednego terminu rozpoczęcia. Również informacje o zasobach są niepełne. Całość informacji uzyskanych z tego importu wydaje się być niewystarczająca do dalszej pracy nad tym projektem.

4. PODSUMOWANIE

Autorzy porównali oprogramowanie pomocne do planowania i monitorowania realizacji przedsięwzięć inżynierskich – MS Project 2003 i Pertmaster Project Risk 7.6. Każdy użytkownik będzie oczekiwał nieco odmiennych funkcji programu w zależności od

potrzeb i wymagań projektu. Przedstawione porównania wynikające z doświadczenia nabytego podczas wymiany danych między tymi dwoma programami, pokazały ich ograniczone możliwości wzajemnej współpracy. Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że użytkownicy programu MS Project powinni liczyć się z dużymi utrudnieniami w imporcie danych utworzonych w programie Pertmaster.

W przypadku przenoszenia informacji pomiędzy dowolnymi programami, użytkownik powinien po zakończonym procesie zawsze zweryfikować poprawność importu danych. Minimalny zakres kontroli powinien objąć: łączną liczbę zadań, kalendarz przedsięwzięcia, terminy i czas trwania inwestycji ustalonej w analizie czasu oraz przebieg ścieżki krytycznej. Informacje te, niezależnie od użytego programu powinny być zawsze identyczne. W przypadku analizy zasobów należy sprawdzić: liczbę i nazwy środków, sumaryczne zapotrzebowanie na każdy zasób, indywidualne kalendarze poszczególnych zasobów oraz zadeklarowane poziomy dostępności, szczególnie w przypadku użycia dostępności złożonej.

LITERATURA

[1] BOGUSZ W., *Zastosowanie programów komputerowych Microsoft Project i Pertmaster do budowy harmonogramów obiektów inżynierskich*, maszynopis pracy magisterskiej SGGW, Warszawa 2004.

[2] DROZD K., SURMACZ T., *Narzędzia informatyczne w liniowym i nieliniowym zarządzaniu projektami – MS Project i MindManager* Uniwersytet Rzeszowski, Pracownia Informatyki Gospodarczej.

[3] JAWORSKI K., *Metodologia projektowania realizacji budowy*, PWN, Warszawa 1999.

[4] MARMEL E., *MS Project 2003. Biblia*, Wyd. Helion, Gliwice 2001.

[5] MINGUS N., *Zarządzanie projektami*, Wyd. OnePress, 2002.

[6] POŁOŃSKI M., *Harmonogramy sieciowe w robotach inżynierskich*, Wyd. SGGW, Warszawa 2001.

[7] WIATR T., Materiały informacyjne o programie Pertmaster, opracowane na potrzeby firmy Perfor.

[8] http://filext.com/

THE ANALYSIS OF THE DATA EXCHANGE POSSIBILITY BETWEEN THE MS PROJECT AND THE PERTMASTER PROGRAMMS

The main task of the project management is to achieve the appointed aim in the definite time and with precise resources. In order to do so, more and more essential becomes to choose of a proper software which would improve both the process of planning as well as implementation of investments. This article might be useful while choosing an instrument that could enable an easier cooperation with other programs. Executed analysis indicated limited possibility of transferring data between the MS Project and the Pertmaster programs.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

wyroby budowlane, system zakładowej kontroli produkcji, ocena zgodności, jakość wyrobów

Joanna DESZCZ*

ZAKŁADOWA KONTROLA PRODUKCJI W SYSTEMIE OCENY ZGODNOŚCI WYROBÓW BUDOWLANYCH

Referat przedstawia wymagania, cele i zasady tworzenia systemów Zakładowej Kontroli Produkcji w przedsiębiorstwach wytwarzających wyroby budowlane. W oparciu o uregulowania zawarte w dyrektywie 89/106/EWG, wprowadzające ją przepisy prawne, normy oraz teoretyczne podstawy zarządzania jakością sformułowane zostały cele i funkcje, jakie system ZKP powinien spełniać oraz określony jego zakres. Równocześnie przedstawiony został algorytm tworzenia systemu, począwszy od analizy procesu produkcji w celu identyfikacji zagrożeń jakości wyrobu, po etap weryfikacji skuteczności wdrożenia ZKP. Wskazano również na ewentualne przyczyny nieprawidłowego funkcjonowania systemów ZKP w praktyce.

1. WPROWADZENIE

Aktualne wymagania prawne, dotyczące zasad wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych, nakładają na producenta obowiązek deklarowania zgodności wyrobu i oznakowania go znakiem CE (zgodności ze zharmonizowaną normą lub europejską aprobatą techniczną) lub znakiem budowlanym B (zgodności z Polską Normą lub aprobatą techniczną). Producent czyni to na własną odpowiedzialność, dokonując oceny zgodności z zastosowaniem systemu oceny właściwego dla danego rodzaju wyrobu. „Właściwy system" to taki, jaki:

- w przypadku znakowania wyrobu znakiem CE – wskazany jest w zharmonizowanej normie lub europejskiej aprobacie technicznej, (z uwzględnieniem uregulowań rozdziału 2 rozporządzenia Min. Infrastruktury z 11.08.2004 dot. *systemów oceny zgodności .....oraz sposobu oznaczania wyrobów budowlanych znakiem CE*);

* Politechnika Śląska w Gliwicach, ul. Akademicka 5

- w przypadku znakowania wyrobu znakiem budowlanym B – wskazany jest dla danego rodzaju wyrobu w załączniku nr 1 do rozporządzenia Min. Infrastruktury z dn. 11. 08.04 *ws. deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym.*

Niezależnie od stosowanego systemu oceny zgodności producent zobowiązany jest do utrzymywania **zakładowej kontroli produkcji (ZKP)** z tym, że

- przy stosowaniu systemów {1+},{1}, i {2+} ZKP poddawana jest wstępnej inspekcji oraz ciągłemu nadzorowi, ocenie i akceptacji przez jednostkę **notyfikowaną** (przy znakowaniu CE) lub **akredytowaną** (przy znakowaniu B). Ponadto w systemie {2+} ZKP **podlega certyfikacji** przez notyfikowaną lub akredytowaną jednostkę;
- przy stosowaniu systemu {2} ZKP podlega certyfikacji na podstawie wstępnej inspekcji dokonywanej przez odpowiednią jednostkę;
- przy stosowaniu systemów {3} lub {4} ZKP nie wymaga uznania przez jednostkę zewnętrzną.

We wszystkich przypadkach należy jednak uwzględnić możliwość kontroli ZKP przez organy nadzoru budowlanego, zgodnie z ustawą z dn. 16.04.04 *o wyrobach budowlanych*. Przedmiot kontroli to, między innymi, „informacje o ZKP", których organ kontrolujący może zażądać od producenta. Oznacza to konieczność gromadzenia dokumentów i zapisów z funkcjonowania ZKP nawet w tych przypadkach, gdy ZKP nie podlega uznaniu przez jednostkę notyfikowaną lub akredytowaną (systemy {3} i {4}).

Wynika stąd, że bez względu na rodzaj produkowanych wyrobów, a tym samym rodzaj systemu oceny zgodności do stosowania którego producent jest zobowiązany, konieczne jest wdrożenie i utrzymywanie skutecznego systemu ZKP. Zasady funkcjonowania ZKP powinny być sformalizowane (procedury, instrukcje, plany badań itp.), a stosowanie tych zasad w codziennej praktyce odpowiednio dokumentowane.

Przedstawione wymagania prawne wprowadzone zostały w 2004 roku. Nadal jednak w wielu małych i średnich firmach produkujących wyroby budowlane nie funkcjonują systemy ZKP. Wśród przyczyn takiego stanu rzeczy wymienić należy brak wytycznych tworzenia i utrzymywania systemu ZKP, precyzujących konkretne i wystarczająco szczegółowe wymagania, jakie system ten powinien spełniać. Równocześnie w poszczególnych normach PN-EN dotyczących wyrobów znaleźć można uregulowania odnoszące się do ZKP, niespójne pojęciowo i logicznie z przepisami prawa i aktualnym poziomem wiedzy w dziedzinie zarządzania jakością. W tej sytuacji konieczne wydaje się jednoznaczne określenie celów i zakresu uregulowań tworzących system ZKP oraz wskazanie podstawowych zasad wdrażania takiego systemu w przedsiębiorstwie.

2. CELE I FUNKCJE SYSTEMU ZAKŁADOWEJ KONTROLI PRODUKCJI

Pojęcie ***Zakładowa kontrola produkcji*** – zdefiniowane zostało w dyrektywie 89/106/EWG, a definicja ta przeniesiona do rozporządzeń Min. Infrastruktury z 11.08.04 dot. oceny zgodności wyrobów budowlanych. Brzmi ona następująco:

„Stała wewnętrzna kontrola produkcji prowadzona przez producenta, której wszystkie elementy, wymagania i postanowienia przyjęte przez producenta powinny być w sposób systematyczny dokumentowane poprzez zapisywanie zasad i procedur postępowania; system dokumentowania kontroli powinien gwarantować jednolitą interpretację zapewnienia jakości i umożliwić osiągnięcie wymaganych cech wyrobu oraz efektywności* działania systemu kontroli produkcji".

Z istoty uregulowań zawartych w dyrektywie i wprowadzających ją przepisach prawnych dotyczących wyrobów budowlanych, wynikają następujące cele systemu zakładowej kontroli produkcji:

- zapewnienie, że produkowany wyrób ma właściwości zgodne z określonymi wymaganiami

oraz, że

- wyroby w każdej produkowanej partii będą miały właściwości (parametry) zgodne z deklaracją producenta.

Tak sformułowane, podstawowe cele ZKP wskazują jednoznacznie, że system ten powinien zapewniać powtarzalną jakość wyrobu.

Oprócz realizacji wymienionych, zasadniczych celów ZKP należy również pamiętać, że system ten powinien funkcjonować tak, by w każdym momencie, na podstawie obiektywnych dowodów, możliwe było sprawdzenie i ocena jego skuteczności przez uprawnione (notyfikowane lub akredytowane) jednostki zewnętrzne, a także organy nadzoru budowlanego przeprowadzające kontrolę wyrobu. Wynika stąd potrzeba objęcia systemem ZKP informacji dotyczących wyrobu i procesu produkcji. Niezbędne jest ustalenie zakresu, zasad, formy i odpowiedzialności dotyczącej dokumentowania działań istotnych dla zapewnienia i oceny zgodności wyrobu oraz zasad gromadzenia, przechowywania i archiwizowania tych informacji. System ZKP powinien więc zapewniać:

- nadzorowanie informacji potrzebnych dla oceny zgodności wyrobu.

Istotną funkcją systemu ZKP jest również zapewnienie identyfikacji wyrobu na poszczególnych etapach jego wykonania, a przede wszystkim wyrobu gotowego tak, by możliwe było jednoznaczne przyporządkowanie mu wyników przeprowadzonych kontroli i badań. Wiąże się z tym potrzeba identyfikacji statusu zgodności – „wyrób przed kontrolą"; „wyrób zgodny z wymaganiami", „wyrób niezgodny" (np.: „do naprawy", „odpad produkcyjny" itp.). Funkcję tę można realizować w różny sposób – przez oznakowania wyrobu, miejsc składowania, opakowań, zapisy w dokumentach

---

* – błąd tłumaczenia – w istocie chodzi o skuteczność (effectiveness) a nie efektywność (efficiency)

załączonych do wyrobu. Funkcję ZKP związaną z identyfikacją wyrobu można określić jako:

- zapewnienie identyfikacji wyrobu i jego statusu.

3. STRUKTURA SYSTEMU ZKP

Na System Zakładowej Kontroli Produkcji składają się:

- procesy kontroli, pomiarów i badań potrzebne dla nadzorowania jakości wyrobu
- niezbędne do tego zasoby – aktualne i kompletne informacje, zasoby materialne, środki techniczne (w tym przyrządy do monitorowania i pomiarów o odpowiedniej zdolności pomiarowej), wyposażenie oraz pozostałe zasoby
- kompetencje pracowników – posiadających potrzebne kwalifikacje, umiejętności, (ewentualnie uprawnienia zawodowe), doświadczenie, świadomych zakresu powierzonych im zadań, odpowiedzialności i uprawnień
- procedury i instrukcje oraz inne uregulowania formalne (np. plany jakości wyrobów, szczegółowe plany kontroli i badań itp.), określające zasady postępowania, podział odpowiedzialności, zasady i formę dokumentowania decyzji, działań, wyników pomiarów, kontroli i badań. Wymienione uregulowania opisują działanie systemu ZKP i, wraz z dowodami stosowania ustalonych zasad w codziennej praktyce, stanowią (mogą stanowić) podstawę oceny skuteczności ZKP do celów akceptacji i, ewentualnie, certyfikacji.

4. TWORZENIE SYSTEMU ZKP W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Tworząc system ZKP należy określić poszczególne procesy związane z realizacją wyrobu, a następnie:

Krok 1 – Określić potencjalne przyczyny niezgodności wyrobu z ustalonymi wymaganiami (zagrożenia jakości) w poszczególnych procesach realizacji wyrobu i, ewentualnie, w procesach pomocniczych – począwszy od zakupów materiałów i surowców do produkcji, przez ich magazynowanie / składowanie, poprzez kolejne fazy wytwarzania, pakowania, magazynowania wyrobów gotowych, transportu do klienta itp. Identyfikacja zagrożeń powinna być przeprowadzona przez zespół pracowników znających procesy i problemy jakie pojawiają się (lub jakie mogą wystąpić) w ich przebiegu. Określając zagrożenia należy zwrócić uwagę na następujące ich potencjalne źródła: jakość materiałów i surowców używanych do produkcji, kwalifikacje i umiejętności pracowników, technologia (jako sposób wytwarzania, stosowane metody), stan stosowanych w produkcji maszyn, urządzeń, narzędzi itp., parametry środowiska wytwarzania i przechowywania wyrobu (a także materiałów i surowców) istot-

ne ze względu na jakość – np. temperatura, wilgotność, obecność zanieczyszczeń, dostępność i jakość informacji o wymaganiach, wynikach poprzednich operacji, zasadach wykonywania czynności itp.

Krok 2 – Ocenić istotność (ryzyko) każdego zidentyfikowanego zagrożenia, biorąc pod uwagę możliwe skutki. Wyznaczyć zagrożenia krytyczne tj, takie, które mogą spowodować niezgodność wyrobu z wymaganiami wynikającymi z właściwej specyfikacji (normy lub aprobaty) i równocześnie poziom prawdopodobieństwa ich wystąpienia jest na tyle wysoki, że nie można go pominąć.

Krok 3 – Dla zagrożeń uznanych za krytyczne i, ewentualnie, innych potencjalnych zagrożeń które producent wyznaczy, należy ustalić zakres kontroli, który pozwoliłby:

1 – wykryć wystąpienie takiej sytuacji w praktyce i, ewentualnie, wyeliminować istotne zagrożenie lub też zminimalizować jego negatywne skutki*,

2 – wykryć niezgodności dotyczące wyrobu (na poszczególnych etapach wytwarzania i/lub wyrobu gotowego i podjęcie odpowiednich działań (naprawy, odizolowania wyrobu niezgodnego i innych).

Krok 4 – Ustalić rozwiązania zapewniające:

- identyfikację wyrobu lub kolejnych partii (oznaczania bezpośrednio na wyrobie, opakowaniach lub pośrednio, poprzez dokumenty i zapisy)
- identyfikację statusu wyrobu (zgodny z wymaganiami, niezgodny, oczekujący na kontrolę jakości itp.).
- możliwość odtworzenia procesu produkcji danego wyrobu na podstawie oznaczeń, dokumentów, zapisów (tzw. „identyfikowalność") jeśli jest to potrzebne dla jednoznacznego i obiektywnego dowodu zgodności wyrobu, uznania wyników kontroli, a także w przypadku dochodzenia odpowiedzialności za niespełnienie wymagań i konieczności ustalenia przyczyny

Krok 5 – Opisać system zakładowej kontroli produkcji wraz z opracowaniem potrzebnych procedur i instrukcji (zakres uregulowań przedstawiono w pkt. 4).

Krok 6 – Wdrożyć do praktyki ustanowione zasady ZKP przez zapoznanie z nimi pracowników (w zakresie odpowiednim do wykonywanych przez nich zadań), zobowiązanie ich do przestrzegania ustalonych zasad i procedur postępowania, wyjaśnienie ewentualnych wątpliwości, zapewnienie dostępu do potrzebnych procedur instrukcji i innych dokumentów systemu ZKP na poszczególnych stanowiskach.

Krok 7 – Sprawdzić, czy ustalone zasady ZKP są stosowane w praktyce oraz czy system ZKP jest skuteczny w aspekcie określonych celów. Wprowadzić ewentualne zmiany i ponownie ocenić.

---

* Eliminowanie zagrożenia racjonalne jest tylko w takich przypadkach, gdy koszty z tym związane są niższe niż koszty identyfikacji i usuwania niezgodności spowodowanych tym zagrożeniem.

Przestrzeganie uregulowań ZKP w codziennej praktyce powinno być przedmiotem stałego nadzoru. Właściwe byłoby wykorzystanie auditów wewnętrznych jako narzędzia zarówno dla nadzorowania jak i doskonalenia skuteczności i efektywności ZKP.

5. ZAKRES UREGULOWAŃ SYSTEMOWYCH ZKP

Zakres uregulowań podstawowych powinien obejmować:

- Kontrolę odbiorczą dostaw materiałów i surowców do produkcji
- Kontrolę międzyoperacyjną i kontrolę wyrobu gotowego według ustalonego zakresu, z zastosowaniem odpowiednich metod kontroli i badań, zasad pobierania próbek – według „planu kontroli i badań"
- Monitorowanie i kontrolę procesu produkcji – parametrów procesu, parametrów środowiska wytwarzania wyrobu. Uregulowanie te są szczególnie istotne w przypadku, gdy technologia produkcji wyrobu obejmuje tzw. procesy specjalne tzn. takie, w których zgodność otrzymanego wyrobu nie może być sprawdzona łatwo lub sprawdzenie to pociągałoby za sobą bardzo wysokie koszty (jest ekonomicznie nieuzasadnione), a wady mogą ujawnić się dopiero w trakcie użytkowania wyrobu.
- Identyfikację i identyfikowalność wyrobu (w potrzebnym zakresie)
- Nadzór nad wyrobem niezgodnym
- Zabezpieczenie wyrobu – zasady postępowania związane z pakowaniem, transportem, magazynowaniem i wysyłką

Uregulowania dodatkowe, jakie powinny zostać wdrożone to:

- Nadzorowanie dokumentów – norm i przepisów prawnych, procedur i instrukcji oraz innych, istotnych informacji; zasady sporządzania, sprawdzania, zatwierdzania dokumentów wewnętrznych, wprowadzania zmian, przechowywania i obiegu.
- Nadzorowanie zapisów – określenie wzorów zapisów z przebiegu procesów, takich jak: plany i wyniki kontroli i badań, ewidencje, protokoły przeglądów i sprawdzeń itp.; ustalenie związanej z tym odpowiedzialności, miejsca i czasu przechowywania zapisów, obiegu informacji.
- Nadzorowanie przyrządów kontrolno-pomiarowych – dobór odpowiedniego wyposażenia, wykaz przyrządów, oznaczanie, odpowiedzialność, harmonogram wzorcowania i, ewentualnie, legalizacji.

6. ZAGROŻENIA SPRAWNEGO FUNKCJONOWANIA SYSTEMU ZKP

Zagrożenia skutecznego i efektywnego funkcjonowania systemu ZKP w przedsiębiorstwie można podzielić na:

- zagrożenia związane z ustalaniem zasad i wdrażaniem systemu ZKP do praktyki,
- zagrożenia wynikające z uwarunkowań wewnętrznych w przedsiębiorstwie – zarządzania, stanu zasobów – kompetencji kadry kierowniczej, technicznej, pozostałych pracowników i motywacji, stanu środków produkcji, narzędzi, wyposażenia itp.

Najczęściej zauważane nieprawidłowości w funkcjonowaniu systemów jakości wynikają z:

- braku precyzyjnego, jednoznacznego podziału odpowiedzialności i uprawnień związanych z zapewnieniem jakości wyrobu,
- podległości służbowej pracowników przeprowadzających kontrole, pomiary i badania osobie odpowiedzialnej za realizację planu produkcji (brak niezależności) lub z niewystarczającego zakresu uprawnień tych osób,
- nieodpowiedniego stanu i struktury zasobów – środków produkcji, przyrządów kontrolno-pomiarowych,
- niewystarczających kwalifikacji, wiedzy, umiejętności i doświadczenia pracowników, braku możliwości ich podniesienia oraz słabej motywacji,
- braku zaangażowania kierownictwa w procesie tworzenia systemu, jego utrzymywania i usprawniania.

7. PODSUMOWANIE

Dobrze zorganizowana zakładowa kontrola produkcji (ZKP) to w istocie system jakości, który powinien zapewniać zgodność cech wyrobu z wymaganiami określonymi w dokumencie odniesienia (normie lub aprobacie technicznej) i deklarowanymi przez producenta parametrami. Jest to równoznaczne z zapewnieniem powtarzalnej jakości wyrobu. Skuteczność systemu ZKP podlega ocenie uprawnionych jednostek zewnętrznych, stosownie do uregulowań prawnych dotyczących systemu oceny zgodności wyrobu mającego zastosowanie w danym przypadku i jest warunkiem koniecznym legalnego wprowadzania wyrobów budowlanych do obrotu i stosowania. Punktem wyjścia w procesie tworzenia systemu ZKP w przedsiębiorstwie powinna być szczegółowa analiza zagrożeń jakości wyrobu. Zakres uregulowań systemowych powinien być odpowiedni do podstawowych celów ZKP a równocześnie zapewnić pełną identyfikację wyrobu i jego statusu oraz wiarygodność dowodów w ocenie zgodności. Wdrożony system ZKP powinien być nadzorowany, tak aby jego funkcjonowanie było skuteczne oraz stale doskonalony, by przyczyniał się do wzrostu efektywności przedsiębiorstwa.

LITERATURA

[1] DESZCZ J., *Uwarunkowania sprawnego zarządzania jakością w przedsiębiorstwie budowlanym.* Rozprawa doktorska, Politechnika Śląska w Gliwicach, 2004.
[2] Dyrektywa Rady nr 89/106/EWG z dn. 21.12.1988 r.
[3] Norma PN-EN-ISO 9000 - Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia, Warszawa, PKN, 2001.
[4] Norma PN-EN-ISO 9001- Systemy zarządzania jakością. Wymagania, Warszawa, PKN, 2001.
[5] Rozporządzenie Min. Infrastruktury z dn. 11.08.2004 w sprawie systemów oceny zgodności, wymagań, jakie powinny spełniać notyfikowane jednostki uczestniczące w ocenie zgodności, oraz sposobu oznaczania wyrobów budowlanych oznakowaniem CE.
[6] Rozporządzenie Min. Infrastruktury z dn. 11.08.2004 w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym.
[7] Ustawa z dn. 30.08.2002 o systemie oceny zgodności.
[8] Ustawa z dn. 7.07.1994 Prawo budowlane.
[9] Ustawa z dn. 16.04.2004 o wyrobach budowlanych.

FACTORY PRODUCTION CONTROL IN CONFORMITY EVALUATING SYSTEM

In the paper are presented requirements, goals and principles of formation of Factory Production Control (FPC) in enterprises producing building goods. Basing on regulations included in the Directive 89/106/EWG, legal regulations implementing it, standards and on grounds of theory of quality management the author formulates goals and functions that should be met by FPC system and defines its scope. The author presents also the algorithm of system elaboration, beginning from the analysis of manufacturing process and ending in verification of effectiveness of FPC system implementation. The author determines also causes of improper functioning of FPC systems in practice.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

sieci neuronowe, roboty ziemne,
system masowej obsługi, wydajność,

Bożena HOŁA*
Krzysztof SCHABOWICZ*

ZASTOSOWANIE SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH DO PREDYKCJI WYDAJNOŚCI UKŁADÓW MASZYN DO ROBÓT ZIEMNYCH

W artykule przedstawiono rezultaty zastosowania sztucznych sieci neuronowych do predykcji wydajności $W_{(N)}$, układów współpracujących maszyn do robót ziemnych składających się z c koparek i N środków transportowych. Dysponując zbiorem danych składającym się z parametrów technicznych układów maszyn do robót ziemnych oraz odpowiadającym tym parametrom wartościom wskaźników efektywności, otrzymanych dla różnych odległości wywozu urobku, można nauczyć sztuczne sieci neuronowe, a następnie wykorzystać je do wiarygodnego neuronowego predykowania wydajności $W_{(N)}$. Przedstawione w pracy rezultaty potwierdzają przydatność sztucznych sieci neuronowych, jednokierunkowych wielowarstwowych ze wsteczną propagacją błędów oraz algorytmem gradientów sprzężonych (WPB-CGB), do predykcji wydajności $W_{(N)}$.

1. WPROWADZENIE

Wiele procesów budowlanych realizowanych jest przy pomocy współpracujących ze sobą maszyn tworzących układy technologiczne. Przykładem takiego technologicznego układu może być zestaw maszyn do robót ziemnych składający się z koparek oraz środków transportowych. Osiągane w rzeczywistości wartości nakładów pracy niezbędnych do wykonania określonego zadania zależą między innymi od liczby i konfiguracji współpracujących maszyn, ich parametrów technicznych oraz wpływu otoczenia zewnętrznego na układ.

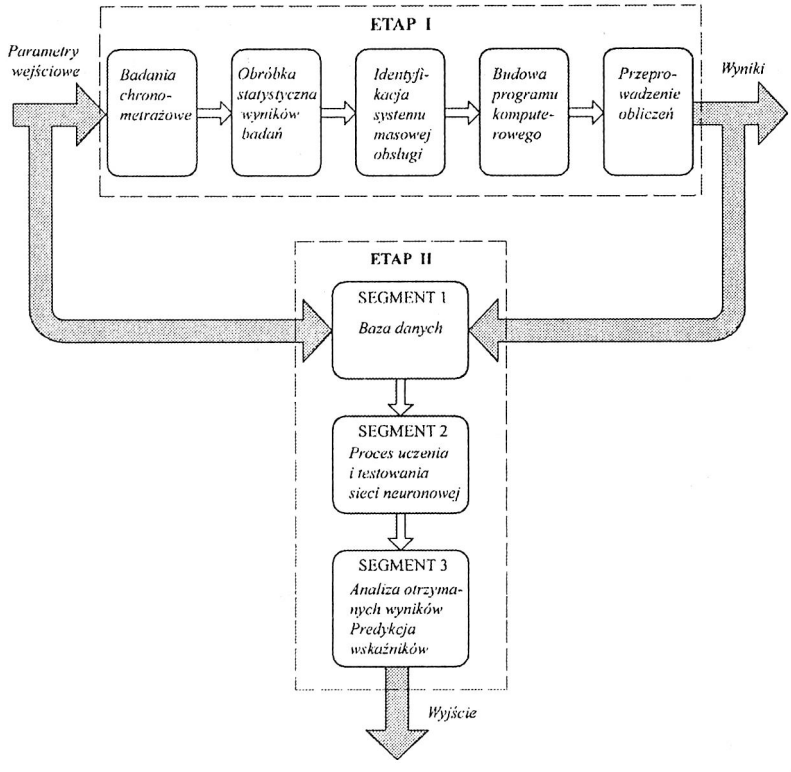
W pracy przedstawiono rezultaty zastosowania sztucznych sieci neuronowych (SSN) do predykcji wydajności $W_{(N)}$, układów współpracujących maszyn do robót ziemnych składających się z c koparek i N środków transportowych. Wartości tych

* Instytut Budownictwa, Politechnika Wrocławska

charakterystyk mogą stanowić bazę normową w projektowaniu organizacji robót ziemnych w budownictwie.

2. OPIS METODYKI BADAŃ I UCZENIA SIECI

W celu wykazania przydatności sztucznych sieci neuronowych do identyfikacji wydajności $W_{(N)}$, układów maszyn do robót ziemnych zastosowano metodykę badań przedstawioną w postaci schematu na rysunku 1. Jak wynika z tego rysunku przeprowadzone badania składały się z dwóch zasadniczych etapów.

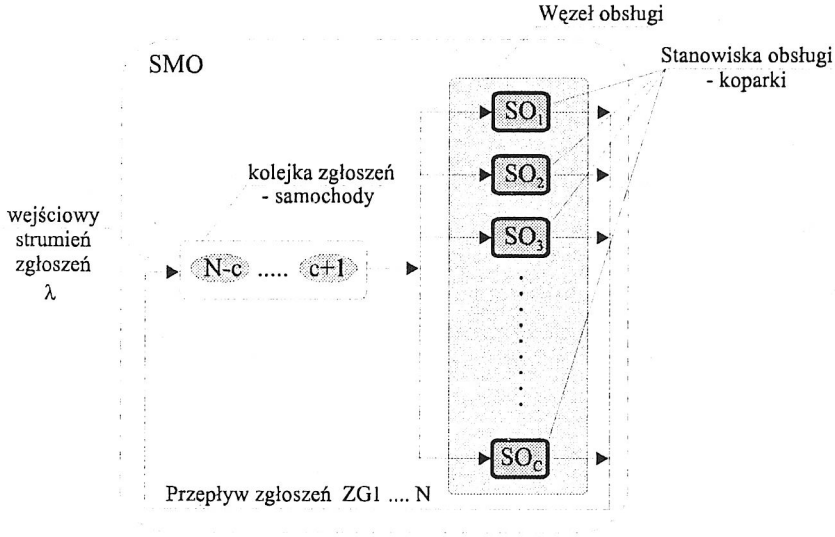


Rys. 1. Schemat ilustrujący metodykę badań
Fig. 1. Schema of research methodology

Etap I obejmował analizę układu współpracujących maszyn jako systemu masowej obsługi. Parametrami wejściowymi do tego etapu były: pojemność środka transportowego P_{jt}, pojemność łyżki koparki g_k, odległość wywozu urobku L, kategoria drogi K_d, liczba koparek c oraz liczba środków transportowych N pracujących w układzie. W ramach tego etapu wykonano: badania chronometrażowe czasów załadunku oraz

czasów cykli transportowych dla wybranych zestawów maszyn, obróbkę statystyczną wyników badań, identyfikację procesu jako systemu masowej obsługi, budowę symulatora komputerowego, obliczenia komputerowe, w wyniku których otrzymano wydajność systemu $W_{(N)}$.

Przyjęto model jednofazowego, wielokanałowego systemu masowej obsługi ze strumieniem zgłoszeń typu Poissona, wykładniczym rozkładem czasów trwania obsługi, zamkniętym obiegiem zgłoszeń oraz regulaminem kolejki FIFO [1, 2]. Schemat analizowanego systemu przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat analizowanego systemu masowej obsługi
Fig. 2. Diagram of mass service system considered

Dla potrzeb projektowania realizacji procesu istotna jest wydajność układu $W_{(N)}$, określona objętością urobku wywożonego w jednostce czasu. Wydajność układu przedstawionego na rysunku 2 zależy od współczynnika wykorzystania kanałów obsługi, który wyrażony jest zależnością:

$$WP_{(c)} = \frac{E_{(co)}}{c}, \tag{1}$$

gdzie:

c – liczba kanałów obsługi (koparek),

$E_{(co)}$ – średnia liczba wolnych maszyn głównych wyrażona wzorem:

$$E_{(co)} = \sum_{k=0}^{k=c-1} (c-k) * p_{(k)}, \tag{2}$$

Współczynnik przestoju kanału obsługi wyrażony jest zależnością:

$$WP_{(A)} = \sum_{k=0}^{k=c-1} p_{(k)} - \frac{1}{c} \sum_{k=0}^{k=c-1} k * p_{(k)} \tag{3}$$

Wydajność układu wyrażona jest zależnością:

$$W_{(N)} = c * \left(1 - WP_{(A)}\right) * \mu * P_{jt}, \tag{4}$$

gdzie:

μ – średnia intensywność obsługi,

P_{jt} – pojemność środka transportowego,

c – liczba kanałów obsługi (koparek),

$WP_{(A)}$ – współczynnik przestoju koparki.

Etap II obejmował budowę SSN, uczenie, testowanie oraz analizę otrzymanych wyników. W procesie nauczania sieci wykorzystano bazę danych, którą stanowiły parametry techniczne układów maszyn, dla których wykonano badania chronometrażowe oraz obliczone na ich podstawie z zależności (1), wartości wydajności $W_{(N)}$, uzyskane z programu komputerowego symulującego działanie jednofazowego, wielokanałowego systemu masowej obsługi. Bazę danych podzielono na trzy zestawy. Kryterium podziału była odległość wywozu urobku, która wynosiła: 1, 3 i 7 km. Zestawy danych zapisano w pliku komputerowym stanowiącym segment 1 etapu II, a następnie wprowadzono do segmentu 2, jako parametry wejściowe dla sieci neuronowych. Każdy zestaw danych podzielono na dwie części: na zbiór uczący i na zbiór testujący.

Segment 2 etapu II (rys. 1) to program komputerowy *MATLAB*, za pomocą którego dokonano symulacji sieciowych. Wybierano typ i projektowano sieć neuronową, dobierając doświadczalnie odpowiednią jej strukturę [3, 4]. Dane wyjściowe z segmentu 2 analizowano w segmencie 3 (rys. 1). Do segmentu tego podawano dwie pary danych wejściowych. Jedną stanowiły wartości pochodzące z segmentu 2, uzyskiwane za pomocą wyuczonej sieci neuronowej, drugą natomiast wartości pochodzące z programu symulującego działanie systemu masowej obsługi. W pierwszej kolejności podawano dane, na których uczyła się sieć i sprawdzano umiejętność odtwarzania wzorców, a następnie podawano dane testowe i sprawdzano poprawność identyfikacji. Na wyjściu tego segmentu otrzymywano identyfikowaną wydajność $W_{(N)}$.

W trakcie procesu uczenia, w celu uzyskania optymalnego wyniku, wyeliminowano niektóre parametry wejściowe. W wyniku tej analizy przyjęto ostatecznie do uczenia sieci neuronowych następujący wektor (2):

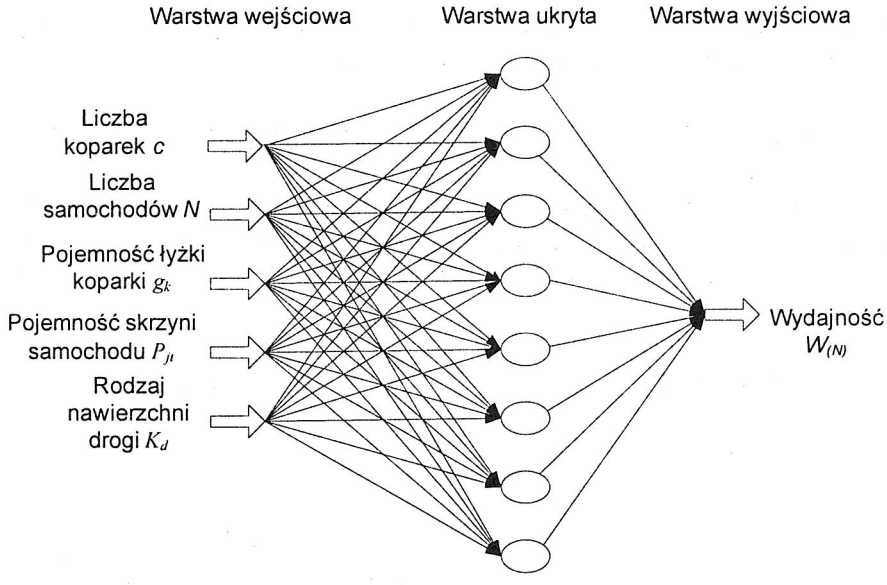
$$W_{(N)} = \{c, N, g_k, P_{jt}, K_d\}, \tag{2}$$

gdzie:

c – liczba koparek,

N – liczba samochodów,

g_k – pojemność łyżki koparki,
P_{jt} – pojemność skrzyni samochodu,
K_d – rodzaj nawierzchni drogi.



Rys. 3. Struktura zastosowanej sieci neuronowej jednokierunkowej wielowarstwowej ze wsteczną propagacją błędów, algorytmem gradientów sprzężonych (WPB-CGB)
Fig. 3. Structure of adopted unidirectional multilayer error back propagation network with conjugate gradient algorithm (WPB-CGB)

Tabela 1. Przykładowe wartości parametrów do predykowania: wydajności $W_{(N)}$
Table 1. Exemplary values of parameters for predicting: efficiency $W_{(N)}$

Lp.	Liczba koparek c [–]	Liczba sam. N [–]	Pojem. łyżki g_k [m^3]	Pojem. sam. P_{jit} [m^3]	Rodzaj nawierzchni drogi K_d [–]	Wydajność $W_{(N)}$ [m^3/h]
1	2	3	4	5	6	7
1	1	20	3,4	12	2	187,56
2	4	7	3,4	12	2	69,43
4	2	4	5,6	12	2	85,36
5	2	14	5,6	12	2	254,78
6	4	16	5,6	10	2	128,2
8	5	5	5,6	10	2	32,14

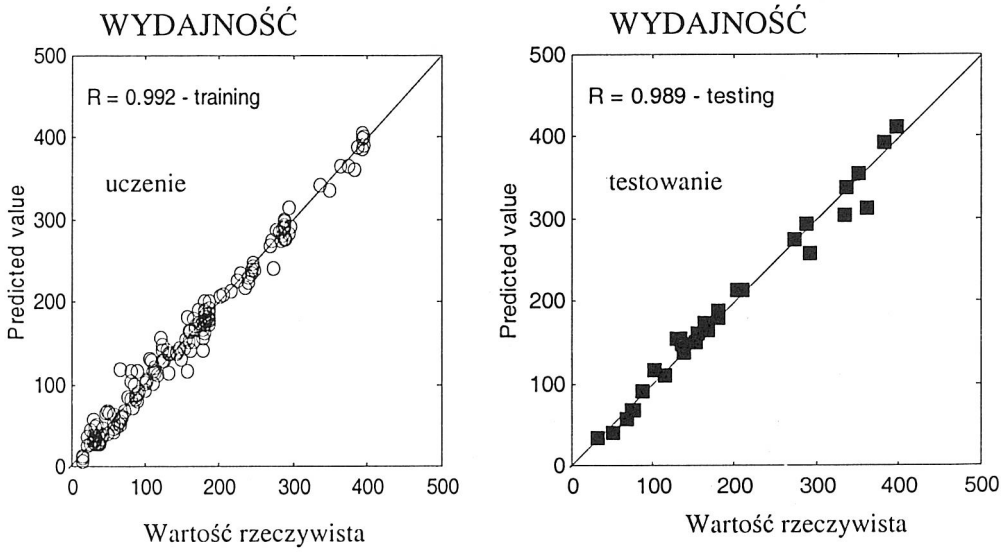
W procesie uczenia i testowania zbudowano sieć jednokierunkową wielowarstwową ze wsteczną propagacją błędów, algorytmem gradientów sprzężonych (WPB-

CGB) o strukturze podanej na rysunku 3 [3, 4]. Przyjęto nieliniową, sigmoidalną funkcję aktywacji.

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe wartości parametrów technicznych układów maszyn, dla których wykonano badania chronometrażowe oraz odpowiadające im wartości wskaźników efektywności otrzymanych z modelu symulującego współpracę maszyn, dla odległości wywozu urobku wynoszącej 3 km.

3. REZULTATY UCZENIA I TESTOWANIA SIECI I ICH ANALIZA

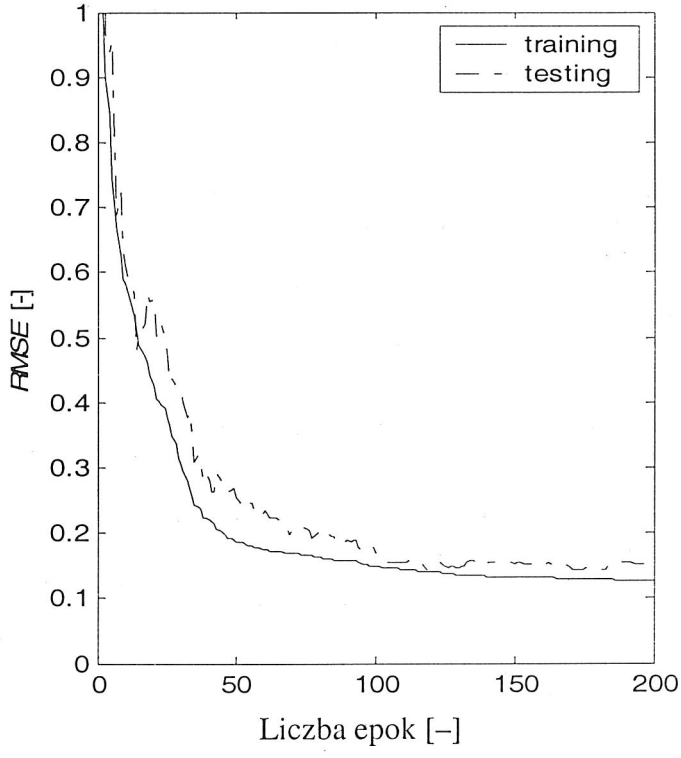
Na rysunku 4 zaprezentowano przykładowo jak przedstawia się zależność, między wartością uzyskaną z modelu symulującego pracę układu maszyn, a wartością predykowaną przez wykorzystaną sieć neuronową WPB-CGB, dla odległości wywozu urobku wynoszącej 3 km.



Rys. 4. Zależność między wartością uzyskaną z modelu symulującego pracę układu maszyn, a wartością predykowaną przez sieć neuronową (dla zbioru uczącego i testującego)
Fig. 4. Relation between value yielded by model simulating operation of machinery system and value predicted by neural network (for training and testing sets

Uzyskane wyniki potwierdzają, że sieć neuronowa WPB-CGB poprawnie odwzorowuje dane uczące i poprawnie identyfikuje dane testujące. Świadczy o tym „ułożenie" punktów blisko linii środkowej, odpowiadającej idealnemu odwzorowaniu, oraz to, że zarówno w przypadku uczenia, jak i testowania uzyskano bardzo wysokie wartości współczynnika korelacji R, podane na rysunku.

Na rysunku 5 pokazano, jak przedstawiają się wykresy błędów *RMSE* uczenia i testowania przyjętej sieci neuronowej, w funkcji liczby epok, dla wydajności $W_{(N)}$ oraz odległości wywozu urobku wynoszącej 3 km. Z rysunków tych wynika, że błąd *RMSE* bardzo szybko maleje wraz z rosnącą liczbą epok.



Rys. 5. Wykresy błędów *RMSE* (uczenia i testowania sieci neuronowej) w funkcji liczby epok dla wydajności $W_{(N)}$ oraz odległości wywozu urobku wynoszącej 3 km
Fig. 5. *RMSE* (for neural network training and testing) versus number of epochs for efficiency $W_{(N)}$ and output transport distance of 3 km

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione w pracy rezultaty potwierdzają przydatność sztucznych sieci neuronowych, jednokierunkowych wielowarstwowych ze wsteczną propagacją błędów oraz algorytmem gradientów sprzężonych (WPB-CGB), do predykacji wydajności $W_{(N)}$ układów współpracujących maszyn do robót ziemnych. Wykazane to zostało dla róż-

nych konfiguracji maszyn pracujących w układzie składającym się z c koparek i N środków transportowych oraz zmiennej odległości wywozu urobku wynoszącej 1, 3 i 7 km. O przydatności tej świadczą obliczone niskie wartości błędów *RMSE* uczenia i testowania sieci oraz wysokie wartości współczynnika korelacji R dla testowania sieci. Można na tej podstawie sformułować wniosek, że dysponując zbiorem danych składającym się z parametrów technicznych układów maszyn do robót ziemnych oraz odpowiadającym tym parametrom wartościom wskaźników efektywności, otrzymanych dla różnych odległości wywozu urobku, można nauczyć sztuczne sieci neuronowe, a następnie wykorzystać je do wiarygodnego neuronowego predykowania wydajności $W_{(N)}$.

LITERATURA

[1] HOŁA B., MROZOWICZ J., Modelowanie procesów budowlanych o charakterze losowym, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2003.
[2] FILIPOWICZ B., Modele stochastyczne w badaniach operacyjnych. WNT Warszawa 1996.
[3] HAYKIN S., *Neural networks a comprehensive foundation*. MacMillan Pub. Co., New York 1999.
[4] HOŁA J., SCHABOWICZ K., *Methodology of the neural identification of the strength of concrete*, ACI Materials Journal, 102 (6), 2005, 459–464.

APPLYING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN PREDICTING EFFECTIVENESS RATIO FOR EARTHMOVING MACHINERY SYSTEMS

This paper presents the results of applying artificial neural networks in predicting effectiveness ratio $W_{(N)}$ for earthmoving machinery systems consisting of c excavators and N means of transport. The values of the characteristics can form a standard basis for designing construction earthworks. Having a data set consisting of the technical parameters of earthmoving machinery systems and the corresponding effectiveness ratio obtained for different output transport distances one can train artificial neural networks and then use the latter for the reliable prediction of $W_{(N)}$. The results presented confirm the suitability of unidirectional multilayer error back propagation neural networks with a conjugate gradient algorithm (BPNN-CGB) for predicting such effectiveness ratios as efficiency $W_{(N)}$.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

montaż konstrukcji, analiza regresji,
korelacja cząstkowa i wieloraka,
model wieloczynnikowy

Leszek JANUSZ*
Oleg KAPLIŃSKI**

ANALIZA ZŁOŻONEGO PROCESU TECHNOLOGICZNEGO. STUDIUM PRZYPADKU

Poddano analizie złożony proces technologiczny, na który oddziałuje wiele czynników. Przykładem jest montaż konstrukcji podatnych z blach falistych, złożony z czterech procesów pierwotnych. Wyodrębniono czynniki pierwotne oraz wtórne (łącznie pięć grup) warunkujące pracochłonność montażu. Zastosowano modelowanie wieloczynnikowe, w tym analizę regresji oraz korelacji cząstkowej i wielorakiej. Wyniki potwierdziły dominujący wpływ masy konstrukcji na jej pracochłonność. Wpływ zmienności czynników pierwotnych i wtórnych na pracochłonność montażu oszacowano na podstawie wrażliwości pracochłonności na ich oddziaływanie. Na tej podstawie zbudowano wieloczynnikowy model do prognozowania pracochłonności i kosztów montażu konstrukcji z blach falistych. Weryfikacja poprawności funkcjonowania modelu została dokonana w oparciu o siedem działań sprawdzających.

1. PROCEDURA ANALIZY

Sam postęp techniczny, jak i rozwój mechanizacji i automatyzacji w budownictwie, a także wpływ różnego rodzaju czynników (zewnętrznych i wewnętrznych) zwiększa znaczenie i występowanie złożonych procesów produkcyjnych. Ich analiza wymaga tym samym specyficznego podejścia. Przydatnym narzędziem w tej analizie okazuje się być modelowanie wieloczynnikowe, które charakteryzuje się uwzględnianiem jednoczesnego oddziaływania wielu czynników na modelowany proces technologiczny. Jednakże warunkiem zastosowania wieloczynnikowego podejścia jest bardzo dobra znajomość analizowanego procesu budowlanego.

W proces modelowania wieloczynnikowego zauważyć możemy dość pracochłonną procedurę; wyróżnić możemy kilka faz. Autorzy proponują rozszerzenie tej procedury, sprowadzają działania do trzech faz.

* ViaCon-Polska, 64-130 Rydzyna, ul. Przemysłowa 6
** Politechnika Poznańska, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 5

Podstawą do modelowania są wyniki badań „in situ" obejmujące pomiary i rejestrację istotnych czynników związanych z danym procesem budowlanym. W oparciu o segregację wyników badań w podzbiory w myśl reguły izomorfizmu uzyskuje się zbiory danych, które z kolei stanowią podstawę do prowadzenia analiz statystycznych (regresje i korelacje cząstkowe i wielowymiarowe) i opisowych. W ramach wyodrębnianych zbiorów dokonywana jest analiza wrażliwości pod kątem wpływu zmienności czynników niezależnych na uzyskane wyniki badań. Na jej podstawie wnioskuje się o grupie czynników decydujących o danym procesie budowlanych. Kolejnym krokiem jest zapis modelu w formie matematycznej. Następnie dokonywane jest wielokrotne testowanie modelu na danych uzyskanych z badań. Końcowa faza modelowania wieloczynnikowego obejmuje weryfikację modelu pod kątem zgodności wyników z wynikami z badań oraz porównanie wyników modelu wieloczynnikowego z wynikami uzyskanymi z zastosowania metody sztucznych sieci neuronowych (SSN). Analizie poddane są błędy modelu oraz ich rozrzut na tle wspomnianych wyników i SSN. Testowanie modelu na grupie danych niezależnych (nie objętych badaniami, które posłużyły do budowy modelu) zamyka trzecią fazę modelowania wieloczynnikowego. W artykule przedstawiono procedurę stworzenia i praktycznego zastosowania wieloczynnikowego modelu prognozującego pracochłonność i koszty montażu konstrukcji z blach falistych, stosowanych w budownictwie drogo-mostowym i przemysłowym.

2. OPIS PROCESU TECHNOLOGICZNEGO: CZYNNIKI WARUNKUJĄCE REALIZACJĘ MONTAŻU KONSTRUKCJI Z BLACH FALISTYCH

Analizy złożonego procesu technologicznego dokonamy na przykładzie montażu konstrukcji z blach falistych. Montaż ten jest jednym z technologicznych procesów budowlanych występujących w trakcie budowy przepustów z blach falistych. Montaż konstrukcji z blach falistych jest najbardziej charakterystycznym elementem budowy przepustów podatnych, zasadniczo różniącym je od wykonawstwa innych rodzajów przepustów ([2] oraz [3]). Na proces montażu konstrukcji z blach falistych składają się cztery procesy pierwotne. Procesy pierwotne, odpowiadające procesom prostym [10], to połączone ze sobą sekwencje czynności, których całkowita realizacja skutkuje w zmontowaniu konstrukcji z blach falistych. Wyróżnić można następujące procesy pierwotne:

1. transport blach z miejsca składowania do miejsca wbudowania, tzw. transport wewnętrzny,
2. mocowanie blach w trakcie formowania korpusu konstrukcji,
3. wykonanie połączeń śrubowych, tzw. skręcanie konstrukcji,
4. dokręcanie śrub do uzyskania wymaganej wartości momentu dokręcenia będące końcowym elementem skręcania konstrukcji.

Zmiennymi niezależnymi, które reprezentują czynniki warunkujące pracochłonność montażu są czynniki pierwotne i wtórne, zestawione w tabeli 1. Czynniki zewnętrzne o charakterze wtórnym oddziałują na czynniki o charakterze pierwotnym. Czynniki pierwotne i wtórne wspólnie warunkują pracochłonność montażu.

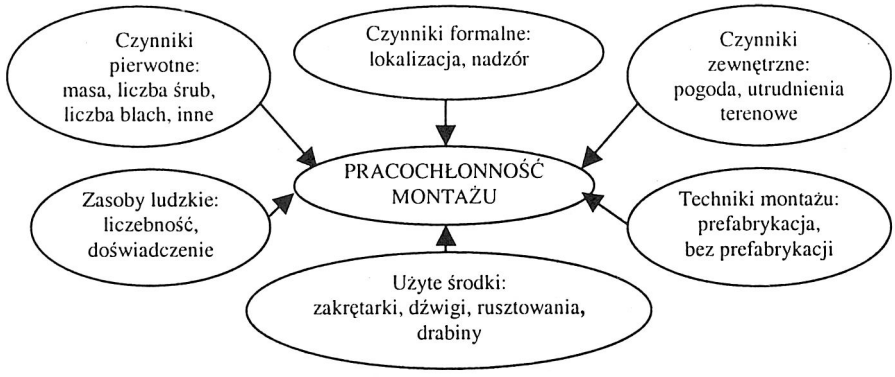
Tabela 1. Zestawienie niezależnych czynników warunkujących pracochłonność montażu
Table 1. The independent factors conditioning the labor consumption of the assembly

Grupa czynników	Charakter czynników	Rodzaj czynników
A. Parametry konstrukcji	pierwotny	1. Typ. 2. Wysokość. 3. Rozpiętość. 4. Kształt. 5. Obwód. 6. Długość konstrukcji liczona dołem i górą. 7. Sposób zakończenia konstrukcji. 8. Zabezpieczenie antykorozyjne. 9. Grubość blach. 10. Liczba blach w przekroju na 1 mb długości konstrukcji. 11. Liczba śrub w przekroju na 1mb długości konstrukcji. 12. Całkowita liczba blach. 13. Całkowita liczba śrub. 14. Średnia masa blach. 15. Masa konstrukcji. 16. Powierzchnia konstrukcji.
B. Brygada monterska	wtórny	1. Liczebność brygady monterskiej w kolejnych procesach. 2. Doświadczenie brygad.
C. Użyte zasoby i środki	wtórny	1. Liczba kluczy ręcznych, dynamometrycznych. 2. Liczba zakrętarek mechanicznych. 3. Liczba i rodzaj sprzętu mechanicznego do podawania blach: dźwigi, koparki, inne urządzenia. 4. Narzędzia i materiały pomocnicze: rusztowania, pręty montażowe. 5. Podajniki, drabiny, belki drewniane, ściągi.
D. Techniki montażu	wtórny	1. Sposób montażu (sekwencyjny, prefabrykacja). 2. Wielkość momentu dokręcenia śrub.
E. Warunki atmosferyczne, terenowe, inne	wtórny	1. Pogoda. 2. Temperatura powietrza w trakcie montażu. 3. Utrudnienia terenowe i inne utrudnienia (ruch samochodowy, kolejowy, błędy w montażu). 4. Obecność nadzoru, posiadanie instrukcji montażu, rozbieżności w dokumentacji wykonawczej.

Czynniki wtórne oddziałując na czynniki pierwotne doprowadzają do zmontowania konstrukcji z blach falistych. Należy zauważyć, że grupa E czynników wtórnych oddziałuje na proces montażu w inny sposób niż grupa B, C, D. Grupy B, C, D obejmują czynniki, które determinowane są przez brygadę monterską i mogą ulegać kontrolowanym zmianom, zależnym od wykonawcy robót.

Grupa E to czynniki zewnętrzne, które nie mogą być kontrolowane przez brygadę monterską. Ich wpływ może być istotny dla przebiegu procesu montażu.

Grupa A obejmująca czynniki pierwotne jest niezmienna w całym procesie montażu i stanowi obszar oddziaływania czynników zewnętrznych. Wieloczynnikowość oddziaływań na pracochłonność montażu została przedstawiona w formie graficznej na rys. 1.



Rys. 1. Graficzna interpretacja wieloczynnikowego oddziaływania na pracochłonność w procesie montażu konstrukcji z blach falistych
Fig. 1. The interpretation of the multifactorial influence on the labor consumption in the assembly process of the corrugated plates structures

3. BADANIA CHRONOMETRAŻOWE I ANALIZY STATYSTYCZNE: PIERWSZA FAZA MODELOWANIA WIELOCZYNNIKOWEGO

Punktem wyjścia do modelowania wieloczynnikowego były badania chronometrażowe przeprowadzone na ponad 160 przypadkach montażu konstrukcji z blach falistych w latach 1996–2002. Faza pierwsza obejmuje zebranie wyników badań nad analizowanym procesem montażu i ich segregację w myśl zasady izomorfizmu [8], tzn. pogrupowanie ich w zbiory o elementach równopostaciowych. Ten sposób postępowania pozwala na szczegółową analizę danych, która jest podstawą do wnioskowania w oparciu o metodę indukcji. Aby wnioskowanie indukcyjne miało sens ważne żeby pobrana próba do badań spełniała warunki stawiane przez twierdzenie Gliwienki [11] w zakresie jej reprezentatywności. Przykłady segregacji danych otrzymanych z badań pracochłonności montażu konstrukcji z blach falistych przedstawiono w [4].

Faza pierwsza obejmuje również statystykę opisową, co w tym przypadku oznacza statystyczny opis charakterystycznych wartości reprezentujących analizowane czynniki oddziałujące w procesie i zmienne wynikowe (pracochłonność montażu, wydajność w kolejnych procesach, inne). W tej fazie dokonuje się również określenia współczynników wzrostu wydajności wiążących ze sobą wzajemne relacje między środkami i zasobami użytymi w procesie montażu konstrukcji. Kolejnym kro-

kiem fazy pierwszej jest poszukiwanie zależności między czynnikami oddziałującymi w procesie. Tu posłużyć się można wielowymiarowymi modelami regresji oraz korelacji cząstkowej i wielorakiej wielowymiarowej. Istotą tych zabiegów jest poszukiwanie dominujących zależności pomiędzy wybranymi czynnikami. Ważne jest to aby dobór czynników do analizy został uzasadniony, tak żeby uniknąć ich zbyt dużej liczby, gdyż może to niezwykle skomplikować model. W omawianym przykładzie dla celów analizy z grupy czynników **A** wybrano pięć czynników uznanych arbitralnie za najistotniejsze:

1. długość konstrukcji liczona dołem,
2. powierzchnia konstrukcji,
3. całkowita liczba blach,
4. całkowita liczba śrub,
5. masa konstrukcji.

Wyniki analizy regresyjnej i korelacji cząstkowej i wielorakiej potwierdziły dominujący wpływ masy konstrukcji na jej pracochłonność. Jednakże, analizy te pokazały również, że na pracochłonność montażu mają wpływ inne czynniki, niż tylko masa konstrukcji, Aby uzyskać potwierdzenie ich wpływu na zmienną zależną dokonano analizy regresji wielowymiarowej koncentrując się na grupie czynników analogicznych jak dla regresji prostej [2, 11, 12]. Poniższe równanie przedstawia jeden z wyników analizy:

$$y = 0{,}001x^2 + 1{,}4936x + 8{,}2462, \qquad (1)$$

$$R^2 = 0{,}7682,$$

gdzie:

x – liczba blach w konstrukcji [szt.],

y – nakłady [r–g].

Jest to model regresji nieliniowej opisujący zależność między pracochłonnością a liczbą użytych blach dla wybranych zbiorów badanej próby.

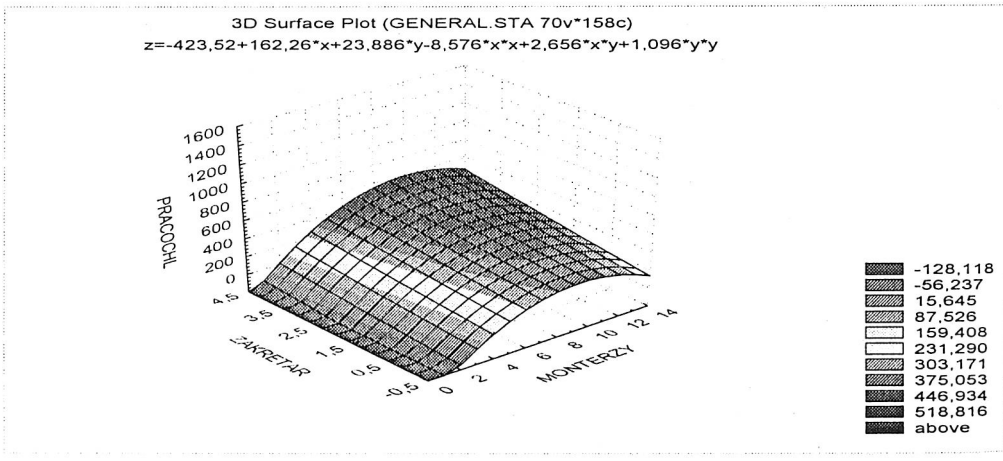
Interesująco przedstawia się zależność między masą a pracochłonnością dla wybranych zbiorów badanej próby. Graficzna prezentacja związków korelacyjnych i regresyjnych między czynnikami pierwotnymi oraz pracochłonnością uzyskana za pomocą modelu korelacji wielorakiej, obejmująca kilkadziesiąt modeli, została przedstawiona w pracy [4].

Uzyskane modele regresyjne potwierdziły wieloczynnikowy wpływ na zmienną zależną. Potwierdzeniem współzależności czynników była wykonana analiza rozkładów gęstości prawdopodobieństwa dla zmiennej – masy konstrukcji (zmiennej niezależnej) i pracochłonności (zmiennej zależnej). Rozkłady te miały bardzo podobny charakter opisany funkcją log-normalną. Analizę prowadzi się dla wszystkich, wyodrębnionych za pomocą metody izomorfizmu, zbiorów.

Dla oceny wrażliwości zmiennej zależnej (pracochłonności) na wieloczynnikowy charakter procesu zastosowano analizę wrażliwości. Wpływ zmienności czynników

pierwotnych i wtórnych na pracochłonność montażu można oszacować na podstawie wrażliwości pracochłonności na ich oddziaływanie. W tym celu wykonano graficzne modele przestrzenne z wykorzystaniem powierzchni wpływu czynników niezależnych na pracochłonność montażu. Posłużono się programem Statistica v.5 [9]. Modele stanowią obraz wrażliwości pracochłonności na jednoczesne oddziaływanie czynników pierwotnych i wtórnych. Do analizy przyjęto następujące zestawy czynników pierwotnych i wtórnych w konfiguracji z pracochłonnością:

1. Masa – liczba śrub – pracochłonność.
2. Masa – rozpiętość – pracochłonność.
3. Nakłady sprzętu ciężkiego – nakłady zakrętarek – pracochłonność.
4. Liczba użytych kluczy ręcznych – liczba zakrętarek – pracochłonność.
5. Nakłady na skręcanie kluczami – nakłady na skręcanie zakrętarkami – pracochłonność.
6. Liczba monterów – liczba zakrętarek – pracochłonność.
7. Liczba użytych kluczy ręcznych – liczba monterów – pracochłonność.



Rys. 2. Graficzna reprezentacja wrażliwości pracochłonności montażu na zmianę liczby monterów (monterzy) i liczby zakrętarek mechanicznych (zakrętarki)
Fig. 2. Graphic representation of the sensitivity of labor consumption to a change of use of assemblers number and mechanized wrenches

Powyższe analizy potwierdziły, że dla prawidłowego zamodelowania procesu pracochłonności montażu należy uwzględnić również czynniki wtórne, takie jak liczby zakrętarek i kluczy użytych do montażu, liczebność brygad, użycie sprzętu ciężkiego. W ten sposób uzyskano potwierdzenie, że model opisujący pracochłonność montażu musi uwzględniać wiele czynników. Rysunek 2 pokazuje wrażliwość pracochłonności na zmianę liczby zasobów ludzkich i sprzętu.

4. PROPONOWANY MODEL MATEMATYCZNY I JEGO WERYFIKACJA: DRUGA FAZA MODELOWANIA WIELOCZYNNIKOWEGO

Faza 2 obejmuje budowę samego modelu w oparciu o wnioski wyciągnięte z rozważań w ramach fazy 1. Zapis matematyczny procesu montażu blach falistych opiera się na założeniu równoczesności trwania procesów (co odnotowano w trakcie badań) i wykorzystuje parametry opisujące działanie czynników, otrzymanie w drodze statystycznego opisu charakterystycznych procesów pierwotnych. Do budowy nowego modelu przyjęto podział procesu montażu konstrukcji z blach falistych na cztery procesy pierwotne (zgodnie z zapisami w pkt. 2):

1. transport blach,
2. mocowanie blach,
3. skręcanie blach za pomocą śrub,
4. dokręcanie śrub po zmontowaniu korpusu konstrukcji.

Dla celów budowy modelu procesy 1 i 2 zgrupowano w postaci jednego procesu o nazwie „montaż blach", natomiast procesy 3 i 4 przyjęto jako jeden proces o nazwie „skręcanie konstrukcji". Wieloczynnikowy model do prognozowania pracochłonności i kosztów montażu konstrukcji z blach falistych – LITCAC jest modelem wielomodułowym. Model ma charakter otwarty, tzn. uwzględnia wieloczynnikowe oddziaływanie w procesie montażu i pozwala na dostosowanie zasobów i środków do indywidualnej realizacji. Model podzielony jest na 11 arkuszy odpowiadających przypadkom liczebności brygady monterskiej. Dla celów modelowania ograniczono liczebność brygad w zakresie od 2 do12 montażystów. Operator modelu decydując o liczebności brygady, która będzie montowała konstrukcje, wybiera odpowiedni arkusz i wprowadza istotne dane wejściowe do modelu. Po wprowadzeniu danych model generuje wyniki w formie liczb oraz w formie wykresów słupkowych, podając przy tym przedział ufności szacunku oraz prawdopodobieństwo jego poprawności. Kolejnym ograniczeniem jest wymóg, aby całkowita liczba używanych zakrętarek lub kluczy nie była większa niż liczebność brygady monterskiej, co jest uzasadnione praktyką. W trakcie wprowadzania danych operator modelu może zdecydować, dla jakiego przypadku montażu będzie szacował pracochłonność i jakie narzuci rygory ekonomiczne. Do dyspozycji ma 18 różnych poziomów, które może wybrać w zależności od informacji, którymi dysponuje. Operator modelu może przesądzić o warunkach montażu, użytym sprzęcie, liczebności brygad oraz o ich innych istotnych parametrach wejściowych. Oto dwie z czterech podstawowych zależności modelu:

- pracochłonność montażu konstrukcji z blach falistych:

$$P = \frac{C(n_1 + n_2)}{\delta_k (n_1 + n_2 \alpha_i) + \dfrac{Cn_3}{\delta_r (n_3 + n_4 \beta_i)}} \xi_i, \quad [\text{r-g}], \tag{2}$$

- koszt montażu konstrukcji z uwzględnieniem kosztów ogólnych budowy:

$$K_c = Ck_1\xi_i\left(\frac{n_1 + n_2(1+\sigma)}{\delta_k(n_1 + n_2\alpha_i)} + \xi_3\frac{n_3 + n_4\kappa}{\delta_r(n_3 + n_4\beta_i)}\right) +$$

$$+\frac{k_0}{r}\left(\frac{C}{\delta_k(n_1 + n_2\alpha_i)} + \frac{C\xi_3}{\delta_r(n_3 + n_4\beta_i)}\right)\xi_i, \quad [\text{PLN}], \tag{3}$$

$i = 1$ – dla montażu z użyciem zakrętarek mechanicznych,
$i = 2$ – dla montażu bez użycia zakrętarek mechanicznych,
gdzie:

1. masa konstrukcji – C,
2. liczebność brygady – n_3,
3. liczba użytych zakrętarek mechanicznych – n_2,
4. liczba użytych kluczy ręcznych – n_1,
5. liczba użytego sprzętu ciężkiego – n_4,
6. wydajność skręcania ręcznego – δ_k,
7. wydajność skręcania mechanicznego – δ_z,
8. wydajność ręcznego mocowania i transportu blach(ogólnie montażu blach) – δ_r,
9. wydajność mechanicznego transportu blach (ogólnie montażu blach) – δ_m,
10. współczynnik wzrostu wydajności dla mechanicznego skręcania konstrukcji – α_i,
11. współczynnik wzrostu wydajności dla mechanizacji transportu blach i ich mocowania (montażu blach) – β_i,
12. współczynniki korekcyjne uwzględniające równoczesność procesów – ξ_i,
13. koszt jednostkowy robocizny (nakłady finansowe) [r-g] – k_1,
14. koszt jednostkowy pracy sprzętu ciężkiego (nakłady finansowe i inne) [m-g] – k_3,
15. koszt jednostkowy używania zakrętarki (nakłady finansowe i inne) [r-g] – k_2,
16. jednostkowy koszt ogólny budowy dla roboczo-zmiany (nakłady finansowe) [r-zm] – k_o,
17. relacja kosztów użycia zakrętarki do kosztów robocizny, czyli inaczej współczynnik kosztu jednostkowego mechanizacji w procesie skręcania konstrukcji – $k_2/k_1 = \sigma$,
18. relacja kosztów użycia sprzętu ciężkiego do kosztów robocizny, czyli współczynnik kosztu jednostkowego mechanizacji w procesie montażu blach – $k_3/k_1 = \kappa$.

Czynniki od 1 do 5 pochodzą z grupy czynników pierwotnych i wtórnych, czynniki od 6 do 12 to reprezentacja współzależności procesów pierwotnych oraz ich skuteczności, natomiast czynniki od 13 do 18 to wyraz oddziaływania aspektów ekonomicznych w omawianym modelu.

5. WERYFIKACJA MODELU I APLIKACJE: TRZECIA FAZA MODELOWANIA WIELOCZYNNIKOWEGO

Faza 3 modelowania wieloczynnikowego dotyczy weryfikacji modelu oraz testowania go na próbie niezależnej. Weryfikacja poprawności funkcjonowania modelu LITCAC została dokonana w oparciu o następujące działania sprawdzające:

1. porównanie wyników modelu (LITCAC) z wynikami badań,
2. ocena błędu wyników modelu (LITCAC) wraz z podaniem ich odchylenia standardowego,
3. porównanie błędów szacunku modelu (LITCAC) z błędami uzyskanymi z zastosowaniem modeli regresyjnych oraz modelu uproszczonego i porównanie odchyleń standardowych tych błędów,
4. porównanie błędów z modelu (LITCAC) z błędami uzyskanymi z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych (SSN) w programie BrainMaker Professional for Windows,
5. porównanie wartości współczynników determinacji R^2 uzyskanych z modelu (LITCAC) ze współczynnikami determinacji dla modeli regresyjnych,
6. porównanie rozkładów prawdopodobieństwa dla wyników pracochłonności z modelu (LITCAC) z rozkładami uzyskanymi z badań,
7. testowanie modelu dla przypadków montażu nie objętych próbą prostą.

W tabeli 2 przedstawiono tylko fragment działań sprawdzających model. Pełne wyniki przedstawiono w [4].

Tabela 2. Porównanie wartości błędu szacunku i odchylenia standardowego uzyskanych dla modelu LITCAC oraz SSN o jednym wejściu (wariant 1) i różnej liczbie neuronów
Table 2. The comparison of the value of error of estimation and of the standard deviation obtained for the LITCAC model and SSN (one input and different numbers of neurons)

Modele	LITCAC	SSN – 3N	SSN – 5N	SSN – 9N5N
Błąd szacunku, ε	0,44%	15,42%	23,09%	28,50%
Odchylenie standardowe, δ	22,40%	71,37%	78,06%	85,37%

W tej fazie modelowania określa się również przedział ufności wyników generowanych przez model. Powstaje pytanie, na ile można ufać szacunkom przeprowadzonym przez model? W celu odpowiedzi na to pytanie określa się współzależność wyników z modelu LITCAC oraz wyników z badań, stosując model regresyjny łączący wyniki badań z wynikami z modelu. Uwzględniając wartość względnego błędu szacunku ε, opisanego w tabeli 2 oraz jego odchylenie standardowe δ, możemy określić przedział ufności szacunku, w jakim znajduje się odsetek szacunków pracochłonności, odpowiadający współczynnikowi determinacji R^2 z modelu regresyjnego. Przedział ten jest rozumiany jako obszar pomiędzy górną i dolną wartością względnego błędu szacunku ε i determinowany jest poprzez odchylenie standardowe względnego błędu

szacunku δ. Przedział ten jest zmienny w zależności od zbioru, dla którego jest szacowany. Ogólnie można go zapisać jako:

$$<p_i + \varepsilon - \delta;\ p_i + \varepsilon + \delta>, \tag{4}$$

gdzie:

p_i – wynik szacunku z modelu,

ε – względny błąd szacunku dla danego podzbioru,

δ – odchylenie standardowe błędu szacunku.

Na podstawie wartości R^2 uzyskanej w wyniku weryfikacji modelu (relacja: wyniki badań –wyniki modelu) można określić prawdopodobieństwo z jakim uzyskany wynik modelu znajdzie się w ustalonym przedziale ufności. Dzięki przyjęciu przedziału ufności dla uzyskanych wyników otrzymujemy model, który pozwala na określanie zakresu spodziewanych wyników. Weryfikacja i testowanie modelu kończy fazę trzecią modelowania wieloczynnikowego. Pozytywna weryfikacja i przetestowanie modelu na niezależnej próbie pozwala przyjąć go do praktycznego użytku.

6. UWAGI O PRAKTYCZNYM WYKORZYSTANIU MODELU WIELOCZYNNIKOWEGO

Proponowany model LITCAC był już wykorzystany w kilku przypadkach [5–7]. Szczególnie ciekawe rezultaty uzyskuje się w przypadku uwzględnienia dodatkowo w proponowanej procedurze modeli optymalizacji wielokryterialnej [5].

W każdym przypadku uzyskać można odpowiedzi m.in. na następujące pytania:

- w jakich warunkach zostanie osiągnięta najniższa pracochłonność montażu?
- kiedy uzyska się najniższe całkowite koszty montażu z uwzględnieniem kosztów ogólnych?
- kiedy wystąpią najniższe bezpośrednie koszty montażu?
- w jakich warunkach zostanie osiągnięty najkrótszy czas montażu?

Analiza wyników modelu LITCAC na budowach realizowanych przez ViaCon-Polska [3] prowadzi do następujących wniosków:

1. pracochłonność montażu maleje wraz ze wzrostem ilości zakrętarek mechanicznych, a wzrasta wraz z ilością używanych kluczy ręcznych,
2. czas montażu maleje proporcjonalnie do użycia zakrętarek i kluczy,
3. bezpośrednie koszty montażu maleją wraz ze wzrostem ilości zastosowanych zakrętarek mechanicznych,
4. całkowite koszty montażu raptownie maleją wraz ze wzrostem ilości użytych zakrętarek mechanicznych.

Ponadto dla niektórych kombinacji parametrów modelu zauważono, że został osiągnięty próg technologiczno-ekonomiczny relacji kosztów mechanizacji do kosztów

robocizny, powyżej którego nie opłaca się stosować mechanizacji montażu. Wielokrotne testowanie modelu dla różnych przypadków montażu wskazuje, że mechanizacja prac może w niektórych warunkach ekonomicznych spowodować zwyżkę kosztów montażu konstrukcji z blach falistych. W warunkach gospodarki polskiej wpływ mechanizacji prac powodował obniżenie kosztów montażu konstrukcji z blach falistych.

6. PODSUMOWANIE

Proponowane trzy fazy modelowania wieloczynnikowego uwzględniają istotne elementy konieczne dla tworzenia prawidłowego modelu:

1. znajomość modelowanego procesu (dostęp do dużej liczby zweryfikowanych danych),
2. maksymalna uniwersalność tworzonego modelu,
3. dokładność modelu.

Z uwagi na rozbudowaną fazę 1 tworzenie tego modelu jest pracochłonne i wymaga szeregu analiz. W zamian za to uzyskuje się model o dużej uniwersalności i dobrych walorach utylitarnych. Ten aspekt ma bardzo istotne znaczenie praktyczne, a to jest jeden z najważniejszych powodów dla modelowania złożonych procesów technologicznych.

LITERATURA

[1] ACZEL, A.D., *Complete business statistics*, Irwin/McGraw-Hill Higher Education, 1996, 1–768.

[2] CHANDLER H. M., *Heavy construction cost data*, 15th Annual Edition, RSMeans Company, Inc., 2000, 1–330.

[3] http://www.viacon.pl/indexok.html

[4] JANUSZ L., *Wieloczynnikowe modelowanie pracochłonności i kosztów montażu konstrukcji z blach falistych*, rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, 2004, 1–162.

[5] JANUSZ L., KAPLIŃSKI O., *Improvement of quality of assembly works of corrugated steel structures through predicting labor consumption*, 4th Trennial International Conference Rethinking and Revitalizing Construction Safety, Health, Environment and Quality, Port Elizabeth, South Africa, May 17–20, 2005, 164–174.

[6] JANUSZ L., KAPLIŃSKI O., *Modelling of labour consumption and cost of assembly of structural corrugated steel plate structures*, TRB 84th Annual Meeting, Washington D.C., January 9–13, 2005. Paper No 05-1072, s. 11.

[7] JANUSZ L., KAPLIŃSKI O., *Multifactor modelling in construction management*, Proc. 1st International Conference on Construction Engineering and Management, October 16–19, 2005, Seoul, Korea. CD: paper S2-D1, 633–637.

[8] KAPLIŃSKI O, *Modelling of construction processes. A managerial approach*, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Studia z zakresu inżynierii nr 43, Warszawa 1997, 1–175.

[9] LAWRENCE J., FREDRICKSON, J., *Brain maker professional for Windows, Neural Network Simulation Software*, version 3.1. 1993, 1–26.

[10] ROWIŃSKI L., *Organizacja procesów budowlanych*, PWN Warszawa, 1979, 1–520.
[11] SOBCZYK M., *Statystyka.* Wydanie trzecie, PWN, Warszawa 2001.
[12] WELFE, A., *Ekonometria. Metody i ich zastosowania*, PWE, Warszawa 2003, 1–374.

ANALYSIS OF COMPLEX TECHNOLOGICAL PROCESS. A CASE STUDY

The analysis of the complex technological process, on which influences many factors, is presented. The assembly of structural corrugated plate structures, composed from four primary processes, is an example. Primary and secondary factors (together five groups), conditioning the labor consumption of the assembly, have been distinguished. A multifactor modelling is applied, in these multi- and partial regression and correlation analysis. The weight of a structure was found to be the most significant for dependence of labor consumption. The sensitivity of results on change of various factors, in this on labor consumption has been evaluated. Multifactor model to forecasting of the labor consumption and cost of assembly of corrugated plates structures is presented. Elements of the verification of this model (seven checks) are indicated.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

potokowe metody planowania robót
harmonogramowanie robót

Roman MARCINKOWSKI*
Grzegorz JAKUBOWSKI*

SYMULACYJNO-ANALITYCZNE HARMONOGRAMOWANIE PRZEDSIĘWZIĘĆ REALIZOWANYCH W SYSTEMACH PRACY POTOKOWEJ

W pracy opisano metodykę symulacyjno-analitycznego harmonogramowania przedsięwzięć budowlanych realizowanych w systemie potokowym. Przytoczono podstawowe założenia budowy modeli przedsięwzięć i ich analizy czasowej. Opisano główne założenia symulacyjno-analitycznego sposobu racjonalizacji harmonogramów przedsięwzięć realizowanych systemem potokowym, wykorzystującego mechanizm losowego ustalania zindywidualizowanych kolejek realizacji procesów na frontach robót. W uzyskiwanych rozwiązaniach uwzględniono sprzężenia czasowe, dyrektywne terminy rozpoczynania i kończenia prac na poszczególnych frontach robót oraz terminy dostępności brygad roboczych.

1. WPROWADZENIE

W praktyce harmonogramowania przedsięwzięć budowlanych ustaliły się dwie formy organizacyjne: prace realizowane w systemie „kompleks operacji" i system pracy potokowej. W odniesieniu do tych form opracowano szereg metod harmonogramowania przedsięwzięć o różnej przydatności praktycznej. Wynika ona głównie z przyjmowanych założeń modelowych i ograniczeń. W pracy podejmujemy problem planowania czasowego przedsięwzięć realizowanych sposobem potokowym, stąd dalsze nasze uwagi co do wpływu ograniczeń na przydatność praktyczną metody odniesiemy jedynie do tego systemu organizacyjnego.

Metody potokowe są stosowane w budownictwie od kilkudziesięciu lat. Punktem wyjścia była wprowadzone przez A. Dyżewskiego [2] metoda pracy równomiernej. Rozwinięciem tego systemu organizacyjnego w Polsce zajęli się J. Mrozowicz i Z. Hejducki,

* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa ul. Kaliskiego 2

tworząc Międzynarodową Szkołę Potokowych Metod Organizacji [1, 3, 12]. Mimo tak dużego dorobku teoretycznego metody potokowe nie są w wyczerpującym zakresie dopasowane do potrzeb planowania przedsięwzięć budowlanych. Oczywiście nie zakładamy pełnej uniwersalizacji metody. Potoki są bowiem użyteczne wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z dużą liczbą frontów robót i specjalizacją wykonawców.

System pracy potokowej ma niepodważalne zalety. Są nimi głównie specjalizacja wykonawstwa oraz przejrzystość, ład organizacyjny w realizacji przedsięwzięcia.

W opracowanych dotychczas metodach planowania pracy potokowej, wprowadzono (w sposób zindywidualizowany do poszczególnych metod) szereg parametrów definiowanych przez planującego. Doprowadziło to do opracowania kilkudziesięciu metod o ograniczonym zakresie zastosowania.

Prezentowana w pracy koncepcja metody uogólnia wybrane metody (wcześniej opracowane), uwzględnia ich modyfikacje oraz zawiera dodatkowe oryginalne elementy w zakresie struktury modelu przedsięwzięcia, sposobu sterowania pracą brygad i sposobu oceny jakościowej rozwiązań.

2. MODEL PRZEDSIĘWZIĘCIA W SYSTEMIE PRACY POTOKOWEJ

Symulacyjno-analityczny sposób harmonogramowania robót budowlanych wymaga zbudowania *modelu przedsięwzięcia*. Elementy modelu, reprezentują wybrane cechy i parametry przedsięwzięcia oraz posiadają odpowiednią interpretacją fizyczną.

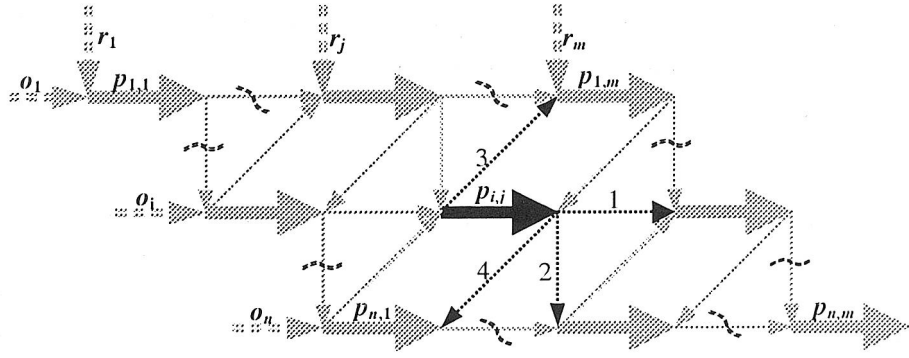
W ramach przedsięwzięcia budowlanego zdefiniowano do zrealizowania $\boldsymbol{m}$ procesów roboczych $\boldsymbol{P} = \{\boldsymbol{p}_j\}$ (j = 1, 2, ..., m) na $\boldsymbol{n}$ frontach robót $\boldsymbol{F} = \{\boldsymbol{f}_i\}$ (i = 1, 2, ..., n). Wykonanie poszczególnych procesów $\boldsymbol{p}_j$ powierzono specjalistycznym brygadom roboczym $\boldsymbol{b}_j$ tworzącym $\boldsymbol{m}$-elementowy zbiór $\boldsymbol{B}$. Procesy robocze powinny być realizowane w ustalonej kolejności: $p_1 \prec p_2 \prec ... \prec p_j \prec ... \prec p_m$. Zużycie czasu na realizację procesu p_j przez brygadę $\boldsymbol{b}_j$ na froncie $\boldsymbol{f}_i$ określa wartość elementu $\boldsymbol{t}_{ij}$ macierzy czasów realizacji procesów roboczych $\mathbf{T}$.

Rozpoczęcie pierwszego procesu (p_1) na każdym z frontów $\boldsymbol{f}_i \in \mathbf{F}$ może nastąpić najwcześniej w chwili o_i. Zakończenie ostatniego z procesów (p_m) na każdym z frontów f_i powinno nastąpić do chwili z_i. Ewentualne przedłużenie czasu wykonywania procesów poza chwilę z_i związane jest z koniecznością poniesienia nakładów w wielkości c_i za każdą jednostkę czasu ponad z_j. Najwcześniejszy możliwy termin „wejścia" poszczególnych brygad roboczych b_j na fronty f_i określono jako r_j. W przypadku braku możliwości ciągłego prowadzenia prac przez brygady (przestoje), konieczne jest poniesienie dodatkowych nakładów w wielkości k_j za każdą jednostkę przestoju.

Terminy faktyczne rozpoczynania i kończenia poszczególnych procesów roboczych mogą być powiązane sprzężeniami czasowymi s. Sprzężenia mogą mieć charakter warunkowy lub obligatoryjny [8]. Wartość *sprzężenia warunkowego* między

zdarzeniami w realizacji planowanego przedsięwzięcia określa czas minimalny, jaki musi upłynąć od zdarzenia poprzedzającego do zdarzenia następnego, przy czym dopuszcza się by rzeczywisty okres czasu pomiędzy tymi zdarzeniami był większy od minimalnego. *Sprzężenia obligatoryjne* określają natomiast jaki dokładnie okres czasu powinien upłynąć pomiędzy zdarzeniami.

Pod względem rodzajowym, rozróżniono następujące sprzężenia czasowe, mogące wiązać faktyczne terminy rozpoczynania i kończenia procesów roboczych: *zasobowe* (brygad) – s_{ij}^{b} ; *frontów roboczych* – s_{ij}^{f} ; *diagonalne* – s_{ij}^{b} ; *odwrotne diagonalne* – s_{ij}^{o} .



Rys. 1. Schematyczny model przedsięwzięcia w systemie pracy potokowej
Fig. 1. Schematic model of project executed in torrent system of works

1 – *sprzężenie zasobowe (resource dependence)* s_{ij}^{b}
2 – *sprzężenie frontów roboczych (work range dependence)* s_{ij}^{f}
3 – *sprzężenie diagonalne (diagonal dependence)* s_{ij}^{d}
4 – *sprzężenie odwrotnie diagonalne (reverse diagonal dependence)* s_{ij}^{o}

Szczególnie istotnymi elementami modelu są macierze terminów rozpoczynania i kończenia procesów roboczych na frontach $\mathbf{H}^{o}$ i $\mathbf{H}^{b}$ oraz macierze opisujące kolejność przechodzenia do realizacji procesów na frontach roboczych $\mathbf{K}^{o}_{j}$ i $\mathbf{K}^{b}_{j}$. Macierze oznaczone symbolami ***b*** zawierają dane dotyczące bieżących: kolejności frontów oraz planowanych terminów realizacji procesów. Natomiast macierze z symbolami ***o*** zawierają dane analogiczne lecz dotyczące (zawsze!) najlepszego rozwiązania z wszystkich uzyskanych w trakcie poszukiwań. Indywidualne symulowanie „kolejek" frontów dla poszczególnych brygad jest zasadniczym elementem opisywanego w pracy sposobu harmonogramowania. W systemie pracy potokowej model sieciowy (który jest odwzorowaniem systemu organizacyjnego) ulega ciągłym zmianom wraz z poszukiwaniem lepszego rozwiązania planistycznego. Wynika to z ciągłych zmian kolejek frontów robót. Zmiany te w wielu sytuacjach również odmiennie kształtują przebieg ścieżki krytycznej. Model ten, wykorzystano do prowadzenia komputerowej analizy cza-

sowej modeli sieciowych przedsięwzięcia, uzyskiwanych w trakcie symulacji i poszukiwań zadowalającego rozwiązania.

Istotą problemu symulacyjno-analitycznego harmonogramowania przedsięwzięcia realizowanego w systemie potokowym, jest znalezienie zestawu zindywidualizowanych kolejności przechodzenia brygad do wykonania procesów na frontach roboczych (kolejności realizacji frontów), która minimalizowałaby (racjonalizowała) wartość funkcji celu $\mathbf{Z} = f_{(c,k)}$. Rozwiązanie problemu stanowi macierz terminów rozpoczynania i kończenia procesów roboczych na frontach: $\mathbf{H}^{a} = \left[x_{ij}^{'}, x_{ij}^{''}\right]$, ($i$ = 1, 2, ..., n; j = 1, 2, ..., m) wraz z macierzą $\mathbf{K}_{j}^{a} = \left[f_1^{j},...,f_q^{j},...,f_n^{j}\right]$. Wartość $\boldsymbol{a}$ nadana elementowi f_q^{j} oznacza, że wydzielony ze zbioru $\boldsymbol{F}$ front $\boldsymbol{f_a}$ będzie realizowany przez $\boldsymbol{j}$-tą brygadę roboczą w $\boldsymbol{q}$-tej kolejności.

3. METODYKA ROZWIĄZANIA PROBLEMU HARMONOGRAMOWANIA

Analiza przedmiotowej literatury [2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12] wskazuje, że w stosowanych dotychczas podejściach do rozwiązania problemu harmonogramowania robót realizowanych w systemie potokowym, najczęściej stosowane są dwa ich rodzaje tzn.: metody przeglądu zupełnego lub przeglądu pośredniego. W pracy zaproponowano zastosowanie sposobu symulacyjno-analitycznego, wykorzystującego mechanizm losowego generowania i bieżącej oceny jakościowej rozwiązań, stanowiących kolejne (dopuszczalne) warianty harmonogramów robót [8, 9].

Szczegółowy sposób prowadzenia analizy czasowej zależy od rodzajów uwzględnianych w modelu przedsięwzięcia sprzężeń czasowych. Zależność ta polega na stosowaniu jednego z pięciu szczegółowych sposobów obliczania terminów rozpoczynania i kończenia procesów roboczych, w zależności od rodzajów uwzględnianych przez planującego sprzężeń czasowych. W przypadkach uwzględnienia sprzężeń zasobowych (między brygadami), sprzężeń pomiędzy frontami roboczymi oraz jednoczesnego uwzględniania pierwszych i drugich (według [1, 4] kolejno metody I, II i III) w analizie czasowej wykorzystano technikę wyznaczania terminów charakterystycznych zaczerpniętą z metod sprzężeń czasowych – TCM (*ang. Time Couplings Methods*) opisywaną w [1, 4, 5]. Techniki te zostały zmodyfikowane w zakresie uwzględnienia w prowadzonych obliczeniach, terminów dostępności brygad i frontów roboczych. W przypadkach uwzględnienia sprzężeń diagonalnych i odwrotnych diagonalnych (metody IV i V) opracowano własne algorytmy wyznaczania terminów charakterystycznych. Wymienione techniki obliczania terminów charakterystycznych zastosowano w systemie komputerowym opracowanym na bazie programu *MS Excel* i języka programowania *Visual Basic*.

Wyznacznikiem jakościowym rozwiązań (permutacji frontów robót), uzyskiwanych w trakcie poszukiwań, jest funkcja $\mathbf{Z} = f_{(k,c)}$ opisująca sumaryczną wielkość wy-

maganych nakładów związanych z przestojami brygad roboczych Σk_j (j = 1, 2, ..., m) oraz wielkością opóźnień zakończenia realizacji procesów na frontach roboczych Σc_i (i = 1, 2, ..., n) w stosunku do nałożonych dyrektywnie terminów zakończenia tych procesów z_i. Funkcja **Z** obliczana dla ustalonej na danym etapie obliczeń (dla każdej brygady) permutacji zbioru frontów robót jest funkcją postaci:

$$Z = \sum_{j=1}^{m} \left[y_{nj}^{k} - r_j - \sum_{i=1}^{n} t_{ij} \right] \cdot k_j^k + \sum_{i \in Q} \left[w_{im}^{k} - z_i \right] \cdot c_i^k \qquad (1)$$

gdzie:

y_{nj}^{k} – termin zakończenia przez j-tą brygadę realizacji n frontów roboczych,

w_{im}^{k} – termin zakończenia robót na i-tym froncie przez m brygad,

r_j – termin najwcześniejszego rozpoczęcia prac przez j-tą brygadę roboczą,

t_{ij} – czas potrzebny do wykonania przez j-tą brygadę, j-tego procesu roboczego na i-tym froncie robót,

k_j^k – jednostkowy koszt ponoszony w przypadku braku możliwości ciągłego prowadzenia prac przez j-tą brygadę roboczą,

Q – zbiór frontów roboczych, na których nastąpiło przekroczenie dyrektywnego terminu z_i zakończenia realizacji procesów na froncie f_i,

z_i – dyrektywny termin zakończenia realizacji procesów na froncie f_i,

c_i^k – jednostkowy koszt ponoszony w przypadku gdy nastąpiło przekroczenie dyrektywnego terminu (z_i) zakończenia realizacji procesów na froncie f_i.

Szczegółowy opis proponowanej funkcji kryterialnej, możliwych zastosowań i sposoby interpretacji wyników przedstawił R. Marcinkowski w pracach [9, 10].

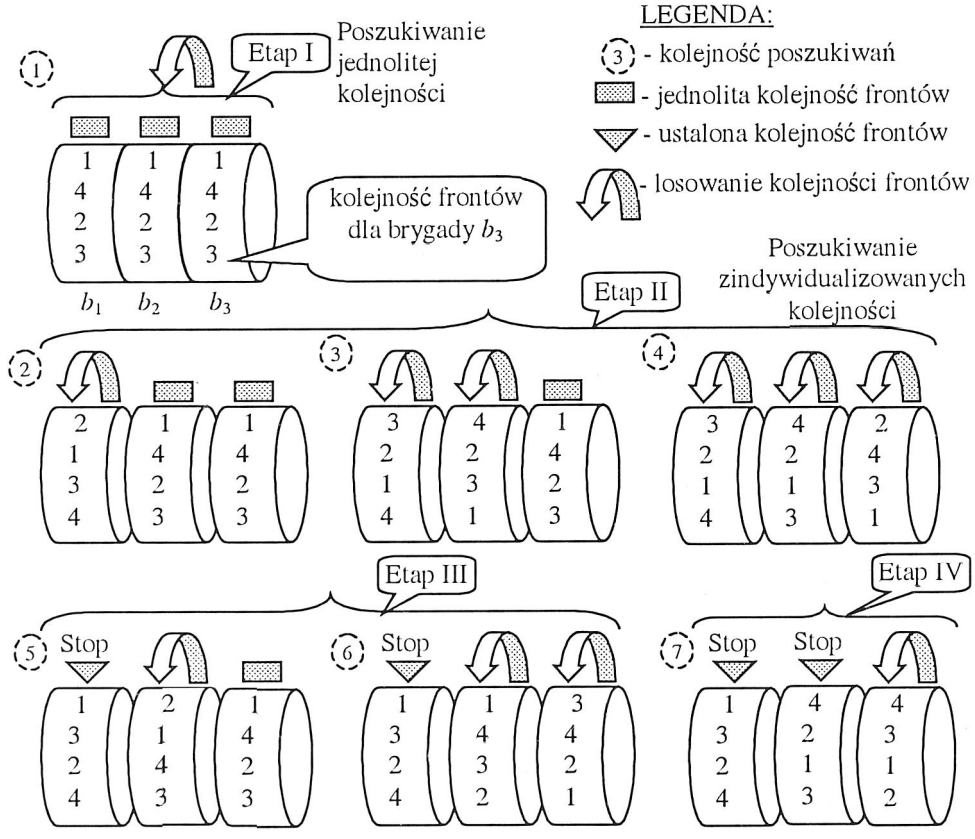
Metodyka harmonogramowania przedsięwzięć budowlanych realizowanych w systemie potokowym sposobem symulacyjno-analitycznym obejmuje:

Krok 1 – zdefiniowanie danych wejściowych, a w tym: a) zdefiniowanie zbioru procesów roboczych, które mają zostać wykonane w ramach realizacji całego przedsięwzięcia; b) ustalenie kolejności realizacji procesów roboczych; c) dokonanie podziału całkowitego zakresu prac na fronty robót (podzakresy) w sposób umożliwiający wykonanie każdego z poszczególnych podzakresów robót przez zdatną do tego celu, brygadę roboczą o niezmiennym składzie i niezmiennym wyposażeniu technicznym; d) określenie (oszacowanie) czasu wykonania poszczególnych procesów na poszczególnych frontach roboczych; e) ustalenie najwcześniejszych możliwych terminów rozpoczęcia prac przez poszczególne brygady (*terminy dostępności brygad*) oraz najwcześniejszych możliwych terminów rozpoczęcia prac na poszczególnych frontach roboczych (*terminy dostępności frontów*); f) ustalenie dyrektywnych terminów zakończenia realizacji poszczególnych frontów robót;

g) określenie wartości wybranych sprzężeń: pomiędzy brygadami roboczymi, pomiędzy frontami robót, sprzężeń diagonalnych i odwrotnych diagonalnych.

Krok 2 – ustalenie współczynników funkcji kryterialnej **Z** (współczynniki k_j^k i c_i^k).

Krok 3 – ustalenie liczby i rodzaju uwzględnianych w modelu przedsięwzięcia sprzężeń czasowych (wybór szczegółowego sposobu obliczania terminów charakterystycznych).



Rys. 2. Sposób losowego poszukiwania zindywidualizowanych kolejności frontów
Fig. 2. Technique of random searching the individual queues of work ranges.

Krok 4 – wyznaczenie harmonogramu początkowego ($\mathbf{H}^b$), w tym m.in.: losowanie (początkowej) kolejności wykonywania frontów K^b (jednolitej dla wszystkich brygad), obliczenie terminów charakterystycznych $x'_{i,j}$, $x''_{i,j}$ dla $i = 1, 2, ..., n$; $j = 1, 2, ..., m$; wyznaczenie wartości początkowej Z^b funkcji celu **Z** zgodnie z (1) oraz przypisanie („zapamiętanie") obliczonych wartości: $Z^o := Z^b$, $K^o := K^b$ oraz $\mathbf{H}^o := \mathbf{H}^b$.

Krok 5 – określenie liczby losowań (L) kolejności wykonywania prac na frontach przez poszczególne brygady.

Krok 6 – porównanie zadeklarowanej liczby losowań (L) i liczby możliwych permutacji kolejności przechodzenia do prac na frontach ($n!$); w przypadku gdy $L \geq n!$ zrealizowanie przeglądu zupełnego zbioru możliwych permutacji; w przeciwnym przypadku $L < n!$ realizowanie symulacyjno - analitycznego poszukiwania lepszych rozwiązań (*Krok 7*).

Krok 7 (etap I) – symulacyjne poszukiwanie lepszej[1] od bieżącej (K^o) jednolitej dla wszystkich brygad, kolejności przechodzenia do prac na frontach (K^b) w tym L-krotne: losowanie kolejności, obliczenie terminów charakterystycznych $x'_{i,j}$, $x''_{i,j}$ oraz wyznaczenie wartości funkcji celu Z^b oraz, w przypadkach gdy $Z^b < Z^o$, przypisanie („zapamiętanie") obliczonych wartości: $Z^o := Z^b$ oraz $\mathbf{H}^o := \mathbf{H}^b$. Po L-krotnym losowaniu przejście do *Kroku 8*.

Krok 8 (etap II) – symulacyjne poszukiwanie kolejności przechodzenia do prac na frontach (K^b_j) lepszych od kolejności K^o – uzyskanej w *etapie I*. Poszukiwanie prowadzone jest analogicznie jak w *Kroku 7* z tą różnicą, że poszukujemy (L-krotnie) lepszej kolejności przechodzenia do prac na frontach, początkowo tylko dla pierwszej brygady (K^b_1), następnie dla brygad pierwszej (K^b_1) i drugiej (K^b_2) i dalej podobnie, aż do (K^b_1), (K^b_2), ..., (K^b_m) gdzie m oznacza liczbę brygad roboczych.

Krok 9 (etap III) – symulacyjne poszukiwanie kolejności przechodzenia do prac na frontach (K^b_j) dla $j = 2, 3, ..., m$ (bez kolejności dla pierwszej brygady), lepszych od kolejności K^o_j - uzyskanych w *Kroku 8 (etapie II)*. W trakcie obliczeń, dla pierwszej brygady należy przyjąć najlepszą kolejność K^o_1 (dla tej brygady) uzyskaną w *Kroku 8 (etapie II)*.

Krok 10 (etap IV) – symulacyjne poszukiwanie kolejności przechodzenia do prac na frontach (K^b_j) dla $j = 3, ..., m$ (bez kolejności dla pierwszej i drugiej brygady), lepszych od kolejności K^o_j - uzyskanych w *Kroku 9 (etapie III)*. W trakcie obliczeń, należy przyjąć: dla pierwszej brygady - najlepszą kolejność K^o_1 uzyskaną w *Kroku 8 (etapie II)*, dla drugiej brygady - najlepszą kolejność K^o_2 uzyskaną w *Kroku 9 (etapie III)*.

Dalsze cykle postępowania przebiegają analogicznie jak w *Krokach 8, 9* i *10*. W celu zakończenia obliczeń, niezbędne jest ich wykonanie w $(m + 1)$ etapach.

Sposób losowego poszukiwania zindywidualizowanych kolejności frontów (dla przypadku trzech brygad i czterech frontów) przedstawiono na rysunku 2.

4. PODSUMOWANIE

W przedstawionej koncepcji metody symulacyjno-analitycznego harmonogramowania, zaproponowano nowe, uogólnione w stosunku do wcześniej stosowanych metod, podejście do przedmiotowego problemu. Metoda poszukiwania rozwiązania nie zależy od liczby

---

[1] – lepszą kolejnością nazwano taką kolejność, przy której uzyskuje się mniejszą wartość funkcji Z.

sprzężeń czasowych lecz od liczby jednocześnie uwzględnianych rodzajów sprzężeń (od 1 do 4 rodzajów). W metodzie uwzględniono terminy dyrektywne: najwcześniejszego „otwierania" poszczególnych frontów robót oraz dostępności brygad specjalistycznych.

Metoda może być modyfikowana i udoskonalana zgodnie z formułowanymi w przyszłości potrzebami oraz może stanowić praktycznie użyteczne narzędzie planistyczne.

LITERATURA

[1] AFANASJEV V.A., *Potočnaja organizacija stroitelstva*, Leningrad, Strojizdat, 1990.

[2] DYŻEWSKI A., *Technologia i organizacja budowy*, cz. II, Warszawa, Arkady, 1971.

[3] HEJDUCKI Z., *Zarządzanie czasem w procesach budowlanych z zastosowaniem modeli macierzowych*, Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2004.

[4] HEJDUCKI Z., ROGALSKA M., *Metody sprzężeń czasowych TCM*, Warszawa, miesięcznik Przegląd Budowlany, nr 2/2005, 2005.

[5] HEJDUCKI Z., ROGALSKA M., *Zasady stosowania TCM*, Warszawa, miesięcznik Przegląd Budowlany nr 3/2005, 2005.

[6] JAWORSKI K.M., *Podstawy organizacji budowy*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2004.

[7] JAWORSKI K.M., *Metodologia projektowania realizacji budowy*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999.

[8] MARCINKOWSKI R., *Metody rozdziału zasobów realizatora w działalności inżynieryjno-budowlanej*, Warszawa, WAT, 2002.

[9] MARCINKOWSKI R., *Interaktywne planowanie przedsięwzięć budowlanych realizowanych w systemie pracy potokowej*, Mat. Konferencji Naukowej „Zarządzanie Procesami Inwestycyjnymi w Budownictwie", Kraków, Wyd. Politechniki Krakowskiej, 2004.

[10] MARCINKOWSKI R., *Harmonogramowanie zadań inżynieryjno-budowlanych według wybranych kryteriów decyzyjnych*, Warszawa, WAT, 1990.

[11] MARCINKOWSKI R., *Metody harmonogramowania przedsięwzięć inżynieryjno-budowlanych*, Warszawa, WAT, 1995.

[12] MROZOWICZ J., *Metody organizacji procesów budowlanych uwzględniające sprzężenia czasowe*, Wrocław, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 1997.

ANALYTICAL SIMULATION OF SCHEDULING OF PROJECTS EXECUTED IN TORRENT SYSTEMS OF WORK

In work one described methodics of analytic simulation of scheduling building projects in torrent systems. One quoted basic foundations of build of project models and their time analysis.

One described main foundations of analytical simulation manner of rationalisation of project schedules in torrent systems, using mechanism of random fixing of individualised queues of process execution in work ranges.

In obtained solutions one took into account time dependencies, imposed deadlines of beginning and of finishing of works in each work range and availability deadlines of brigades.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

Zdzisław MILIAN*

ZASTOSOWANIE METODY REKURENCYJNEJ OKREŚLANIA ROZKŁADU CZASU REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘCIA W STOCHASTYCZNYCH SIECIACH PERT

W pracy wyznaczono gęstości dokładnego rozkładu czasu realizacji przedsięwzięcia w przykładowych niezredukowalnych sieciach PERT. Zastosowano opracowaną przez autora metodę rekurencyjną i napisane dla niej procedury wykorzystując pakiet MatLab. Wyniki zweryfikowano metodą symulacji. Porównano otrzymane gęstości z gęstościami przybliżonymi otrzymanymi metodą PERT. Ponadto, porównano metodę rekurencyjną z metodą bezpośrednią.

1. WPROWADZENIE

Badany problem polega na znalezieniu rozkładu czasu realizacji przedsięwzięcia na podstawie stochastycznej sieci PERT. Przypomnimy, że w stochastycznej sieci PERT graf jest skierowany, acykliczny, zwarty, w którym łuki reprezentują czas realizacji czynności określony przez niezależne zmienne losowe o znanych rozkładach. W literaturze jest wiele prac dotyczących tego tematu, lecz niewiele dotyczy metod dokładnych. Są to, między innymi, prace autorów: J.J. Martin [6], O.H. Hartley i A.W. Wortham [4], L.J. Ringer [11], B.M. Dodin [1], D.L. Fisher i inni [2], V.G. Kulkarni i Adlakha [5], J.N. Hagstrom [3]. Stosowanie metod przedstawionych w tych pracach wymaga spełnienia restrykcyjnych założeń dotyczących szczególnej struktury sieci (połączenia szeregowo-równoległe lub mini sieci), lub dotyczących szczególnej postaci rozkładów. Na przykład J.J. Martin w pracy [6] zakłada wielomianowe funkcje gęstości czasu realizacji zadań, w pracy V.G. Kulkarni and Adlakha [5] są one wykładnicze, natomiast J.N. Hagstrom [3] przyjmuje rozkłady dyskretne. W powyższych pracach wykorzystywane było podejście bazujące na określeniu nieznanego rozkładu jako rozkładu maksimum z czasów realizacji wszystkich możliwych ścieżek w sieci. Takie podejście można nazwać metodą bezpośrednią.

* Politechnika Krakowska, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24

W pracy [7] przedstawiona została nowa metoda określania szukanego rozkładu poprzez rekurencyjne określanie łącznego rozkładu wektorów losowych, których składowe oznaczają czas realizacji poszczególnych węzłów w sieci. Wektory losowe przyporządkowane są do odpowiednich podzbiorów węzłów w sieci, przy czym ostatnim podzbiorem jest węzeł końcowy. Niech K oznacza rząd węzła końcowego. Sformalizowana procedura obliczania rozkładu opiera się na twierdzeniu 1, którego dowód i interpretacja topologiczna znajduje się w [7].

Twierdzenie 1

Dokładny rozkład czasu realizacji w sieci PERT otrzymuje się po K-krotnym obliczaniu rozkładu wektora losowego V_k, którego łączna dystrybuanta i gęstość określone są następującymi formułami rekurencyjnymi:

$$G_k(x_{j_1}, x_{j_2}, \ldots, x_{j_{r+q}}) = P(T_{j_1} < x_{j_1}, T_{j_2} < x_{j_2}, \ldots, T_{j_{r+q}} < x_{j_{r+q}}) =$$
$$= \int_{R^r} \int_0^{x_{j_{r+1}}} \cdots \int_0^{x_{j_{r+q}}} \prod_{s=1}^{r} \left(\prod_{i \prec j_s} F_{ij_s}(x_{j_s} - u_i) \right) g_{k-1}(u_{i_1}, \ldots, u_{i_{r+q}}) du_{i_1}, \ldots, du_{i_{r+q}} \tag{1}$$

oraz

$$g_k(x_{j_1}, x_{j_2}, \ldots, x_{j_{r+q}}) =$$
$$= \int_{R^r} \prod_{s=1}^{r} \frac{\partial}{\partial x_{j_s}} \left(\prod_{i \in I(j_s)} F_{ij_s}(x_{j_s} - u_i) \prod_{i \in L(j_s)} F_{ij_s}(x_{j_s} - x_i) \right) \cdot \tag{2}$$
$$\cdot g_{k-1}(u_{i_1}, \ldots, u_{i_r}, x_{j_{r+1}}, \ldots, x_{j_{r+q}}) du_{i_1}, \ldots, du_{i_r}$$

gdzie $u_0 = 0$, $g_0 = 1$, $k = 1, \ldots, K$.

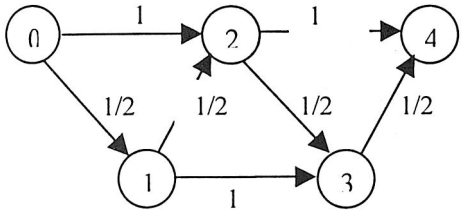
Twierdzenie dotyczy dowolnych sieci PERT i dowolnych rozkładów zadań *Fij*.

2. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA METODY REKURENCYJNEJ

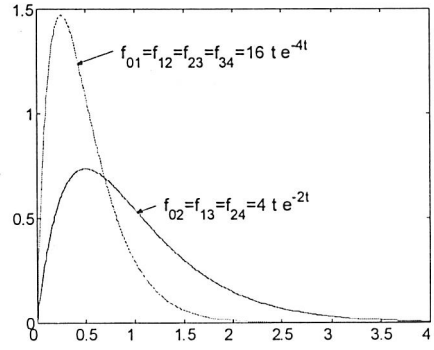
Pierwszy przykład, w którym wykorzystamy twierdzenie 1, dotyczy znalezienia dokładnego rozkładu czasu realizacji sieci przedstawionej na rys. 1. Czasy realizacji poszczególnych zadań określone są przez dystrybuanty rozkładu Erlanga z parametrami $n = 2$ i $\lambda = 2$ w przypadku wzorów (3) oraz $n = 2$ i $\lambda = 4$ w przypadku wzorów (4):

$$F_{02} = F_{13} = F_{24} = 1 - 2te^{-2*t} - e^{-2*t} \rightarrow 1 - 2*t*\exp(-2*t) - \exp(-2*t) \tag{3}$$

$$F_{01} = F_{12} = F_{23} = F_{34} = 1 - 4te^{-4*t} - e^{-4*t} \rightarrow 1 - 4*t*\exp(-4*t) - \exp(-4*t) \tag{4}$$



Rys. 1. Sieć nieredukowalna
Fig. 1. An irreducible network



Rys. 2. Rozkłady gęstości czasów trwania zadań
Fig. 2. Probability density functions of task durations

Odpowiadające im funkcje gęstości rozkładu znajdują się na rys. 2. Średnie czasy zadań określonych przez (3) wynoszą 1 oraz 1/2 dla przypadku (4), są one uwidocznione na rys. 1. Wzory (3) i (4) podano w tradycyjnej notacji matematycznej oraz notacji MatLab-a w celu ich porównania. Obliczenia symboliczne prowadzone były z wykorzystaniem pakietu MatLab, więc końcowa funkcja gęstości podana będzie w tej notacji.

Po uwzględnieniu topologii sieci na podstawie (2) otrzymujemy formuły określające gęstości wektorów $\mathbf{V}_k$:

Krok 1

$$g_1(x_1) = f_{01}(x_1), \tag{5}$$

Krok 2

$$g_2(x_2, x_1) = \frac{\partial}{\partial x_2}\left(F_{02}(x_2)F_{12}(x_2 - x_1)\right) g_1(x_1), \tag{6}$$

Krok 3

$$g_3(x_3, x_2) = \int_R \frac{\partial}{\partial x_3}\left(F_{13}(x_3 - u_1)F_{23}(x_3 - u_2)\right) \cdot g_2(u_1, u_2)du_1, \tag{7}$$

Krok 4

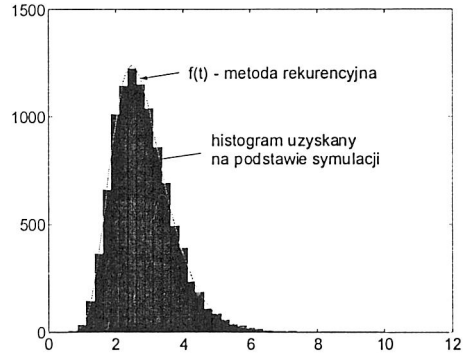
$$g_4(x_4) = \int_{R^2} \frac{\partial}{\partial x_4}\left(F_{24}(x_4 - u_2)F_{34}(x_4 - u_3)\right) \cdot g_3(u_2, u_3)du_2 du_3. \tag{8}$$

Formuła (6) określa rozkład czasu przedsięwzięcia dla sieci przedstawionej na rys. 1 przy dowolnych rozkładach czasu realizacji zadań (łuków). Wstawiając (3) i (4) do wzorów (5)–(8) otrzymujemy

g4=-336*exp(-2*t)+326624*exp(-4*t)-42496/3*t^3*exp(-4*t)+3328/45*t^6*exp(-6*t)+24832/315*t^7*exp(-6*t)+1024/15*t^8*exp(-6*t)+8/3*t^3*exp(-2*t)+8530744216038059/137438953472*t^4*exp(-6*t)+4096/315*t^7*exp(-4*t)+8192/315*t^9*exp(-6*t)+148*t*exp(-2*t)-2560/3*t^4*exp(-4*t)+1950892*t*exp(-6*t)-329472*t*exp(-4*t)+6803411448801963/137438953472*t^3*exp(-6*t)-948176*t^2*exp(-6*t)+119808*t^2*exp(-4*t)-40768/5*t^5*exp(-6*t)-16384/5*t^6*exp(-8*t)-8706959279582959/274877906944*t^5*exp(-8*t)+1873792*t*exp(-8*t)-5459441735783765/34359738368*t^3*exp(-8*t)+436480*t^2*exp(-8*t)-8502889921467733/68719476736*exp(-8*t)*t^4-2399920*exp(-6*t)+2073632*exp(-8*t)

Wartość oczekiwana E(T) na podstawie otrzymanej funkcji gęstości wynosi E(T) = 74273365054594823237/26264993026824732672 = 2,8278, natomiast wariancja $\sigma_T^2 = 0{,}7941$.

Aby zweryfikować otrzymaną funkcję rozkładu czasu realizacji wykorzystano metodę symulacji komputerowej. Na rys. 3 przedstawiono wykres funkcji otrzymanej metodą rekurencyjną (linia ciągła) z histogramem częstości reprezentowanym przez wykres słupkowy. Liczebność próby wynosiła 10 000 realizacji czasów poszczególnych zadań.

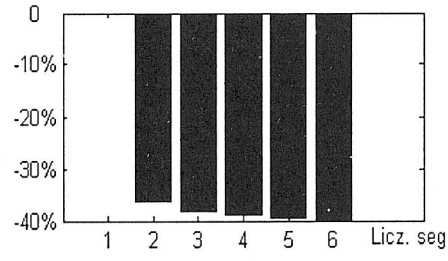


Rys. 3. Funkcja gęstości czasu realizacji przedsięwzięcia
Fig. 3. The p.d.f. of project completion time

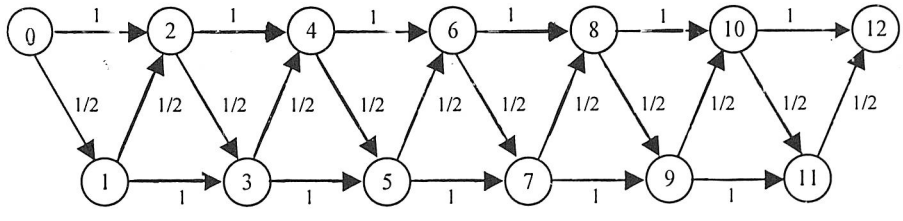
Wartość średnia na podstawie symulacji wynosiła 2,8421, natomiast wariancja 0,8128. Porównanie parametrów oraz krzywej teoretycznej z histogramem potwierdza poprawność metody rekurencyjnej (dokładnej) określania rozkładu czasu realizacji przedsięwzięcia. Zauważmy, że według metody PERT otrzymany rozkład jest przybliżany rozkładem normalnym o wartości średniej 2,0 i wariancji 1,0.

3. PORÓWNANIE METODY PERT Z METODĄ REKURENCYJNĄ

Opierając się na dystrybuantach dokładnych otrzymanych metodą rekurencyjną podamy przykład na to, że można skonstruować taką sieć, że w miarę jej „wydłużania" rozbieżność pomiędzy dystrybuantą otrzymaną metodą PERT a dystrybuantą dokładną **rośnie.** Poddano ocenie rozbieżności pomiędzy wartością oczekiwaną z metody PERT a dokładną wartością oczekiwaną dla kolejnych sieci, które powstają z sieci na rys. 1 poprzez dodanie po cztery łuki – nazwane segmentem – aż do osiągnięcia sieci jak na rys. 5. Pierwszy dodany segment to zbiór łuków {4–6, 4–5, 3–5, 5–6}. Przyjęto wykładnicze rozkłady czasu poszczególnych zadań. Liczby umieszczone przy łukach oznaczają średni czas zadania – dobrano je tak, aby wszystkie ścieżki były krytyczne w sensie metody PERT. Dodanie segmentu powodowało przyrost średniego czasu o jednostkę. Na rys. 4 przedstawiono wykres błędu wartości średniej czasu realizacji w zależności od długości ścieżki wyznaczonej przez wierzchołki 0–2–4 ...., liczonej w ilości łuków.

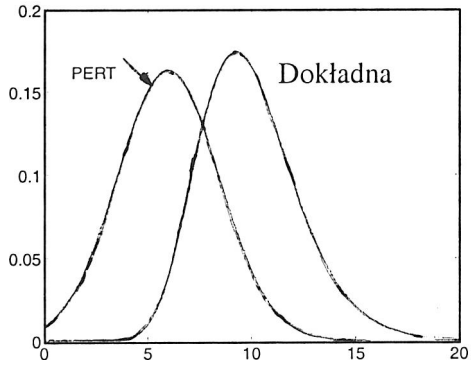


Rys. 4. Błędy wartości oczekiwanej
Fig. 4. Expected value errors



Rys. 5. Sieć testowa, 6 segmentów
Fig. 5. Test network, 6 segments

Wykres ten pokazuje duży poziom błędu oraz jego wzrost (w sensie modułu) w miarę zwiększania liczby dodanych segmentów, co było trudne do przewidzenia, gdyż można było się spodziewać coraz lepszych warunków do spełnienia założeń centralnego twierdzenia granicznego. Wzrost rozbieżności wynika stąd, że dodanie



Rys. 6. Porównanie gęstości rozkładu
Fig. 6. Comparison of the p.d.f. s

segmentu powoduje nie tylko wydłużenie ścieżek, lecz trzykrotny wzrost ich ilości, przy tym wszystkie są krytyczne. Na rys. 6 przedstawiono wykres gęstości otrzymanej metodą PERT i dokładną funkcję gęstości, które odpowiadają sieci z rys. 5. Dokładna funkcja gęstości jest następująca:

f(t)=g_{12}(t)=-5527653501156769/8388608*exp(-4*t)+81176067/32*t^4*exp(-4*t)-243/280*t^9*exp(-4*t)+5618169193780565/134217728*t^2*exp(-4*t)+4534021205087573/268435456*t^3*exp(-4*t)-56619/140*t^7*exp(-4*t)+4574366944513229/1099511627776*t^6*exp(-4*t)+3219774632047411/17179869184*t^5*exp(-4*t)-38637/1120*t^8*exp(-4*t)-7507785182638535/67108864*t*exp(-4*t)-7921075199099487/2199023255552*exp(-4*t)*exp(3*t)+42095020599/32*exp(-4*t)*exp(2*t)-5252145159/8*exp(-4*t)*exp(t)+1/120*t^5*exp(-4*t)*exp(3*t)-3351/280*t^9*exp(-4*t)*exp(t)+9/7700*exp(-4*t)*t^11*exp(t)-19564122921/16*exp(-4*t)*t*exp(t)-6827/15120*t^9*exp(-4*t)*exp(2*t)+3*t^4*exp(-4*t)*exp(3*t)+9/700*exp(-4*t)*exp(t)*t^10+4499848*exp(-4*t)*t^4*exp(t)+8548785369330483/274877906944*exp(-4*t)*t^6*exp(t)-15337/12*exp(-4*t)*exp(3*t)*t^2+95/4*exp(-4*t)*exp(3*t)*t^3+5193232075002129/8589934592*exp(-4*t)*t^5*exp(t)+98925/14*exp(-4*t)*t^7*exp(t)-639785592*exp(-4*t)*t*exp(2*t)+12293/1120*exp(-4*t)*exp(2*t)*t^8+8967044173834923/1099511627776*exp(-4*t)*t*exp(3*t)-165431/16*exp(-4*t)*t^6*exp(2*t)-25736295/32*exp(-4*t)*exp(2*t)*t^4+1342789563379439/8589934592*exp(-4*t)*exp(2*t)*t^5-13863/140*exp(-4*t)*t^8*exp(t)+3605665563/32*exp(-4*t)*t^2*exp(2*t)-95768403/16*exp(-4*t)*exp(2*t)*t^3-279774195/8*exp(-4*t)*t^3*exp(t)+360852011/8*exp(-4*t)*t^2*exp(t)+31303/168*exp(-4*t)*exp(2*t)*t^7+18928837914340 41/18446744073709551616*exp(-4*t)*t^11*exp(2*t)

Generalny wniosek, jaki nasuwa się w stosunku do metody PERT jest taki, że oszacowania jakie uzyskujemy tą metodą są poprawne tylko w przypadku, gdy w sieci znajduje się jedna dominująca ścieżka, tzn. dominująca nad pozostałymi ścieżkami w sensie prawdopodobieństwa stania się ścieżką krytyczną. Gdy nie ma dominującej ścieżki, oceny czasu realizacji są niedoszacowane. Rzecz w tym, że w przedsięwzięciach budowlanych często mamy do czynienia z brakiem ścieżki dominującej, gdyż dąży się do skracania czasu realizacji przedsięwzięcia a to z kolei wymaga takiej organizacji robót, aby jak najwięcej zadań wykonywać równolegle.

4. PORÓWNANIE METODY REKURENCYJNEJ Z BEZPOŚREDNIĄ

Aby obliczyć rozkład czasu realizacji dla sieci z rys. 5 metodą bezpośrednią, stosowaną w pracach [4, 6, 11], należałoby rozwiązać całkę 23-krotną (tyle jest zadań w sieci), po obszarze określonym przez 233 nierówności (taka jest liczba ścieżek), przy czym funkcja podcałkowa jest iloczynem 23 gęstości rozkładów poszczególnych czasów realizacji zadań. Poniżej podajemy postać całki, którą należy rozwiązać, aby otrzymać poszukiwany rozkład.

$$F(t)=\int_{\Delta}\prod_{k=1}^{23}\left(f_{i_k j_k}(x_{i_k j_k})dx_{i_k j_k}\right). \tag{9}$$

gdzie

$$\Delta=\{(x_{i_1 j_1},x_{i_2 j_2},\ldots,x_{i_r j_r}):T<t\}=\{(x_{i_1 j_1},x_{i_2 j_2},\ldots,x_{i_r j_r}):S_\pi<t,\ \pi\in\Pi\},$$
$$S_\pi=\sum_{l\in U_\pi}x_{i_l j_l}. \tag{10}$$

przy oznaczeniach:

T – zmienna losowa oznaczająca czas trwania przedsięwzięcia,

S_π – zmienna losowa oznaczająca czas trwania ścieżki π,

Π – zbiór wszystkich ścieżek w sieci prowadzących od wierzchołka początkowego do końcowego,

$x_{i_k j_k}$ – czas realizacji zadania pomiędzy wierzchołkiem i_k a j_k.

Część zbioru wszystkich ścieżek w sieci przedstawia poniższa tabela, w której wiersze określają ścieżki uporządkowane leksykograficznie. Jedynka w tabeli oznacza, że ścieżka prowadzi przez odpowiedni numer węzła, zero w przeciwnym przypadku.

Nr ścieżki	Numery węzłów												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
231	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
232	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1
233	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Obliczenia te są trudne ze względu na to, że dla tak złożonego obszaru całkowania brak jest efektywnej metody (programów) do obliczenia dokładnego takiej całki.

Natomiast rozkład ten znaleziono efektywnie przy pomocy metody rekurencyjnej, która podaje „sposób iterowania" skomplikowanej całki z metody bezpośredniej. Pracochłonność procedury oraz trudności rachunkowe metody rekurencyjnej są porównywalne z występującymi w znanej metodzie dla sieci redukowalnych.

Dodatkową zaletą metody rekurencyjnej jest możliwość poznania rozkładów ukończenia każdego zadania. Na podstawie łącznego rozkładu wierzchołków pośrednich można obliczyć rozkład poszczególnych wierzchołków jako rozkład brzegowy. Z kolei mając rozkłady dla wierzchołków można wyznaczyć rozkłady czasu ukończenia zadań wychodzących z danego wierzchołka jako splot rozkładów. Poznanie rozkładu realizacji poszczególnych zadań ma istotne znaczenie dla menadżerów dla celów controllingu i odpowiada probabilistycznej wersji terminów najwcześniejszych w metodzie CPM. Wydaje się, że w podobny sposób można również skonstruować procedurę, która określiłaby probabilistyczną wersję terminów najpóźniejszych.

Inny kierunek zastosowań metody rekurencyjnej wiąże się z metodą symulacji z zastosowaniem zmiennych kontrolnych. Metoda ta wykorzystuje rozwiązania analityczne dla podsieci silnie skorelowanej z siecią docelową. Zwiększenie możliwości obliczeń analitycznych dla podsieci poszerza zatem zakres stosowania metody symulacji ze zmiennymi kontrolnymi dla dużych sieci

Przytoczone przykłady wskazują, że obliczenia z wykorzystaniem dokładnej formuły opisującej gęstości wektorów wymagają oprogramowania do obliczeń symbolicznych. Dla dużych sieci długości wzorów oraz liczba obszarów w których funkcja zmienia swą postać może stanowić barierę nie do pokonania, mimo że bariera ta będzie się przesuwać w miarę rozwoju specjalistycznego oprogramowania i sprzętu komputerowego. Bardziej dokładne poznanie możliwości obliczeniowych wymaga dalszych badań.

Reasumując, metoda rekurencyjna poszerza możliwości obliczeń dokładnych, poszerza zakres efektywnej symulacji (zmienne kontrolne), nie może jednak zastąpić w praktyce metod przybliżonych, szczególnie dla dużych sieci.

LITERATURA

[1] DODIN B.M., *Reducibility of Stochastic Networks*, Omega, Vol. 13, No. 3, 223–232, 1985.

[2] FISHER D.L., SAIS D., GOLDSTEIN W.M., *Stochastic PERT Networks: OP Diagrams, Critical Paths and the Project Completion Time, Computers and Operations Research*, Vol. 12, No. 5, 471–482, 1985.

[3] HAGSTROM J.N., *Computing the Probability Distribution of Project Duration in a PERT Network*, Networks, Vol. 20, 1990, 231–244.

[4] HARTLEY H.O., WORTHAM A.W., *A Statistical Theory for PERT Critical Path Analysis*, Management Science, Vol. 12, pp. 469–481, 1966.

[5] KULKARNI V.G., V.G. ADLAKHA, *Markov and Markov-Regenerative PERT Networks*, Operations Research, Vol. 34, No. 5, 769–781, Sept.–Oct. 1986.

[6] MARTIN J.J., *Distribution of the Time Through a Directed Acyclic Network*, Operations Research, Vol. 13, 1965, 46–66.
[7] MILIAN Z., *Metody określania rozkładu czasu realizacji przedsięwzięcia w acyklicznych sieciach stochastycznych*, praca w druku.
[8] MILIAN Z., *Bezpośrednia metoda określania rozkładu czasu realizacji przedsięwzięcia*, Konferencja naukowa „Zarządzanie Procesami Inwestycyjnymi w Budownictwie", Gdańsk, 9–11 czerwca 2005.
[9] MILIAN Z., *Notes on time buffers' estimation in CCPM*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. V, No. 1, 2005.
[10] MILIAN Z., *Szacowanie buforów czasu w metodzie CCPM*, Konferencja naukowa „Zarządzanie Procesami Inwestycyjnymi w Budownictwie", Kraków, 13–15 maja 2004.
[11] RINGER L.J., *Numerical Operators for statistical PERT Critical Path Analysis*, Management Science, Vol. 16, No. 2, B-136–143, 1969.

A RECURSIVE METHOD FOR COMPUTING THE EXACT PROBABILITY DISTRIBUTION OF THE PROJECT COMPLETION TIME IN A STOCHASTIC PERT NETWORK

In the paper the exact density functions of project completion time for irreducible stochastic PERT networks are calculated by a recursive method. It is assumed that durations of particular tasks are independent random variables with known distributions.

The recursive method concerns any network and can be applied in the case of any continuous distributions of task durations. Its characteristic feature is lack of requirements for enumerating all paths in the network. The method requires evaluating integrals, so in case of large networks computer program with symbolic calculus is needed. The scope of applications depends on capabilities of such programs and computer resources. Comparison the recursive method with straightforward method is also included.

Nr 87 Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

prekwalifikacja, kryteria wyboru, model prekwalifikacji

Edyta PLEBANKIEWICZ*

PODSTAWOWE PROBLEMY WSTĘPNEJ KWALIFIKACJI WYKONAWCÓW ROBÓT BUDOWLANYCH

W artykule przedstawiono podstawowe problemy związane z prekwalifikacją wykonawców robót budowlanych, ze szczególnym uwzględnieniem kryteriów stosowanych w procesie wstępnej kwalifikacji. Uzasadniono potrzebę przeprowadzania wstępnej kwalifikacji wykonawców, podając zarazem korzyści płynące z jej stosowania, zdefiniowano pojęcie prekwalifikacji. Przedstawiono wyniki badań, wskazujące, że jest to procedura powszechnie stosowana przez inwestorów w różnych krajach. Na podstawie literatury, a także w oparciu o badania przeprowadzane wśród polskich inwestorów, wyselekcjonowano podstawowe kryteria stosowane przez inwestorów w procesie prekwalifikacji. Wskazano, które kryteria są postrzegane jako najważniejsze. Zestawiono najważniejsze modele prekwalifikacja, omawiane przez literaturę. Krótko scharakteryzowano najprostsze modele funkcjonujące w praktyce.

WSTĘP

Wybór niewłaściwego wykonawcy robót budowanych znacznie zwiększa ryzyko związane z przedsięwzięciem. Błędnie podjęta tu decyzja może prowadzić m.in. do przekroczenia planowanych kosztów, obniżenia jakości, niedotrzymania terminów.

Jedną z metod upewnienia się, że wykonawca budowlany jest w stanie wykonać powierzone mu zadania zgodnie z oczekiwaniami inwestora i wymaganiami przedsięwzięcia jest prekwalifikacja.

Artykuł przedstawia podstawowe problemy związane ze wstępną kwalifikacją wykonawców robót budowlanych, a w szczególności charakteryzuje kryteria stosowane przez inwestorów w procesie prekwalifikacji.

* Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24

1. DEFINICJE PREKWALIFIKACJI WYKONAWCÓW

W najprostszym ujęciu prekwalifikacja jest procedurą przed – przetargową, pozwalającą wybrać najbardziej odpowiednich kandydatów, spośród deklarujących chęć udziału w przetargu [2]. Moore i Stephen [1] uważają, że prekwalifikacja, jest selekcją wykonawców budowlanych dokonywaną przez inwestora lub jego reprezentantów w oparciu o zbiór kryteriów, które według nich, mogą ocenić kompetencje i możliwości wykonawcy biorącego udziału w przetargu, pozwalające na właściwe wykonanie przedsięwzięcia. Clough [1] twierdzi, że prekwalifikacja oznacza, iż firma wykonawcza, która chce brać udział w przetargu, musi być zakwalifikowana, zanim zostaną jej wydane dokumenty przetargowe lub przed złożeniem swojej oferty.

W praktyce możemy mówić o dwóch rodzajach prekwalifikacji, które mogą także stanowić dwa jej etapy. W bardziej ogólnym i powszechnie rozumianym ujęciu, prekwalifikacja jest formą „rejestracji" wykonawców zdolnych do wykonania konkretnych przedsięwzięć. Wykonawcy zazwyczaj grupowani są biorąc pod uwagę wybrany czynnik, np. posiadanie specjalistycznego sprzętu do wykonywania danego rodzaju robót. Prowadzi to w efekcie do stworzenia listy prekwalifikacyjnej („standing list"), która powinna być uaktualniana w określonych przedziałach czasowych, np. raz do roku. W tym przypadku o danego rodzaju przedsięwzięcia mogą ubiegać się jedynie wykonawcy zakwalifikowani na listę. Takie listy tworzone są w wielu krajach przez różnego typu organizacje rządowe, dużych inwestorów, ale także przez mniejszych inwestorów prywatnych [7].

Prekwalifikacja może także oznaczać wyselekcjonowanie grupy wykonawców najodpowiedniejszych do ubiegania się o daną konkretną inwestycję tzw. prekwalifikacja do przedsięwzięcia („per project"). W efekcie powstaje tu tzw. „krótka lista" wykonawców. Prekwalifikacja do konkretnego przedsięwzięcia jest dynamiczna z natury i uwzględnia specyficzne wymagania konkretnego przedsięwzięcia.

2. UZASADNIENIE STOSOWANIA PREKWALIFIKACJI

Wykonawcy robót budowlanych są wyłaniani głównie w trybach przetargowych. Według sprawozdań Urzędu Zamówień Publicznych w 2004 r. 83,01% zamówień publicznych na roboty budowlane było udzielonych w trybie przetargu nieograniczonego. Przetargi dają wprawdzie inwestorowi szansę udzielenia zlecenia firmie, która proponuje najtańsze usługi i krótkie cykle budowy, ale zazwyczaj pozwala na mało precyzyjną ocenę oferenta.

Równocześnie, rośnie ilość postępowań w których ostatecznym kryterium wyboru oferty jest jedynie cena. W 2004 r. ponad 60% inwestorów publicznych zastosowało tą metodę. Z drugiej strony wyniki badań wskazują, że najniżsi oferenci mają często

problem z zakończeniem przedsięwzięcia. Hatush i Skitmore [3] uważają, że akceptacja najniższej ceny jest podstawową przyczyną problemów z realizacją przedsięwzięcia, ponieważ bardzo często obniżka ceny wiąże się z obniżką jakości.

Wymienione uwarunkowania sprawiają, że szczególnego znacznie nabiera właściwa ocena predyspozycji wykonawcy do wykonania powierzonych mu zadań. Jedną z metod tej oceny jest prekwalifikacja.

Prekwalifikacja umożliwia wcześniejsze ustalenie kompetencji firm zapraszanych następnie do przetargu. Zapewnia ona, że oferty w procedurze przetargowej zostaną złożone przez wykonawców, którzy posiadają odpowiednie środki i możliwości do najlepszego zrealizowania planowanych robót.

Prekwalifikacja oznacza, że zaproszenia są kierowane do wiodących przedsiębiorstw, które niekoniecznie uczestniczyłyby w otwartym lub nieograniczonym przetargu. Uważa się także, że prekwalifikacja stanowi zachętę dla wykonawców do odpowiadania na zaproszenia do składania ofert na wykonanie takich inwestycji, które odpowiadają ich kwalifikacjom. Doświadczenie wykazało, że prekwalifikacja jest ważna przede wszystkim dla większych przedsięwzięć, i dla tych, dla których organizowane są przetargi międzynarodowe.

Dalszą korzyścią z prekwalifikacji, zarówno dla wykonawcy jak i dla zamawiającego, jest to, że unika się zbędnej pracy nad przygotowaniem a następnie oceną ofert pochodzących od nieodpowiednich oferentów. Jest to szczególnie ważne w przypadku przetargów, gdzie liczba zainteresowanych wykonawców jest bardzo duża.

Prekwalifikacja jest procedurą zalecaną m. in. przez międzynarodową federację krajowych stowarzyszeń niezależnych inżynierów konsultantów – FIDIC. Jako pomoc dla inwestorów i wykonawców został opracowany standardowy formularz prekwalifikacyjny, pozwalający zachować jednolitą formę poszukiwań informacji, a zarazem ułatwiając ich wzajemne porównanie [10].

Prekwalifikacja, zarówno w formie „per project", jak i do „standing list", jest powszechnie stosowaną procedurą w wielu krajach. Badania ankietowe przeprowadzone przez Russell, Hancher i Skibniewski [9] w USA, pozwoliły na zgromadzenie danych dotyczących prekwalifikacji od 173 inwestorów, zarówno publicznych jak i prywatnych. Jedynie 19 respondentów (10%) wskazało, że nie dokonuje wstępnej kwalifikacji wykonawców. Należy zaznaczyć, że takiej odpowiedzi udzielili jedynie inwestorzy publiczni. Tak, więc wszyscy inwestorzy prywatni, przyznali, że dokonują prekwalifikacji wykonawców.

Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii [5] objęły z kolei 80 firm wykonawczych. Wykonawcy wskazali m. in., że w 54% kontraktów, o które się ubiegali, przeprowadzona była prekwalifikacja, przy czym większość wykonawców była prekwalifikowana „per project" (63%).

Opublikowane w 1995 r. wyniki badań [4] dotyczące praktyk przetargowych w Wielkiej Brytanii wskazują, że dla 62% inwestorów wstępna kwalifikacja na podstawie „standing list", jest podstawą do przyznania kontraktu danej firmie. Tzn. na

etapie przetargu nie jest już dokładnie analizowana kompetencja wykonawców i wygrywa oferta najtańsza. Aż 70% inwestorów publicznych przyznało, że stosuje tego typu praktyki i 55% inwestorów prywatnych.

Przeprowadzone przez A. Dziadosz, na terenie województwa małopolskiego, badania pilotażowe obejmujące 15 inwestorów prywatnych, wykazały, że 8 biorących udział w badaniu spółek, zaprasza do składania ofert wybrane przez siebie przedsiębiorstwa budowlane. Dzieje się tak zazwyczaj w przypadku dużych inwestycji, o znacznej renomie.

3. KRYTERIA WSTĘPNEJ KWALIFIKACJI

Russell [8] opisuje proces prekwalifikacja jako sztukę, gdzie podstawą jest subiektywna ocena bazująca na indywidualnym doświadczeniu oceniającego. Mimo, iż w dużej mierze kwalifikacja wykonawcy przebiega w oparciu o ocenę subiektywną, przeprowadza się liczne badania, których celem jest poznanie kryteriów prekwalifikacji a także stopnia ich ważności dla inwestora.

Jedno z najprostszych ujęć kryteriów wstępnej kwalifikacji wykonawców prezentuje Russell [8]. Dzieli on kryteria na trzy podstawowe grupy:

1. Wstępne kryteria oceny (m. in. referencje, reputacja, wcześniejsze przedsięwzięcia).
2. Środki wykonawcy (środki finansowe, środki techniczne, aktualnie realizowane inwestycje).
3. Inne (kryteria specyficzne dla przedsięwzięcia).

Dość ciekawe ujęcie kryteriów prezentują autorzy w artykule [7]. Zaproponowano tu uwzględnienie następujących grup kryteriów:

1. „Gotowość do działania" – jakość informacji zawartych w kwestionariuszu prekwalifikacyjnym a także ogólne zaangażowanie wykonawcy.
2. „Odpowiedzialność„ – przestrzeganie prawa i regulacji lokalnych, niepowodzenia i kary w poprzednio realizowanych inwestycjach, wdrożony system zapewnienia jakości, system bezpieczeństwa.
3. „Kompetencje" – środki (finansowe, sprzętowe, zasoby ludzkie), doświadczenie, organizacja (struktura organizacyjna, systemy zarządzania).

W tabeli 1 zaprezentowano podstawowe grupy kryteriów stosowanych przez zamawiających w praktyce. Wymienione w tabeli 1 podkryteria mogą ulegać pewnym modyfikacjom w poszczególnych krajach, głównie ze względu na specyfikę obowiązujących przepisów, norm, standardów, jednak podstawowe grupy kryteriów można uznać za uniwersalne.

W miarę potrzeb niektóre z kryteriów mogą być dodatkowo rozbudowywane. Na przykład zamawiający może uważać kryterium doświadczenia za zasadnicze. Wtedy może pojawić się cała grupa kryteriów dotyczących właśnie doświadczenia wykonawcy (rodzaj zakończonych przedsięwzięć, wielkość zakończonych przedsięwzięć, po-

dobne zrealizowane inwestycje itp.). W niektórych wypadkach inwestor uważa za słuszne dołączenie do głównych kryteriów, także własnych specyficznych dla danej inwestycji, szczególnie istotnych w danym przypadku.

Tabela 1. Kryteria prekwalifikacji
Table 1. Prequalification criteria

Kryteria	Przykładowe podkryteria
Sytuacja finansowa	1. stabilność finansowa 2. obroty, zysk, zobowiązania, należności 3. posiadane środki finansowe i zdolność kredytowa
Możliwości techniczne	1. doświadczenie 2. sprzęt i wyposażenie 3. kadra
Zdolności organizacyjne	1. wcześniejsze inwestycje i ich jakość 2. polityka kontroli jakości 3. system zarządzania jakością 4. zarządzanie przedsięwzięciami 5. doświadczenie kadry technicznej 6. wiedza menedżerska
Przestrzeganie zasad BHP	1. wypadkowość 2. system zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy 3. polisa ubezpieczeniowa
Reputacja	1. wcześniejsze niepowodzenia w realizowanych przedsięwzięciach 2. długość czasu działalności firmy 3. wcześniejsze relacje z klientami 4. współpraca z kontrahentami

Kolejną kwestią jest sposób zebrania informacji, pozwalających stwierdzić stopień, w jakim wykonawca spełnia dane kryterium. Najczęściej są to różnego rodzaju dokumenty i zaświadczenia, których dostarczenia zamawiający żąda od wykonawcy. W wielu wypadkach żądane standartowo dokumenty nie są wystarczające, aby właściwie ocenić wykonawcę. Ocena wykonawców powinna być uzupełniona doświadczeniem i znajomością rynku zamawiającego, a także często poufnym zebraniem informacji u poprzednich zamawiających, w stowarzyszeniach zawodowych oraz spisach lub wykazach przedsiębiorstw krajowych. Oceniając reputację wykonawcy, jakość zrealizowanych przedsięwzięć itp., oprócz referencji od poprzednich zamawiających, często pomoc dla zamawiającego stanowią rozmowy i informacje bezpośrednio zebrane od innych inwestorów.

Celem prekwalifikacji jest często nie tylko ocena kompetencji wykonawcy, ale także ograniczenie liczby potencjalnych oferentów. W takim przypadku konieczna jest ocena nie tylko czy wykonawca spełnia postawione kryteria, ale również, w jakim stopniu są one spełnione. Nie wszystkie kryteria są tak samo ważne dla inwestora. Podstawową kwestią, jest więc przyznanie kryteriom odpowiednich wag.

Na temat ważności poszczególnych kryteriów w procesie prekwalifikacji przeprowadzono liczne badania w wielu krajach.

Badania ankietowe przeprowadzone przez Russell, Hancher i Skibniewski [9] w USA, pozwoliły na wyselekcjonowanie kryteriów branych pod uwagę przez inwestorów publicznych i prywatnych. Obydwie grupy inwestorów jako najważniejsze kryteria wskazują:

1. Stabilność finansową.
2. Niepowodzenia wykonawcy w realizacji dotychczas wykonywanych przedsięwzięć.
3. Doświadczenie.
4. Sukces w zakończonych przedsięwzięciach.

Należy jedynie zaznaczyć, że inwestorzy publiczni szczególny nacisk kładą na uwarunkowania finansowe, zaś inwestorzy prywatni na doświadczenie.

Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii [5] pozwoliły stwierdzić, jakie czynniki są najważniejsze w procesie prekwalifikacji w opinii wykonawców.

Jako główne czynniki brane pod uwagę w prekwalifikacji wykonawcy wymieniają kolejno:

1. Doświadczenie firmy w podobnych przedsięwzięciach.
2. Reputację wykonawcy.
3. Sytuację finansową firmy.

Przeprowadzone przez A. Dziadosz badania, wśród 15 firm specjalizujących się w realizacji inwestycji deweloperskich, pozwoliły na wyodrębnienie kryteriów, jakimi kierują się inwestorzy przy wstępnej selekcji wykonawców (podwykonawców) robót budowlanych. Za najważniejsze uznano:

1. Renomę i opinię rynkową firmy
2. Posiadane referencje od poprzednich inwestorów
3. Posiadanie polisy ubezpieczeniowej
4. Inwestycje dotychczas zrealizowane.

Hatush i Skitmore [3] przeprowadzili badania dotyczące wpływu kryteriów prekwalifikacja na czynniki decydujące o końcowym sukcesie przedsięwzięcia (czas, koszt i jakość). Wyniki badań wskazują, że takie kryteria wstępnej kwalifikacji wykonawców, jak wcześniejsze niepowodzenia, stabilność finansowa, doświadczenie wpływają w największym stopniu na wszystkie trzy czynniki decydujące o sukcesie.

4. MODELE PREKWALIFIKACJI

Wyselekcjonowanie podstawowych kryteriów prekwalifikacji, było podstawą do budowy modeli wspomagających inwestora w podejmowaniu decyzji dotyczącej wstępnej kwalifikacji wykonawców. Literatura podaje kilkanaście modeli prekwalifikacji. Najważniejsze z nich, według rosnącego stopnia ich skomplikowania, podając także autorów modeli, zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2 Modele prekwalifikacji
Table 2 Prequalification models

Model	Autorzy
Model wagowy	Jaselskis i Russell (1991)
Model wagowy rozszerzony	Jaselskis i Russell (1991)
Model dwustopniowy	Jaselskis i Russell (1991)
Formuła prekwalifikacyjna	Russell i Skibniewski (1990)
Model finansowy	Russell (1992) [8]
Model liniowy	Russell (1992) [8]
Model liniowy wykorzystujący przybliżenie PERT	Hatush i Skitmore (1997) [2]
Model użyteczności	Diekmann (1981)
Model oparty na zbiorach rozmytych	Nguyen (1985)
Model statystyczny	Jaselskis (1988)
Model wykorzystujący systemy eksperckie	Russell (1990)
Model hybrydowy	Russell (1992) [8]
Model wykorzystujący analityczny proces hierarchiczny (AHP)	Fong i Choi (2000), a także Al-Harbi (2001) [1]
Model wykorzystujący sieci neuronowe	Lam , Hu, Ng, Skitmore i Cheung (2001), a także Khosrowshah (1999)
Metoda analizy czynników głównych	Lam, Hu, Ng (2005) [6]

Tylko nieliczne z wymienionych modeli inwestorzy wykorzystują w praktyce. Są to najprostsze modele uwzględniające różne kryteria. Poniżej scharakteryzowano najważniejsze z nich:

1. Model wagowy

Inwestor sam dokonuje wyboru kryteriów i ich wag. Każdy wykonawca jest oceniany w wyznaczonej skali według założonych kryteriów. Końcowa ocena jest iloczynem oceny danego kryterium i jego wagi.

2. Model dwustopniowy

Jest modyfikacją modelu wagowego. W pierwszym etapie, ocena wykonawcy jest dokonywana na podstawie wstępnych kryteriów. Do drugiego etapu przechodzą wykonawcy zakwalifikowani w pierwszym etapie. Drugi etap wygląda tak samo jak w metodzie wagowej, tyle, że wykonawcy są oceniani już na podstawie bardziej szczegółowych kryteriów. Metoda pozwala na szybką eliminację nieodpowiednich wykonawców.

3. Model wagowy – rozszerzony

Inwestor buduje listę kryteriów, biorąc pod uwagę stopień ważności poszczególnych kryteriów. Następnie wykonawcy są oceniani kolejno według utworzonej listy. Jeśli wykonawca nie spełnia danego kryterium, jest usuwany z procesu prekwalifikacji.

Większość pozostałych modeli pozostaje w sferze badań naukowych, nie znajdując zastosowania w praktyce. Modele te zostaną przybliżone w następnych opracowaniach.

5. ZAKOŃCZENIE

Prekwalifikacja, jest procedurą korzystną zarówno dla wykonawcy jak i inwestora. Pozwala ona na wyselekcjonowanie najodpowiedniejszych wykonawców, a zarazem umożliwia oszczędności czasu i kosztów związanych z przygotowaniem i oceną ofert sporządzonych przez wykonawców uznanych przez inwestora za nieodpowiednich.

W artykule przybliżono kryteria oraz modele stosowane w procesie prekwalifikacji. Ich znajomość może pozwolić inwestorom na zbudowanie lub zmodyfikowanie dotychczas stosowanych procedur.

LITERATURA

[1] AL-HARBI K.M., *Application of the ahp in project management*, International Journal of Project Management, 2001, 19, 19–27.

[2] HATUSH Z., SKITMORE M., *Assessment and evaluation of contractor data against client goals using PERT approach*, Construction Management and Economics, 1997, 15, 327–340.

[3] HATUSH Z., SKITMORE M., *Evaluating contractor prequalification data: selection criteria and project success factors*, Construction Management and Economics, 1997, 15, 129–147.

[4] HOLT G.D., OLOMALAIYE P.O., HARRIS F.C., *A review of contractor selection practice in the U.K. construction industry*, Building and Environment, 1995, 30, 4, 553–561.

[5] JENNINGS P., HOLT G.D., *Prequalification and multi-criteria selection: a measure of contractors' opinions*, Construction Management and Economics, 1998, 16, 651–660.

[6] LAM K.C., HU T., NG S.T., *Using the principal component analysis method as a tool in contractor pre-qualification*, Construction Management and Economics, 2005, 23, 673–684.

[7] PALANEESWARAN E., KUMARASWAMY M., *Recent advances and proposed improvements in contractor prequalification methodologies*, Building and Environment, 2001, 36, 73–87.

[8] RUSSELL J. S., *Decision models for analysis and evaluation of construction contractors*, Construction Management and Economics, 1992, 10, 185–202.

[9] RUSSELL J. S., HANCHER D.E., SKIBNIEWSKI M. J., *Contractor prequalification data for construction owners*, Construction Management and Economics, 1992, 10, 117–135.

[10] Standardowy formularz prekwalifikacyjny dla wykonawców, Międzynarodowa Federacja Inżynierów Konsultantów, I wydanie, 1992.

THE BASIC PROBLEMS OF CONTRACTOR PREQUALIFICATION

The article presents the basic problems of contractor prequalification with special emphasis on the criteria used in the process. The need for the prequalification is justified and the benefits of doing so are described. The term prequalification is defined. Research results reveal that the procedure is widely employed by investors in various countries. On the basis of literature and research into Polish investors, the criteria used in the process of prequalification have been selected. The most crucial criteria are highlighted. The most recent models of prequalification described in the literature are compared. A short account of the simplest models is given.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

*harmonogramowanie robót budowlanych,
optymalizacja, szeregowanie zadań
metaheurystyki*

Michał PODOLSKI*

ZASTOSOWANIE METAHEURYSTYCZNYCH ALGORYTMÓW SZEREGOWANIA ZADAŃ W HARMONOGRAMOWANIU WIELOOBIEKTOWYCH PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH

W pracy przedstawiono modele przedsięwzięć, które wymagają wykonania wielu obiektów budowlanych przy ograniczonym dla realizatora dostępie do zasobów. Są one przypadkami problemów optymalizacji dyskretnej rozważanych zazwyczaj w ramach teorii szeregowania zadań. W związku z wielką liczbą rozwiązań dopuszczalnych takich problemów zastosowano metody przybliżone – algorytmy poszukiwania z zakazami, genetyczny, symulowanego wyżarzania. Zaprezentowane modele zilustrowano przykładami obliczeniowymi.

1. WPROWADZENIE

W praktyce można spotkać się z przedsięwzięciami polegającymi na realizacji przez wykonawcę wielu obiektów budowlanych odległych od siebie. Wykonawca z reguły dysponuje własnymi, ograniczonymi zasobami i jednocześnie stara się nie korzystać z zasobów podwykonawców. W literaturze dla takich przypadków proponuje się, w celu utworzenia harmonogramu optymalnego, stosowanie m.in. metod potokowych (np. metod sprzężeń czasowych – MSC) – [2, 3, 5, 6] wykorzystujących do rozwiązywania zagadnienia optymalizacyjnego schemat podziału i ograniczeń (B&B). W związku z ograniczeniem stosowania tej metody optymalizacji, dla przedsięwzięć z dużą liczbą obiektów lub robót jest konieczne stosowanie metaheurystyk (m.in. [1, 10]). Użycie ich pozwala ponadto na przyjęcie bardziej złożonych ograniczeń lepiej opisujących przebieg realizacji obiektów budowlanych. Poniżej przedstawiono dwa modele przedsięwzięć polegających na realizacji wielu takich obiektów i podano sposób rozwiązania zagadnień optymalizacji dyskretnej

* Instytut Budownictwa, Politechnika Wrocławska

za pomocą algorytmów: poszukiwania z zakazami (tabu search), genetycznego, symulowanego wyżarzania.

2. OPIS I MODEL MATEMATYCZNY PRZEDSIĘWZIĘCIA WIELOOBIEKTOWEGO

Zadaniem wykonawcy jest realizacja inwestycji składającej się z n obiektów budowlanych (działek roboczych), które znajdują się w znacznych odległościach od siebie. Zakłada się, że ww. obiekty są niejednorodne. Przez znaczne odległości rozumie się w tym przypadku takie, które powodują konieczność uwzględnienia w modelu dodatkowych czasów potrzebnych dla przetransportowania grup roboczych z obiektu poprzedniego na następny oraz doprowadzenia tych grup do stanu gotowości do podjęcia pracy (podobnie jak w [1]). Czasy te są zależne od rodzaju roboty oraz od odległości pomiędzy obiektami, a więc od kolejności ich realizacji.

Każdy z planowanych do wykonania obiektów wymaga realizacji m robót. W odróżnieniu od modelu przedstawionego w [8], gdzie założono szeregowy układ robót poszczególnych obiektów, zależności czasowe między robotami dla obiektu j są zadane pewnym grafem. W grafie tym mogą występować obciążenia łuków wyrażone w postaci zależności czasowych między wierzchołkami (robotami) typu: SS (start – start), FS (finish – start), SF (start – finish), FF (finish – finish).

Przyjmuje się, że dla obiektów nie są narzucone terminy ich dostępności dla realizatora oraz, że grupy robocze są dostępne w każdym terminie. Zakłada się, że dla inwestora ważny jest termin realizacji wszystkich obiektów i w związku z tym poszukuje się harmonogramu o najmniejszym czasie ich realizacji. Wykonania przedsięwzięcia może podjąć się realizator, który dysponuje tylko po jednej (model 1) lub więcej niż jednej grupie roboczej dla danego rodzaju roboty (model 2).

W związku z powyższym można sformułować dwa modele matematyczne optymalizacji takiego przedsięwzięcia:

Parametry:

- zbiór obiektów (działek roboczych) $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3, ..., Z_j, ..., Z_n\}$,
- zbiór wszystkich grup roboczych $B = \{B_1, B_2, B_3, ..., B_i, ..., B_m\}$ w którym B_i reprezentuje tylko jedną grupę (model 1) lub wiele identycznych grup wykonujących robotę jednego rodzaju (model 2),
- zbiory czasów trwania robót $P_j = \{p_{1j}, p_{2j}, p_{3j}, ..., p_{ij}, ..., p_{mj}\}$ realizowanych przez zbiór grup roboczych B, które należy wykonać na obiektach $Z_j \in Z$,
- zależności między robotami obiektu j są zadane grafami $K(j) = (M, F)$, gdzie M jest zbiorem obciążonych czasem realizacji roboty p_{ij} wierzchołków reprezentujących roboty obiektu j ($|M| = m$), natomiast F jest zbiorem obciążonych łuków wyrażających ograniczenia technologiczne. Obciążenia łuków są podane

w postaci powyżej opisanych zależności czasowych wyrażonych za pomocą n macierzy górnych, trójkątnych SS_j, SF_j, FS_j0FF_j o rozmiarach $m \times m$,

- dodatkowe czasy niezbędne dla przemieszczania grup roboczych między obiektami, zależne od rodzaju grupy roboczej oraz kolejności realizacji obiektów, które można zapisać w postaci m macierzy $S_{S\,i}$ rozmiarach $n \times n$.

Ograniczenia:

- kolejność robót wynikająca z technologii: $p_{i-1,j} < p_{k,j} < p_{i+1,j}$,
- w tym samym momencie grupa robocza może wykonywać tylko jedną robotę.

Postać zmiennej decyzyjnej jest różna dla poszczególnych modeli:

- model 1 – kolejność (permutacja) realizacji obiektów $\pi = (\pi(1), \pi(2), ..., \pi(n))$,
- model 2 – zestaw permutacji podziału rozłącznego dotyczącego kolejności realizacji obiektów $\pi = (\pi_1, \pi_2, ..., \pi_i, ..., \pi_m)$, gdzie π_i – podział rozłączny permutacji obiektów dotyczący rodzaju roboty i, $\pi_i = (\pi_{i1}, \pi_{i2}, \pi_{ik} ... \pi_{i\,ml})$, m_1 – liczba grup roboczych dla rodzaju roboty i [7],

Funkcją celu jest czas realizacji C_{max} wszystkich robót na wszystkich obiektach ze zbioru Z, przy czym poszukuje się harmonogramu dla minimum tej funkcji.

W teorii szeregowania zadań autor nie spotkał się z badaniami dotyczącymi powyżej opisanych modeli. Można je jednak zdefiniować jako:

- model 1 – zagadnienie gniazdowe (ze względu na opis grafem $K(j)$ zależności technologicznych robót dla obiektu j) z przezbrojeniami i czasami transportu zadań danymi grafem $K(j)$ oraz funkcją celu C_{max},
- model 2 – jak powyżej, lecz z zastosowaniem m zestawów identycznych maszyn równoległych, z których każdy realizuje tylko rodzaj roboty i ($|B_i| = m_1$).

Powyżej opisany model z zastosowaniem wielu identycznych grup roboczych (model 2), lecz bez uwzględnienia dodatkowych czasów potrzebnych na przetransportowanie grup roboczych z obiektu poprzedniego na następny, był już przedmiotem badań w pracy [3] z rozwiązaniem zagadnienia optymalizacyjnego algorytmem z grupy metod podziału i ograniczeń.

Dla zilustrowania opisanych modeli optymalizacyjnych podano dwa przekłady.

Przykład 1. Dotyczy on modelu 1 z zastosowaniem tylko jednej grupy roboczej dla roboty jednego rodzaju. Planuje się realizację trzech obiektów budowlanych odległych od siebie. Każdy z nich wymaga wykonania siedmiu robót, między którymi są ustalone zależności technologiczne dane pewnym grafem K. Opis grafu został przedstawiony w tabeli 1 (poprzedniki i następniki grafu K przyjęto w celu uproszczenia przykładu dla każdego obiektu takie same).

Obciążenia łuków grafu K są następujące:

$SS_1[A,C] = 2$, $SS_1[A,F] = 2$, $SS_1[B,C] = 5$, $FS_1[C,D] = 5$, $FS_1[D,E] = -4$, $FS_1[F,G] = -5$,
$SS_2[A,C] = 5$, $SS_2[A,F] = 4$, $SS_2[B,C] = 7$, $FS_2[C,D] = 5$, $FS_2[D,E] = -7$, $FS_2[F,G] = -5$,
$SS_3[A,C] = 1$, $SS_3[A,F] = 1$, $SS_3[B,C] = 1$, $FS_3[C,D] = 5$, $FS_3[D,E] = -2$, $FS_3[F,G] = -2$.

Tabela 1. Przykład 1 – opis grafu K
Table 1. The example 1 – the description of graph K

	Roboty								
	s (start)	A – zagosp. terenu	B – roboty ziemne	C – fundamenty	D – ściany, stropy	E – dach, pokrycie	F - sieci	G - drogi	k (koniec)
następniki	A, B	C, F	C	D	E	k	G	k	-
poprzedniki	-	s	s	A, B	C	D	A	F	E, G

Czasy wykonywania robót na trzech obiektach zapisano w macierzy T:

$$T = \begin{bmatrix} 4 & 8 & 12 & 35 & 18 & 45 & 25 \\ 8 & 10 & 14 & 40 & 28 & 19 & 15 \\ 2 & 2 & 7 & 14 & 12 & 10 & 8 \end{bmatrix}.$$

Dane dotyczące czasów wymaganych ze względu na przemieszczanie grup roboczych między obiektami (zależnych od rodzaju grupy roboczej oraz kolejności realizacji obiektów) są zapisane w postaci siedmiu macierzy S_{Si} (i = A ... G):

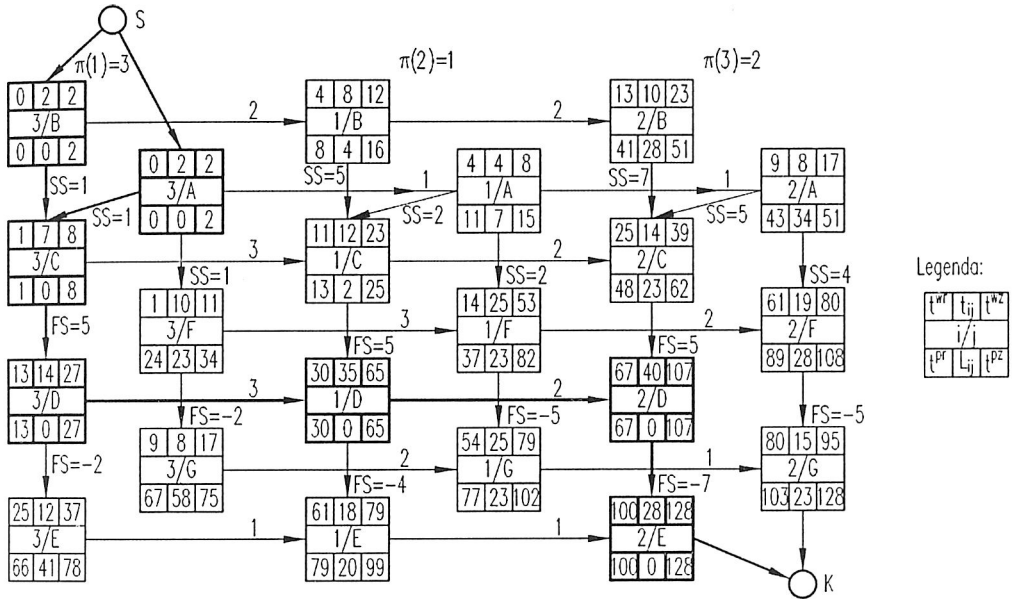
$$S_{SA} = S_{SB} = S_{SG} = \begin{bmatrix} - & 1 & 2 \\ 1 & - & 1 \\ 2 & 1 & - \end{bmatrix}, \quad S_{SC} = S_{SD} = S_{SF} = \begin{bmatrix} - & 2 & 3 \\ 2 & - & 2 \\ 3 & 2 & - \end{bmatrix}, \quad S_{SE} = \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 1 & - & 1 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}.$$

Przyjęto przykładową permutację realizacji obiektów π = (3, 1, 2). Na podstawie powyższych danych można utworzyć graf $G(\pi)$ (C_{max} = 128 j. cz.), który jest przedstawiony na rys. 1. Na tym rysunku określono również (patrz legenda):

- t_{ij} – czas wykonywania roboty i w obiekcie j,
- t^{wr} – najwcześniejszy termin rozpoczęcia wykonywania ww. roboty,
- t^{pr} – najpóźniejszy termin rozpoczęcia wykonywania ww. roboty,
- t^{wz} – najwcześniejszy termin zakończenia wykonywania ww. roboty,
- t^{pz} – najpóźniejszy termin zakończenia wykonywania ww. roboty,
- L_{ij} – zapas czasu ww. roboty.

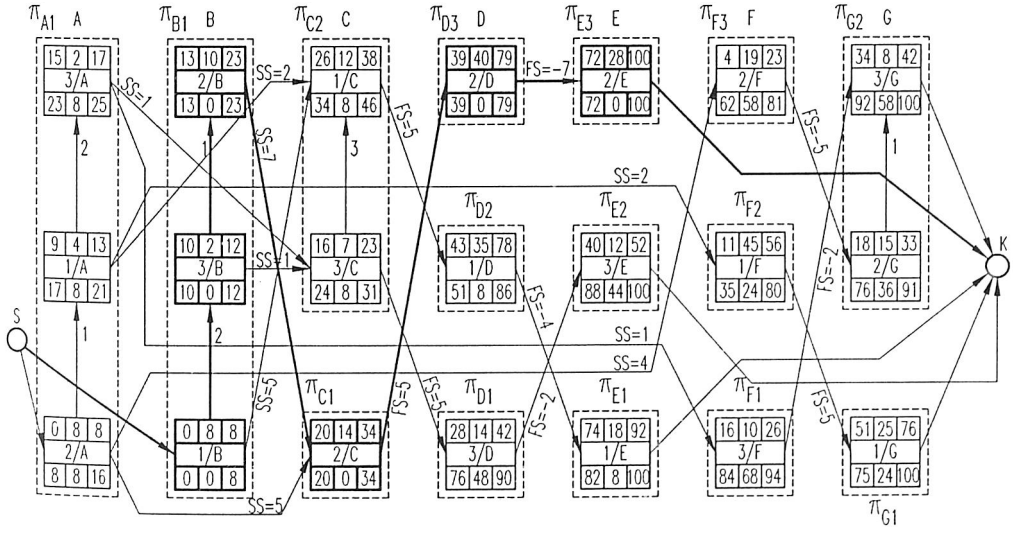
Roboty leżące na ścieżce krytycznej pogrubiono na rys. 1.

Przykład 2. Dotyczy on modelu 2 z zastosowaniem więcej niż jednej grupy roboczej dla roboty jednego rodzaju. Dane wejściowe do tego przykładu przyjęto jak w przykładzie 1. Przyjmuje się liczbę identycznych grup roboczych dla roboty jednego rodzaju: robota A – 1 grupa, B – 1, C – 2, D – 3, E – 3, F – 3, G – 2. W związku z tym przyjęto przykładowo następującą zmienną decyzyjną – zestaw permutacji podziału rozłącznego: π_{A1} = (2, 1, 3), π_{B1} = (1, 3, 2), π_{C1} = (2), π_{C2} = (3, 1), π_{D1} = (3), π_{D2} = (1), π_{D3} = (2), π_{E1} = (1), π_{E2} = (3), π_{E3} = (2), π_{F1} = (3), π_{F2} = (1), π_{F3} = (2), π_{G1} = (1), π_{G2} = (2, 3).



Rys. 1. Przykład 1 – graf $G(\pi)$
Fig. 1. The example 1 – the graph $G(\pi)$

Utworzony graf $G(\pi)$ jest przedstawiony na rys. 2 (C_{max} = 100 j. cz.).



Rys. 2. Przykład 2 – graf $G(\pi)$
Fig. 2. The example 2 – the graph $G(\pi)$

3. METODY ROZWIĄZANIA ZAGADNIENIA OPTYMALIZACYJENGO

Powyżej przedstawione modele są NP-trudnymi zagadnieniami optymalizacyjnymi. W praktyce budowlanej najczęściej spotykane są problemy o niewielkich rozmiarach (niewielkiej liczbie obiektów i robót). W związku z tym dla takich przypadków teoretycznie odpowiednim sposobem rozwiązania powinien być schemat podziału i ograniczeń (B&B), za pomocą którego można uzyskać wynik dokładny (optymalny) [11]. Rozwiązanie problemu podobnego do modelu 2 niniejszej pracy, z zastosowaniem algorytmu B&B, zostało przedstawione w [3]. Wadą tej metody jest ograniczony zakres stosowania ze względu na gwałtownie (wykładniczo) rosnący czas obliczeń wraz ze wzrostem rozmiarów rozwiązywanego problemu [11].

W związku z powyższym dla rozważanego problemu celowe wydaje się zastosowanie algorytmów metaheurystycznych. Istotną cechą jest dostarczanie przez nie rozwiązań przybliżonych. Często jednak dla problemów o niewielkich rozmiarach algorytmy te pozwalają na uzyskanie rozwiązań optymalnych [11].

Do rozwiązania zagadnienia optymalizacyjnego dwóch modeli przedstawionych w niniejszej pracy wybrano algorytmy: poszukiwania z zabronieniami, genetyczny, symulowanego wyżarzania.

Przyjęto następujące założenia dotyczące formy i parametrów tych metaheurystyk:

Model 1 (z zastosowaniem tylko jednej grupy roboczej dla roboty jednego rodzaju):

- algorytm poszukiwania z zabronieniami (TS) [7]:
  - otoczenie N_π zawiera permutacje utworzone z π za pomocą ruchu „wstaw",
  - lista tabu LT jest cykliczna i zawiera atrybuty ostatnio rozpatrywanych rozwiązań, ma z góry określoną maksymalną długość – $0{,}5*n$,
  - kryterium aspiracji (warunek pominięcia ograniczenia danego przez listę tabu LT) polega na możliwości przyjęcia rozwiązania z bieżącego otoczenia N_π, którego funkcja celu jest lepsza od najlepszego dotychczas znalezionego,
- algorytm genetyczny (GS) [9]:
  - utworzona losowo populacja składa się z osobników – permutacji π, liczebność jej wynosi $10*n$,
  - przyjęto wymianę co 100 iteracji 90% osobników z populacji na osobniki utworzone losowo z zachowaniem 10% najlepszych z populacji,
  - krzyżowanie – zastosowano operatory OX, PMX, CX (przyjęto zmianę operatora na losowo wybrany z tej grupy co 100 iteracji), część osobników z populacji wybrana do krzyżowania – 20% (jest to jednocześnie wielkość pokolenia),
  - mutacja realizowana na osobnikach pokolenia za pomocą ruchu „wstaw" zastosowanego do losowo wybranego osobnika z pokolenia, część populacji ulegająca mutacji – 2%, prawdopodobieństwo mutacji – 0.1,
- algorytm symulowanego wyżarzania – (SA) [4]:
  - otoczenie N_π zawiera permutacje wygenerowane z π za pomocą ruchu „wstaw",
  - zastosowano funkcję akceptacji Boltzmanna,

- nie akceptowano rozwiązań gorszych od bazowego o ε = 30 % wartości funkcji celu,
- przyjęto schemat geometryczny chłodzenia tj. $T_{i+1} = \lambda T_i$ oraz $T_0 = 60$, $T_N = 0.2$, liczba rozpatrywanych rozwiązań przy ustalonej temperaturze – $1.0*n$,
- skok powrotny do ostatniego najlepszego rozwiązania po $2*n$ iteracjach.

Model 2 (z użyciem więcej niż jednej grupy roboczej dla roboty jednego rodzaju):

- algorytm poszukiwania z zabronieniami (TS) [7]:
  - otoczenie N_π zawiera permutacje wygenerowane z π przez zastosowanie ruchu wstaw dla losowo wybranej permutacji π_i ($\pi_i \in \pi$),
  - maksymalna długość listy tabu $LT - \frac{1}{3} * n * m$,
  - kryterium aspiracji jak w modelu 1,
- algorytm genetyczny (GS):
  - założenia jak w modelu 1, krzyżowanie – operatory jak w modelu 1, ale tylko w odniesieniu do losowo wybranych z permutacji π permutacji π_i ($\pi_i \in \pi$) z obojga rodziców bez uwzględnienia ich podziału rozłącznego,
  - mutacja – ruch „wstaw" (pozwalająca na zmianę podziału permutacji π_i), część populacji ulegająca mutacji – 10%, prawdopodobieństwo mutacji – 1.0,
- algorytm symulowanego wyżarzania (SA):
  - założenia jak w modelu 1, otoczenie N_π zawiera permutacje wygenerowane z π przez zastosowanie ruchu wstaw dla losowo wybranej permutacji π_i ($\pi_i \in \pi$),

Założono warunek zakończenia pracy algorytmów (wspólny dla algorytmów TS, GS, SA) – 10 000 iteracji. Implementację programową dokonano w środowisku Mathematica. Dla zilustrowania ich działania podano przykład 3.

Przykład 3. Planowana jest realizacja 12 obiektów budowlanych odległych od siebie. Każdy z nich wymaga wykonania 7 robót. Między robotami ustalone są zależności technologiczne dane pewnym grafem K, którego poprzedniki i następniki są takie same dla każdego obiektu i przyjęto je jak w przykładzie 1. Obciążenia łuków grafu K (wyrażone w dniach roboczych) są podane w tabeli 2.

Tabela 2. Przykład 3 – opis łuków grafu K
Table 2. The example 3 – the description of arcs in graph K

	Obciążenie łuków dla obiektów [dni robocze]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SS [A,C]	2	5	1	4	7	3	10	5	2	8	2	3
SS [A,F]	2	4	1	4	6	2	8	4	2	7	2	3
SS [B,C]	5	7	1	3	8	6	14	15	2	20	6	9
FS [C,D]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
FS [D,E]	-4	-7	-2	-1	-3	-1	-5	-4	-3	-3	-3	-5
FS [F,G]	-5	-5	-2	-2	-5	-4	-5	-4	-5	-7	-2	-7

Czasy wykonywania robót (wyrażone w dniach roboczych) na 12 obiektach zapisano w macierzy T. Dane dotyczące czasów wymaganych ze względu na przemieszczanie grup roboczych między obiektami, są zapisane w postaci siedmiu macierzy S_{Si} (i = A...G). Przyjęto $S_{SA} = S_{SB} = S_{SG}$ oraz $S_{SC} = S_{SD} = S_{SF} = S_{SE}$.

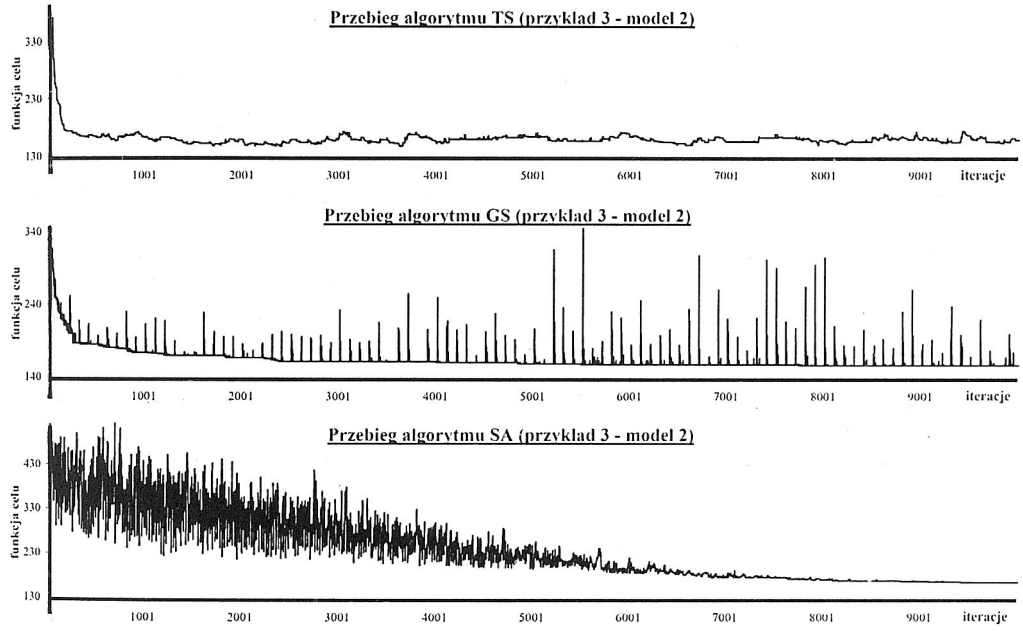
$$T = \begin{bmatrix} 4 & 8 & 12 & 35 & 18 & 45 & 25 \\ 8 & 10 & 14 & 40 & 28 & 19 & 15 \\ 2 & 2 & 7 & 14 & 12 & 10 & 8 \\ 7 & 11 & 4 & 8 & 12 & 20 & 12 \\ 14 & 18 & 10 & 16 & 12 & 25 & 22 \\ 5 & 8 & 7 & 10 & 5 & 12 & 17 \\ 15 & 18 & 25 & 33 & 19 & 36 & 24 \\ 7 & 22 & 27 & 29 & 18 & 31 & 17 \\ 3 & 4 & 10 & 14 & 11 & 19 & 22 \\ 11 & 27 & 38 & 22 & 17 & 29 & 35 \\ 5 & 8 & 12 & 17 & 10 & 16 & 12 \\ 6 & 13 & 33 & 37 & 25 & 34 & 39 \end{bmatrix} \quad S_{SA} = \begin{bmatrix} - & 1 & 2 & 1 & 3 & 2 & 2 & 3 & 2 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & - & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & - & 3 & 3 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 3 & 3 & - & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 3 & 2 & - & 3 & 3 & 1 & 1 & 2 & 1 & 3 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 3 & - & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 1 & 3 & 2 & - & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 3 & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & - & 1 & 2 & 1 & 3 \\ 2 & 3 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & - & 3 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & 3 & - & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & - & 1 \\ 2 & 2 & 3 & 1 & 3 & 1 & 2 & 3 & 3 & 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

$$S_{SC} = \begin{bmatrix} - & 2 & 3 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & - & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & - & 2 & 2 & 1 & 3 & 2 & 1 & 1 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & - & 2 & 3 & 1 & 3 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & - & 3 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 3 & 3 & - & 1 & 2 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 & - & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 2 & 3 & 2 & 2 & 2 & - & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 2 & - & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 & - & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & - & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 & 3 & 1 & 3 & 1 & 1 & 2 & 1 & - \end{bmatrix}$$

Przeprowadzone obliczenia z zastosowaniem algorytmów TS, GS, SA dla modelu 1 (jedna grupy robocza dla danej roboty) pozwoliły na uzyskanie, dla każdego z trzech rozważanych w pracy algorytmów, minimalnej wartości funkcji celu wynoszącej 319 dni roboczych dla permutacji π = (3, 9, 2, 12, 6, 11, 8, 1, 10, 7, 5, 4).

Następnie wykonano obliczenia dla modelu 2 (wiele grup roboczych dla danej roboty) z założeniem liczby grup roboczych: robota A – 2 grupy, B – 3, C – 3, D – 4, E – 2, F – 3, G - 3. W tym przypadku wartości funkcji celu są następujące: algorytm TS – 144 dni roboczych, GS – 151, SA – 149. Permutacja π, dla której wartość funkcji celu jest równa 144 dni roboczych, jest następująca: π = (((12,1,11,5,8), (3,9,6,4,2,7,10)), ((12,2,5), (1,7,8), (3,9,4,6,11,10)), ((12,8), (9,3,4,2,6,7), (1,5,11,10)),

((1,2), (11,6), (9,4,12,7), (3,5,8,10)), ((9,4,5,12,8,7), (3,1,11,6,2,10)), ((12,2,10,5), (9,7,6,8), (3,1,11,4)), ((7,8), (12,11,2,4,6), (9,3,1,10,5))). Na rys. 3 przedstawiono przebiegi poszukiwań minimalnej wartości funkcji celu rozpatrywanych algorytmów TS, GS, SA dla niniejszego przykładu z założeniami modelu 2.



Rys. 3. Przykład 3 (model 2) – przebiegi poszukiwań lokalnych algorytmów TS, GS, SA
Fig. 3. The example 3 (model 2) – local searching of algorithms TS, GS, SA

4. PODSUMOWANIE

Zaprezentowane w pracy modele mogą być stosowane przez wykonawcę podczas planowania i sterowania realizacją robót budowlanych w przypadku dysponowania przez niego jedną lub więcej niż jedną grup roboczych danego rodzaju. Bardziej dokładny opis parametrów i ograniczeń występujących w harmonogramowaniu przedsięwzięć budowlanych oraz możliwa wielkość takich projektów (liczba obiektów i robót) wymaga jednak stosowania metod przybliżonych np. metaheurystyk [11]. Dalsze prace autora będą dotyczyć uwzględnienia innych funkcji celu m.in. zależności koszt/czas (zagadnienia wyboru podwykonawców lub technologii wykonywania robót optymalizujące tego typu zależności), kryteriów związanych z nieterminowością wykonywania robót w obiektach.

LITERATURA

[1] HEGAZY T., ELHAKEEM A., ELBELTAGI E., *Distributed Scheduling Model for Infrastructure Networks*. Journal of Construction Engineering and Management, March/April 2004.
[2] HEJDUCKI Z., ROGALSKA M., *Metody sprzężeń czasowych TCM*. Przegląd Budowlany 2/2005.
[3] JAWORSKI K.M., BOROWIK A., *Określenie optymalnej kolejności prowadzenia robót budowlanych przy realizacji wieloobiektowego zadania budowlanego*. XXXI Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZiTB, Kraków–Krynica 1985.
[4] KIRKPATRICK S., GELATT C.D., VECCHI M.P. *Optimization by simulated annealing*. Science 1983, 220, 671–680.
[5] MARCINKOWSKI R., *Metody rozdziału zasobów realizatora w działalności inżynieryjno-budowlanej*, Warszawa, WAT, 2002.
[6] MROZOWICZ J., *Metody organizacji procesów budowlanych uwzględniające sprzężenia czasowe*. Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
[7] NOWICKI E., Metoda *tabu w problemach szeregowania zadań produkcyjnych*. Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej PWr., Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1999.
[8] PODOLSKI M., *Modelowanie realizacji robót budowlanych z zastosowaniem teorii szeregowania zadań*. Konferencja naukowo-techniczna „Budownictwo polskie w rok po wstąpieniu do Unii Europejskiej", Gdańsk 2005.
[9] REEVES C., *A genetic algorithm for flowshop sequencing problem*. Computer and Operational Research, 1995, 80, 397–403.
[10] ROGALSKA M., BOŻEJKO W., HEJDUCKI Z., *Sterowanie poziomem zatrudnienia z zastosowaniem algorytmów genetycznych*. LI Konferencja naukowa KILiW PAN i KN PZiTB, Gdańsk–Krynica 2005.
[11] SMUTNICKI Cz., *Algorytmy szeregowania*. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002.

THE APPLICATION OF METAHEURISTIC ALGORITHMS OF JOB SCHEDULING PROBLEMS FOR SCHEDULING MULTIOBJECT CIVIL ENGINEERING PROJECTS

The paper deals with problems of scheduling multiobject civil engineering projects. The models of these problems are presented. The solution is based on metaheuristic algorithms of job scheduling problems: tabu search, genetic search, simulated annealing. The examples of models and application of these algorithms are also presented.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

optymalizacja, przedsięwzięcie budowlane, algorytm ewolucyjny

Magdalena ROGALSKA*
Wojciech BOŻEJKO**
Zdzisław HEJDUCKI**

HARMONOGRAMOWANIE PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH Z ZASTOSOWANIEM HYBRYDOWEGO ALGORYTMU EWOLUCYJNEGO

W artykule przedstawiono wyniki eksperymentu numerycznego dotyczącego zastosowania hybrydowego algorytmu ewolucyjnego do harmonogramowania przedsięwzięcia budowlanego. Uwzględniono przypadek optymalnego planowania przebiegu robót budowlanych z przyjęciem kryterium miary równomierności zapotrzebowania na zasoby (poziomu zatrudnienia pracowników). Przyjęto ponadto ograniczenia związane z zastosowaniem metodyki łańcucha krytycznego (CSS/BM). Do obliczeń optymalizacyjnych zastosowano klasyczny algorytm genetyczny oraz zmodyfikowany hybrydowy algorytm ewolucyjny.

1. WSTĘP

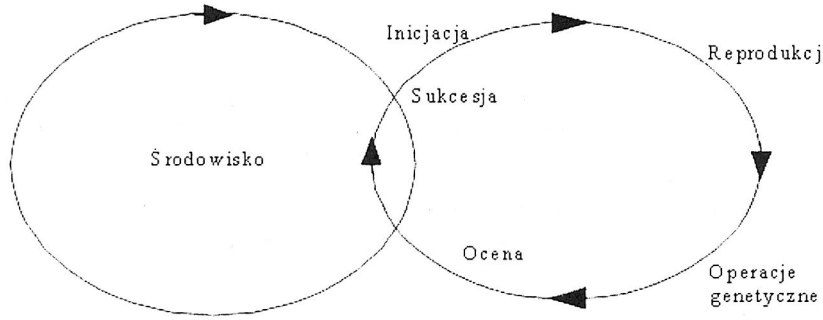
W pracach [4, 10] przedstawiono możliwości zastosowania metodyki łańcucha krytycznego (CCS/BM) w planowaniu przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych. Realizacja obiektów budowlanych lub ich kompleksów stanowi przedsięwzięcie, którego podstawowymi czynnikami są: spełnienie wymagań (jakość), koszt, czas wykonania, oraz zakres i zasoby [6]. W artykule zaprezentowano wyniki badań dotyczących doskonalenia metod harmonogramowania przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych z zastosowaniem hybrydowego algorytmu ewolucyjnego (HEA) [3]. Celem pracy było poszukiwanie optymalnego (dla przyjętej funkcji celu), poziomu zatrudnienia pracowników, tzn. minimalizacja odchylenia od średniego poziomu zatrudnienia z uwzględnieniem metodyki CCS/BM [4].

* Politechnika Lubelska
** Politechnika Wrocławska

Harmonogramowanie przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych związane jest z zadaniem optymalizacyjnym. Dotyczy ono poszukiwania najlepszego rozwiązania, spełniającego warunki ograniczające oraz uwzględnienia funkcji celu. Znanych jest wiele metod optymalizacji, stosowanych w szczególnych przypadkach.

Można tu wymienić np. dla zadań ciągłych – metody liniowego sympleksu, zadania optymalizacji globalnej – gdy funkcja celu w obszarze rozwiązań dopuszczalnych ma niejedno minimum lokalne, zadania dyskretne o dużej złożoności obliczeniowej bazujące przeważnie na metodzie podziału i ograniczeń, metody niedeterministyczne, uwzględniające losowe generowanie rozwiązań, metodę symulowanego wyżarzania jako modyfikację błądzenia przypadkowego z poprawą wartości funkcji celu, poszukiwanie z tabu tzn. z listą przeglądanych wariantów i inne.

Stosowane są również techniki wykorzystujące systemy biologiczne – algorytmy ewolucyjne np. [2, 14], genetyczne, strategie ewolucyjne, programowanie ewolucyjne i programowanie genetyczne. Ogólny schemat działania algorytmu ewolucyjnego polega na tworzeniu pętli obejmującej reprodukcję, operacje genetyczne, ocenę i sukcesję. Poniżej przedstawiono klasyczny schemat algorytmu ewolucyjnego wg [1].



Rys. 1. Klasyczny schemat działania algorytmu ewolucyjnego [1]
Fig. 1.The classic scheme of operation of evolutionary algorithm [1]

Referat ten jest kontynuacją tematyki przedstawionej w pracy [11], dotyczącej zastosowania algorytmów genetycznych [5] do sterowania poziomem zatrudnienia w przedsięwzięciach inwestycyjno-budowlanych (PIB). Traktując algorytm ewolucyjny jako typowy sposób postępowania dotyczący poszukiwania lepszych rozwiązań z uwzględnieniem najbliższego otoczenia zaproponowano zastosowanie nieco innego podejścia niż w przypadku modelowania ewolucji z zastosowaniem binarnego kodu genetycznego. Polega ono na powielaniu losowo wybranych wariantów (osobników) z możliwością wielokrotnego powielenia tego samego rozwiązania, przy czym losowość wyboru uwzględnia lepsze przystosowanie wariantu (osobnika).

Rozwiązywanie praktycznych zagadnień badań operacyjnych, w tym harmonogramowania przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych (PIB), wymaga doboru takiego sposobu optymalizacji, który doprowadzi do najlepszego rozwiązania najmniejszym kosztem. Uważa się [1], że jednym z efektywniejszych algorytmów optymalizacyj-

nych jest algorytm ewolucyjny ze strategią (1+1), będący podstawą idei hybrydowego algorytmu ewolucyjnego (HEA) [3].

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Zadanie optymalizacyjne dotyczy planowania równomiernego poziomu zatrudnienia pracowników [7,8,9,12,13] podczas realizacji przedsięwzięcia inwestycyjno-budowlanego z uwzględnieniem metodyki CCM/BM [4,10]. Wprowadzone do harmonogramu bufory czasu zwiększają obszar dopuszczalnych wariantów realizacyjnych i rozmiar zadania.

Do rozwiązania zadania optymalizacyjnego zastosowano opracowany przez W. Bożejko i M. Wodeckiego hybrydowy algorytm ewolucyjny (HEA) [3].

Idea hybrydowego algorytmu ewolucyjnego (HEA) polega na utworzeniu populacji startowej, w której dla każdego osobnika stosowana jest permutacja w celu znalezienia lokalnego minimum. Następnie przechodzi się do poszczególnych populacji z ustaleniem numeru i pozycji w zbiorze osobników.

Hybrydowy Algorytm Ewolucyjny (HEA)

Działanie algorytmu rozpoczyna się od utworzenia populacji początkowej P^0 (może być ona utworzona losowo). Za suboptymalne rozwiązanie π^* przyjmujemy najlepszy element populacji P^0. Niech i będzie numerem iteracji algorytmu. Nowa $i+1$ populacja (tj. zbiór P^{i+1}) jest generowana w następujący sposób. Dla bieżącej populacji P^i wyznacza się zbiór minimów lokalnych LM^i (dla każdego elementu $\pi \in P^i$ wykonując procedurę $LocalOpt(\pi)$). Ustala się elementy występujące na tych samych pozycjach w minimach lokalnych (procedura $FixeSet(LM^i, FS^i)$), tworząc zbiór elementów i pozycji ustalonych FS^{i+1}. Każda permutacja nowej populacji P^{i+1} ma ustalone elementy (na ustalonych pozycjach) ze zbioru FS^{i+1}. Na pozostałe (wolne) pozycje są losowo wyznaczane wolne elementy. Jeżeli istnieje permutacja $\beta \in LM^i$ oraz $F(\beta) < F(\pi^*)$, to za permutację π^* przyjmujemy β. Algorytm kończy działanie po wygenerowaniu z góry ustalonej liczby generacji.

Hybrid Evolutionary Algorithm (HEA)

Inicjalizacja: losowo utworzona populacja $P^0 = \{\pi_1, \pi_2, \ldots, \pi_\eta\}$;

π^* = najlepszy element populacji P^0;

numer iteracji i=0; $FS^0 = \varnothing$;

repeat

Wyznaczyć zbiór minimów lokalnych $LM^i = \{\hat{\pi}_1, \hat{\pi}_2, \ldots, \hat{\pi}_\eta\}$, gdzie

$\hat{\pi}_j = LocalOpt(\pi_j)$, $\pi_j \in P^i$;

for j:=1 **to** η **do** **if** $F(\hat{\pi}_j) < F(\pi^*)$ **then** $\pi^* \leftarrow \hat{\pi}_j$;

Wyznaczyć fix set

$FS^{i+1} = FixSet(LM^i, FS^i)$ i

wygenerować nową populację

$P^{i+1} := NewPopulation(FS^i)$;

i=i+1;

until **not** StopCriterion;

3. STUDIUM PRZYPADKU

Przedmiotem analizy jest model sieciowy przedsięwzięcia inwestycyjno-budowlanego (PIB) wg [7, 11], zawierający n = 16 powiązanych procesów budowlanych. Przeprowadzono test obliczeniowy w celu sprawdzenia możliwości wpływu buforów czasu w harmonogramie przedsięwzięcia na równomierność zatrudnienia pracowników.

Uwzględniając przyjęte ograniczenia, wartości funkcji celu F wyznaczamy z zależności:

$$f(x) = \sum_{j=1}^{T} \left(\left| q_j(x) - \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} d_i r_i \right| \right), \tag{1}$$

gdzie:

$x \in R^n$,

$x = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ – wektor momentów rozpoczęcia wykonywania zadań,

$x_i \in [a_i, b_i]$,

a_i – najwcześniejszy moment rozpoczęcia wykonywania zadania i,

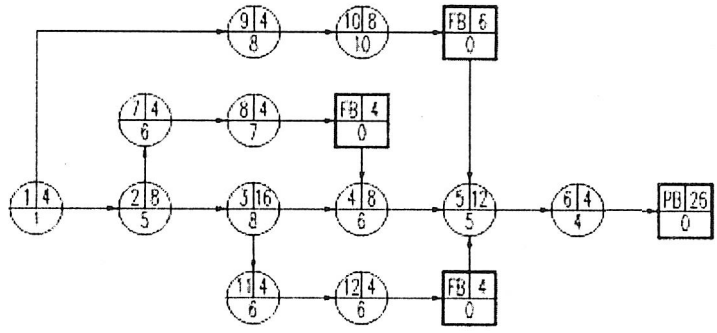
b_i – najpóźniejszy moment rozpoczęcia wykonywania zadania i,

$q_j(x)$ – ilość osób zatrudnionych w dniu j, j = 1, 2, …, T, T – horyzont czasowy,

d_i – czas trwania procesu i,

r_i – ilość zatrudnionych pracowników do wykonania procesu i.

Na rysunku 2 przedstawiono model sieciowy przykładowego przedsięwzięcia z uwzględnieniem buforów czasu; zasilających (FB) [10] oraz projektowego (PB). Podano informacje dotyczące numeru czynności, czasu czynności wg Metody Goldratta [4] oraz przewidywanych zasobów (ilości pracowników).

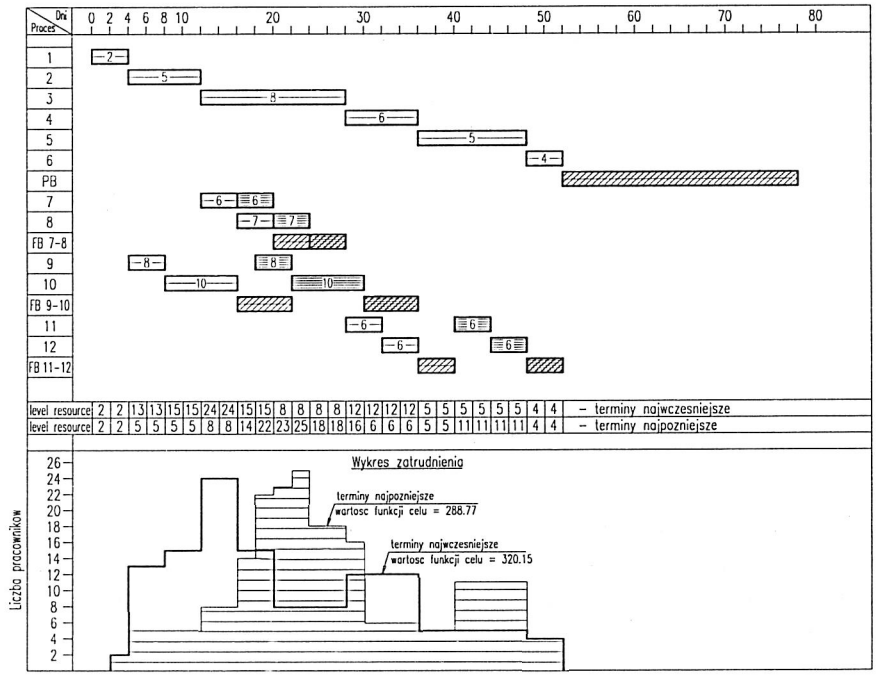


Rys. 2. Sieć zależności PIB
Fig. 2. The graph of PIB

Tabela 1 zawiera podstawowe informacje dotyczące modelowanego siecią przedsięwzięcia budowlanego. Obliczono podstawowe parametry czasowe przewidywanych do wykonania robot budowlanych. Dane liczbowe niezbędne do przeprowadzenia obliczeń optymalizacyjnych zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane dotyczące procesów
Table 1. The data of activities

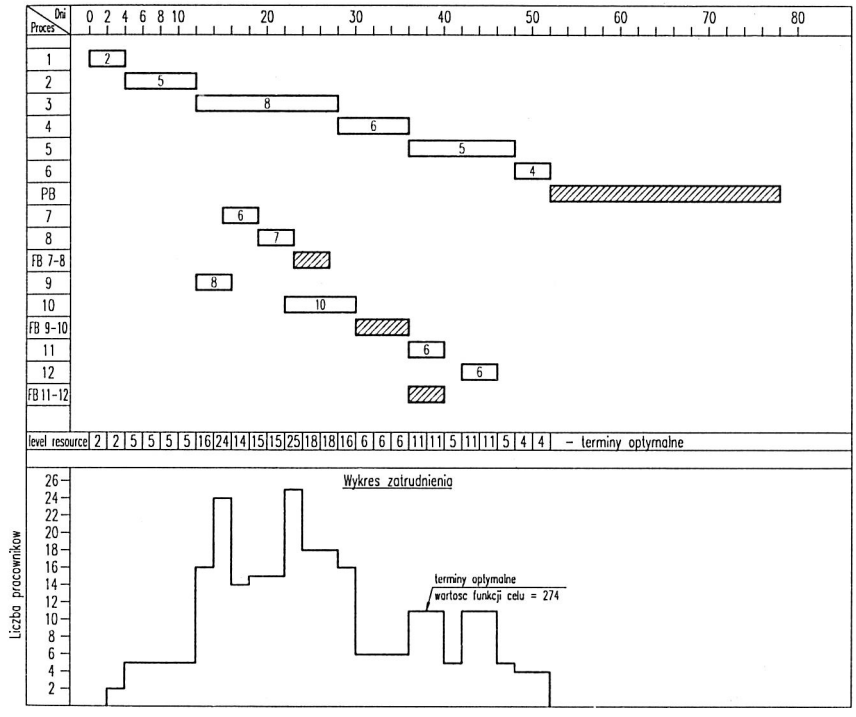
Nr procesu	Czas trwania	Najwcześniejszy termin rozpoczęcia	Najwcześniejszy termin zakończenia	Najpóźniejszy termin rozpoczęcia	Najpóźniejszy termin zakończenia	Ilość pracowników
1	4	0	4	0	4	2
2	8	4	12	4	12	5
3	16	12	28	12	28	8
4	8	28	36	28	36	6
5	12	36	48	36	48	5
6	4	48	52	48	52	4
PB	26	52	78	52	78	0
7	4	12	16	16	20	6
8	4	16	20	20	24	7
FB	4	20	24	24	28	0
9	4	4	8	18	22	8
10	8	8	16	22	30	10
FB	6	16	22	30	36	0
11	4	28	32	40	44	6
12	4	32	36	44	48	6
FB	4	36	40	48	52	0



Rys. 3. Wykres Gantta, wartość funkcji celu dla najwcześniejszych terminów: $f = 320{,}15$, dla najpóźniejszych terminów: $f = 288{,}77$.
Fig. 3. The Gantt Chart, value of objective function for earliest terms: $f = 320.15$, for latest terms: $f = 288.77$

Na rysunku 3 przedstawiono wykres Gantta wraz z wykresem zatrudnienia pracowników dla najwcześniejszych i najpóźniejszych terminów rozpoczęcia robót. Dla tych skrajnych terminów obliczono wartości funkcji celu, tj. odpowiednio: $f = 320{,}15$ oraz $f = 288{,}77$.

Na rysunku 4, natomiast zaprezentowano wykres liniowy Gantta przedstawiający optymalny harmonogram przedsięwzięcia budowlanego, dla przyjętej funkcji celu. Usytuowanie drogi krytycznej nie ulega zmianie, natomiast czynności niekrytyczne zostały umieszczone na skali czasu z uwzględnienie buforów czasu (FB), w najlepszy sposób ze względu na minimalną wartość funkcji celu. Poniżej wykresu liniowego przedstawiono wykres zatrudnienia pracowników odpowiadający planowanym do wykonania czynnościom. Pokazuje on najlepsze rozwiązanie dotyczące minimalnego średniego odchylenia od średniego poziomu zatrudnienia pracowników. Zakreskowana linia przedstawia bufory czasu, będące w istocie rezerwą czasu, umożliwiającą wykorzystanie jej do optymalnego usytuowania na osi czasu robót budowlanych, tak aby wyrównać możliwy poziom zatrudnienia pracowników.



Rys. 4. Wykres Gantta po optymalizacji , minimalna wartość funkcji celu: $f = 274{,}00$
Fig. 4. The Gantt Chart after optimization, minimal value of objective function: $f = 274{,}00$

W analizowanym przykładzie zastosowano do przeprowadzenia obliczeń algorytm genetyczny (GA) zapewniający po 1000000 iteracji wynik f = 274,00 natomiast po zastosowaniu hybrydowego algorytmu ewolucyjnego (HEA), wynik $f = 274{,}00$ już po 100 iteracjach. Obliczenia przeprowadzono na komputerze Pentium IV z zegarem 3 GHz. Czas obliczeń w pierwszym przypadku wyniósł 2 sekundy natomiast w drugim poniżej 1 milisekundy, tj. ponad 2000 razy szybciej.

4. PODSUMOWANIE

Wykonano obliczenia stosując opracowane programy optymalizacyjne z zastosowaniem algorytmu genetycznego (GA) oraz hybrydowego algorytmu ewolucyjnego (HEA). Dla prezentowanego zadania optymalizacyjnego o rozmiarze n = 16, uzyskane wartości funkcji celu wynoszą: w przypadku zastosowania algorytmu genetycznego(GA), $f_{min} = 274{,}00$ dla hybrydowego algorytmu ewolucyjnego (HEA), również $f_{min} = 274{,}00$. Analizując uzyskane wyniki w przypadku zastosowania algorytmu gene-

tycznego (GA) z przykładu [11], hybrydowego algorytmu ewolucyjnego (HEA) oraz po wprowadzeniu buforów czasu wg metodyki CCS/BM, można stwierdzić że wprowadzenie buforów czasu o zerowym obciążeniu ich zasobami (zespołami pracowników), zwiększa rozmiar zadania optymalizacyjnego oraz zapewnia najmniejszą wartość całkowitego odchylenia od średniego poziomu zatrudnienia.

LITERATURA

[1] ARABAS J., *Wykłady z algorytmów ewolucyjnych*, WNT, Warszawa 2001.

[2] BORNE P. *Evolutionary algorithms for job-shop scheduling* Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., 2004, Vol. 14, No. 1, 91–103.

[3] BOŻEJKO W., WODECKI M., *A hybrid evolutionary algorithm for some discrete optimization problems*, IEEE Computer Society P2286 ISBN 0-7695-2286-6, 2005, 326–331.

[4] GOLDRATT E.M. *Critical chain*. Great Barrington, MA: The North River Press, 1997.

[5] GOLDBERG D.E., *Algorytmy genetyczne i ich zastosowanie*. WNT, Warszawa 2003.

[6] LEWIS J.P., *The Project Managers Desk Reference*, McGraw-Hill, New York 1999.

[7] LEU, S.S., YANG, C.H., HUANG J.C. (2000) *Resource leveling in construction by genetic algorithm-based optimization and its decision support system application*. Automation in Construction 10, 27–41.

[8] NASSAR K. *Evolutionary optimization of resource allocation in repetitive construction schedules* Itcon, Vol. 10 (2005) pp. 265.

[9] REEVES C.R. YAMADA T. *Genetic Algorithms Path Relinking on the Flowshop Sequencing Problem*, *Evolutionary Computation* Journal MIT Press, Vol. 6. No. 1, pp. 230–234, 1998.

[10] ROGALSKA M., HEJDUCKI Z., *Shortening the realisation time of building project with application of theory of constraints and critical chain scheduling, Journal of Civil Engineering and Management*, 2004, Vol. X, Suppl. 2, 99–105.

[11] ROGALSKA M., BOŻEJKO W HEJDUCKI Z., *Sterowanie poziomem zatrudnienia z zastosowaniem algorytmów genetycznych,* Pięćdziesiąta Pierwsza Konferencja Naukowa KIL i W PAN i KN PZITB, Gdańsk–Krynica 2005, s. 185–192.

[12] TOKLU Y.C. *Application of genetic algorithms to construction scheduling with or without resource constraints*, Can. J. Civ. Eng. 29; 421–429 (2002).

[13] UGWU O.O., TAH J.H.M., *Development and application of a hybrid genetic algorithm for resource optimization and management*, ECAM, 2002, 9/4, 304–317.

[14] YAMADA T., *Solving the Csum Permutation Flowshop Scheduling Problem by Genetic Local Search ICEC98* (International Conference on Evolutionary Computation), pp. 230–234.

THE SCHEDULE OF CONSTRUCTIONAL ENTERPRISES APPLYING EVOLUTIONARY HYBRID ALGORITHM

The article presents the outcomes of the computable experiment applying HEA and GA. The buffers of time according to the methodology CCS/BM were applied to calculate the limitations. The outcomes were explored and compared for the function of the purpose characterizing the regularity of the employment of workers.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

Zasoby złożone,
wspomaganie decyzji,
zarządzanie zasobami.

Radosław SEKUNDA*

ZARZĄDZANIE ZASOBAMI ZŁOŻONYMI W REALIZACJI ROBÓT INŻYNIERYJNO-BUDOWLANYCH

W artykule podjęto problem zarządzania zasobami czynnymi zorganizowanymi w struktury złożone. W sposób syntetyczny opisano istotę hierarchicznej struktury zasobów oraz istotę planowania robót inżynieryjno-budowlanych z wykorzystaniem zasobów złożonych. Przedstawiono matematyczny model: realizatora, struktury i zakresu przedsięwzięcia oraz model wybranego zagadnienia w zakresie wspomagania decyzji związanych z alokacją zasobów do realizacji robót inżynieryjno-budowlanych. Przedstawiona w pracy analiza jest częścią szerszych studiów nad problemem harmonogramowania pracy jednostek organizacyjnych zorganizowanych w struktury zhierarchizowane.

1. WSTĘP

Podstawą jakiejkolwiek działalności produkcyjnej (również inżynieryjno-budowlanej) są zasoby, w szczególności zasoby czynne. Wyznaczają one możliwości realizacyjne zadań, są często weryfikatorem technologii i cyklu realizacji przedsięwzięć. Zasoby czynne, stanowiące potencjał produkcyjny wykonawcy budowlanego, mogą być różnie zorganizowane. Występują jako jednostki zasobowe typu: robotnik, maszyna, z których organizowane są doraźnie zadaniowe zespoły robocze lub w postaci zespołów (brygad) pracujących w stałym składzie.

W pracy rozpatrywać będziemy problem analizy zasobów zorganizowanych w struktury zhierarchizowane w celu wyznaczenia realizatorów do realizacji zadań z jednoczesną oceną efektywności realizacji tych zadań.

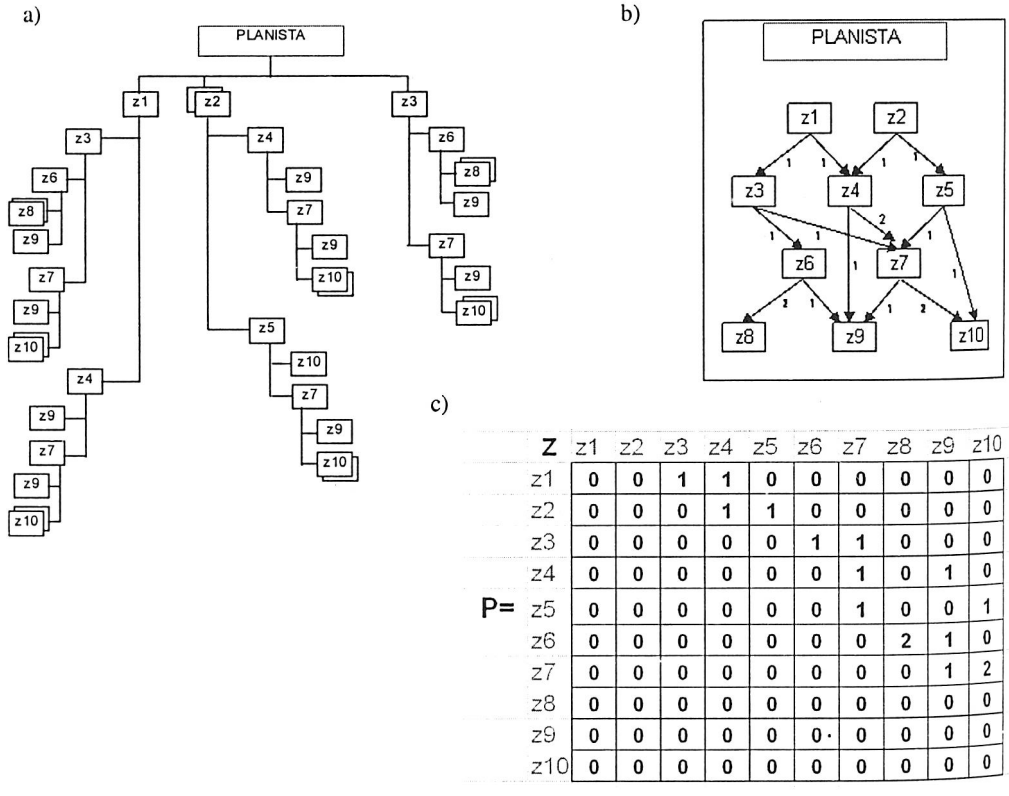
Problemem tym zajmował się dotychczas R. Marcinkowski m.in. w pracach [1],[2] oraz w mniejszym dotychczas zakresie (praca [3]) autor niniejszego artykułu.

* Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Inżynierii Lądowej i Geodezji, Warszawa

2. SPECYFIKA PLANOWANIA DZIAŁAŃ Z WYKORZYSTANIEM ZASOBÓW ZŁOŻONYCH

Istotę złożoności (hierarchii) zasobów przedstawia rysunek 1. Na rysunku tym określono nazwy zasobów (z_1, z_2, ..., z_{10}), między którymi istnieje pewien **stały układ zależności** (*przełożeństwa – podległości*). W strukturze tej możemy wyróżnić:

- zasoby bezpośrednio podległe planującemu – nazywane dalej **zasobami bezpośredniego podporządkowania** (tu: z_1, z_2, z_3);
- **zasoby podstawowe** znajdujące się na najniższym szczeblu hierarchii (tu: z_8, z_9, z_{10});
- pozostałe zasoby – nazywane dalej **zasobami pośrednimi** (tu: z_4, z_5, z_6, z_7).



P=

Z	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7	z8	z9	z10
z1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
z2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
z3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
z4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
z5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
z6	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
z7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
z8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rys. 1. Hierarchiczny układ struktury zasobów realizatora (przykład), a) i b) graf opisujący hierarchię zasobów, c) interpretacja macierzowa
Fig. 1. Hierarchy of performer's resources (example), a), b) graph which describes resources hierarchy, c) matrix interpretation.

Zarządzanie zasobami o złożonej strukturze zasobów polega na alokacji pewnych fragmentów tej struktury **(różnego szczebla hierarchii)** do realizacji określonych frontów robót. **Frontem robót** jest terytorialnie wydzielony zbiór określonych zadań, w szczególnym przypadku może być nim jedno zadanie. **Zadaniem** zaś, jest proces budowlany, dla którego określono nakłady czasu pracy zasobów czynnych i zużycia zasobów biernych lub czas i wykonawcę zadania. Dla każdego frontu robót określony jest przedział czasu, w którym należy wykonać wszystkie zadania tego frontu.

Zadaniem planisty (dowódcy) jest ustalenie realizatorów robót na poszczególnych frontach tak, aby wykonać zadania w wymaganym terminie. Polega to głównie na decyzyjnym „przeniesieniu" pewnych elementów struktury na fronty robót, przy zachowaniu układu hierarchicznego.

Podczas planowania robót inżynieryjno-budowlanych z wykorzystaniem zasobów złożonych istnieje konieczność rozwiązania dwóch zasadniczych problemów:

- problemu przydziału zasobów (różnych szczebli hierarchii) do realizacji frontów robót;
- problemu kontrolowania dostępności zasobów w odniesieniu do różnych poziomów struktury organizacyjnej.

Oba problemy wynikają ze złożonego charakteru zasobów i powodują, że proces planowania działań jednostek o strukturach zhierarchizowanych jest zagadnieniem bardziej skomplikowanym niż planowanie działań jednostek, których stan posiadania określają addytywne jednostki zasobowe. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że istniejące programy komputerowe do planowania realizacji przedsięwzięć nie są w stanie wspomagać analiz planującego w powyższym zakresie.

3. PLANOWANIE REALIZACJI ROBÓT – ANALIZA POTRZEBNYCH ZASOBÓW

Celem analizy potrzebnych zasobów jest określenie ilości **jednostek zasobów podstawowych** wymaganych na poszczególnych frontach robót tak, aby dyrektywne terminy realizacji frontów zostały dotrzymane.

3.1. MODEL REALIZATORA O ZASOBACH ZORGANIZOWANYCH W STRUKTURĘ ZHIERARCHIZOWANĄ

Wykonawcą nazywa się realizatora, którego stan posiadania określa zbiór zasobów czynnych zorganizowanych w strukturę zhierarchizowaną. Niech nazwy zasobów czynnych tworzą zbiór: $Z = \{z_1, z_2, ..., z_k, ..., z_z\}$.

Hierarchię struktury zasobów określa macierz *przełożeństwa – podległości* $\mathbf{P} = [p_{sk}]_{z \times z}$, w której: p_{sk} – oznacza liczbę jednostek zasobu o indeksie k: $z_k \in Z$

w każdej jednostce zasobu o indeksie *s:* $z_s \in Z$, pozostających w bezpośredniej podległości (rys.1.).

W opisywanym modelu, zasoby bezpośredniego podporządkowania (ZBP) stanowią pewien podzbiór *Z'* zbioru *Z*, w którym dla elementów zbioru *Z* zachodzi zależność:

$$\sum_{s=1}^{z} p_{sk} = 0 .$$

Zasobami podstawowymi są zasoby, które nie posiadają w swojej strukturze zasobów szczebla niższego. Stanowią one pewien podzbiór Z'' zbioru Z, w którym dla elementów zbioru *Z* zachodzi zależność:

$$\sum_{k=1}^{z} p_{sk} = 0 . \tag{2}$$

Zasobami pośrednimi są wszystkie zasoby, dla których obie powyższe zależności nie są spełnione.

Zarówno zbiór *Z* jak i macierz **P** uszeregowane są topologicznie, tzn. indeksy zasobów nadawane są od góry hierarchii – zasoby z wyższego poziomu hierarchii posiadają indeksy niskie, które wzrastają wraz z niższymi poziomami struktury, aż do szczebla zasobów podstawowych.

Na podstawie macierzy **P** określić można *wektory struktury jednostek organizacyjnych* $s = 1, 2, \ldots, z$: $\mathbf{R}^s = \left[r_1^s, r_2^s, \ldots, r_k^s, \ldots, r_z^s \right]$, w których elementy przyjmują wartości:

$$r_k^s = \begin{cases} 0 & \text{dla elementów, dla których } k < s \\ 1 & \text{dla elementów, dla których } k = s \\ \sum_{i=s}^{k-1} p_{ik} \cdot r_i^s & \text{dla elementów, dla których } k = s+1, s+2, \ldots, z. \end{cases} \tag{3}$$

Element r_k^s wektora **R** oznacza liczbę jednostek zasobu o indeksie *k:* $z_k \in Z$ w każdej jednostce zasobu o indeksie *s:* $z_s \in Z$. Każdy **typ zasobu** zdefiniowany jest tu bardzo ściśle. Określone jednostki zasobowe **tego samego typu** są identyczne pod względem struktury, wyposażenia i możliwości działania.

Punktem wyjścia do planowania przedsięwzięć jest określenie stanu posiadania zasobów – w naszym przypadku – jednostek organizacyjnych. Niech więc stan posiadania zasobów: $\{z_1, z_2, \ldots, z_k, \ldots, z_z\}$ w aspekcie ilościowym, opisuje *macierz struktury złożonej* $\mathbf{Q} = \left[q_{kt} \right]_{z \times H}$, w której: q_{kt} – określać będzie ilość jednostek zasobu o indeksie *k:* $z_k \in Z$ możliwych do wygenerowania (z zasobów podstawowych) w postaci addytywnych jednostek, kompletnych pod względem wewnętrznej struktury organiza-

cyjnej, dostępnych w jednostce czasu $t = 1, 2, \ldots, H$ (gdzie: H – horyzont czasu planowania). Elementy q_{kt} są określane poprzez analizę dostępnej ilości zasobów podstawowych, a następnie ich łączenia w struktury poszczególnych typów zasobów.

3.2. MODEL STRUKTURY I ZAKRESU PRZEDSIĘWZIĘCIA

Wykonawca, opisany modelem realizatora, jest w stanie realizować pewien otwarty zbiór zadań: $O = \{o_1, o_2, \ldots, o_i, \ldots, o_n\}$. Zadania te są podstawowymi jednostkami kalkulacyjnymi w planowaniu działań.

Dla każdego zadania zbioru O określone są **nakłady rzeczowe** odniesione do struktury zasobów. Przyjmijmy, że nakłady te opisuje macierz: $\mathbf{N} = [n_{ik}]_{n \times z}$, w której n_{ik} - oznacza nakład czasu pracy (w przyjętych jednostkach czasu, np.: godzinach lub dniach) zasobu typu k: $z_k \in Z$ dla realizacji przyjętej jednostki obmiarowej zadania i: $o_i \in O$. Zasoby występujące w jednym zadaniu są zawsze zasobami addytywnymi, stanowiącymi elementy zespołu roboczego (złożonego z różnych typów zasobów).

W modelowanym zadaniu rozpatruje się problem alokacji zasobów, stanowiących „zestawy" pewnych fragmentów struktury hierarchicznej, na fronty robót.

Niech nazwy frontów robót tworzą zbiór: $F = \{f_1, f_2, \ldots, f_j, \ldots, f_m\}$. Dla każdego frontu określono zakresy robót przez pryzmat zbioru zadań O. Niech opisuje je macierz: $\mathbf{K} = [k_{ij}]_{n \times m}$, w której k_{ij} – określa ilość jednostek obmiarowych zadania i: $o_i \in O$ do wykonania w ramach frontu robót j: $f_j \in F$. Wartości k_{ij} są więc przedmiarami robót.

Na podstawie macierzy **N** oraz znanego przedmiaru (rodzaju i ilości zadań w ramach określonych frontów roboczych) – macierz **K**, obliczyć można pracochłonność poszczególnych frontów robót przez pryzmat niezależnych zasobów różnego poziomu hierarchii. Pracochłonność taką określa macierz: $\mathbf{W} = [w_{kj}]_{z \times m}$, w której w_{kj} – oznacza nakład czasu pracy zasobu typu k: $z_k \in Z$ do wykonania zadań w ramach frontu j: $f_j \in F$. Wartość elementów w_{kj} obliczana jest z zależności:

$$w_{kj} = \sum_{i=1}^{n} n_{ik} \cdot k_{ij} . \tag{4}$$

Wartości elementów w macierzy **W** określają więc ilości addytywnych jednostek zasobowych z poszczególnych poziomów hierarchii.

W celu określenia pracochłonności frontów robót przez pryzmat zasobów podstawowych, uwzględnić należy wewnętrzną strukturę zasobów („zagnieżdżenie zasobów"), których wymaganą ilość zawiera macierz **W**.

W tym celu generowana zostaje macierz: $\mathbf{W}' = \left[w'_{kj} \right]_{z \times m}$, w której: w'_{kj} – oznacza nakład pracy zasobu o numerze k: $z_k \in Z$ wynikający z wewnętrznej struktury zasobów, których pracochłonność realizacji frontu j: $f_j \in F$ określa macierz **W**.
Elementy w'_{kj} przyjmują wartości:

$$w'_{1j} = w_{1j}, \text{ dla } j = 1, 2, \ldots, m;$$
$$w'_{kj} = w_{kj} + \sum_{i=1}^{k-1} p_{ik} \cdot w_{ij}, \text{ dla } k = 2, 3, \ldots, z; \quad j = 1, 2, \ldots, m. \tag{5}$$

Wszystkie fronty robót mają określone dyrektywne terminy realizacji (od – do): $\left\langle e_j^s, e_j^f \right\rangle$, gdzie: e_j^s – oznacza najwcześniejszy możliwy termin rozpoczęcia prac na froncie j: $f_j \in F$, a e_j^f – oznacza najpóźniejszy dopuszczalny termin zakończenia prac na froncie j: $f_j \in F$.

3.3. ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKONANIA ZADAŃ – ANALIZA POTRZEBNYCH ZASOBÓW

Niech wymagane do realizacji robót na frontach f_j ($j = 1, 2, \ldots, m$) **nakłady pracy zasobów podstawowych** określa macierz: $\mathbf{B} = \left[b_{kj} \right]_{z \times m}$. Elementy b_{kj} tej macierzy określają nakłady pracy zasobu k: $z_k \in Z''$ wymagane do realizacji zadań w ramach frontu robót j: $f_j \in F$ w przedziałach czasu ograniczonymi terminami dyrektywnymi. Wartości te wyznaczyć możemy z zależności:

$$b_{kj} = \frac{w'_{kj}}{e_j^f - e_j^s}, \text{ dla } k: z_k \in Z'', \text{ dla } j: f_j \in F. \tag{6}$$

Na podstawie macierzy **B** generowana zostaje macierz: $\mathbf{B}'' = \left[b''_{kj} \right]_{z \times m}$, w której:

$$b''_{ij} = \min_{k: z_k \in Z^*} \frac{b'_{kj}}{r_k^i} \quad \text{dla} \quad i = 1, 2, \ldots, z; j = 1, 2, \ldots, m, \tag{7}$$

gdzie: b''_{kj} – oznacza ilość jednostek zasobu typu k: $z_k \in Z$, którą można utworzyć (poskładać) z jednostek zasobów podstawowych, do realizacji fontu j: $f_j \in F$ w terminie dyrektywnym. Elementy $b'_{kj} = ent\left[b_{kj} \right]$ są wartościami całkowitoliczbowymi będącymi wynikiem zaokrąglania wartości b_{kj} „w górę" do pełnych wartości, reprezentującymi ilości jednostek zasobu danego typu.

Utworzenie macierzy **B″** może być pomocne planującemu przy podjęciu decyzji dotyczącej alokacji **zasobów złożonych** do realizacji frontów robót.

Decyzję planującego dotyczącą alokacji zasobów na fronty robocze, zawiera macierz: $\mathbf{S} = \left[s_{kj} \right]_{z \times m}$, w której: s_{kj} – oznacza ilość jednostek zasobów typu k: $z_k \in Z$ alokowaną decyzyjnie przez planującego do realizacji zadań (wszystkich występujących zadań) w ramach frontu j: $f_j \in F$.

3.4. OCENA DOPASOWANIA REALIZATORA DO REALIZACJI ZADAŃ

Miernikiem stopnia dopasowania wykonawcy (zespołu wykonawczego) do realizacji frontów robót jest koszt strat z tytułu niepełnego wykorzystania zasobów podczas realizacji tych frontów. Całkowite koszty strat obciążające poszczególne fronty robót niech opisuje wektor: $\mathbf{C} = [c_j]$, w którym c_j – określać będzie całkowity koszt strat związanych z niepełnym wykorzystaniem potencjału w realizacji zadań na froncie j: $f_j \in F$.

Elementy wektora **C** obliczane są z zależności:

$$c_j = \sum_{k:z_k \in Z''} \left[\left(\sum_{i=1}^{k} s_{ij} \cdot r_k^i \right) - b_{kj} \right] \cdot c_k^{zp} \quad \text{dla } k: z_k \in Z'', \text{dla } j: f_j \in F. \tag{8}$$

gdzie: c_k^{zp} – określa **koszt jednostkowy** związany z niepełnym wykorzystaniem zasobu typu k: $z_k \in Z''$.

Wartości c_j wskazują planującemu, na których frontach roboczych stopień dopasowania realizatora jest racjonalny, a które generują nieakceptowalne koszty wynikające z nadmiarowej ilości przydzielonych zasobów.

4. ZAKOŃCZENIE

Modelowanie problemu zarządzania zasobami złożonymi, o którym traktuje niniejsza praca, jest potrzebne do projektowania komputerowych programów harmonogramowania działań realizowanych tymi strukturami. Pełne rozwiązanie problemu wymaga dodatkowych analiz wynikających ze złożonego charakteru struktury zasobów. Analizy te związane są głównie z problemem kontrolowania dostępności zasobów oraz określenia stanu posiadania zasobów na rożnych poziomach hierarchii. Rozwiązywanie poszczególnych zagadnień, składających się na całość uporządkowanej analizy, stanowi ciągły obszar badań prowadzonych przez autora.

LITERATURA

[1] MARCINKOWSKI R., *Metody rozdziału zasobów realizatora w działalności inżynieryjno-budowlanej*, WAT, Warszawa 2002.

[2] MARCINKOWSKI R., *Planowanie przedsięwzięć z analizą hierarchicznych struktur realizatorów*, XLII Konferencja naukowa, KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 1996.
[3] SEKUNDA R., *Zarządzanie rozdziałem zasobów złożonych w sytuacjach wyjątkowych*, XIII Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna, Warszawa–Rynia, 18–20 października 2004 r.

MANAGEMENT OF COMPOSITE RESOURCES IN ENGINEERING TASKS REALISATION

In article problem of composite resources management is undertaken. Essence of resources structure hierarchy and engineering tasks planning with using composite resources is described. Mathematical model of performer, tasks structure and model of chosen topic connected with composite resources allocation is presented. Analysis which is presented in this article is a part of wide studies connected with problem of composite resources management.

III. ZARZĄDZANIE W BUDOWNICTWIE

Nr 87 Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

ryzyko, innowacje, budownictwo

Jadwiga BIZON-GÓRECKA*

RYZYKO INNOWACYJNE NA PRZYKŁADZIE BRANŻY BUDOWLANEJ[1]

Innowacją jest każda zmiana korzystna dla podmiotu, który ją inspiruje. Przy czym dla zapewnienia długotrwałych korzyści podmiot inspirujący dane zmiany winien mieć na uwadze interesy otoczenia. Ryzyko innowacyjne można zdefiniować jako stopień nie osiągnięcia celu zamierzeń innowacyjnych. W toku oceny ryzyka, obok ustalenia prawdopodobieństwa wystąpienia niepożądanego stanu, ważne jest wyznaczenie skutków ryzyka w określonej perspektywie – wraz z wyborem odpowiednich mierników. Rozmiary ryzyka ukazuje wartość ryzyka (*VaR*), obliczona jako iloczyn prawdopodobieństwa ryzyka (*R*) i wartości narażonej na ryzyko (*Va*). Innowacje w branży budowlanej wpisują się w ogólne trendy rozwoju innowacyjności przedsiębiorstw. Jednak specyfika tego sektora każe szczególnie zauważyć innowacje o charakterze technologicznym. Przedsiębiorstwa budowlane, chociaż zainteresowane wdrażaniem innowacji, unikają angażowania się w działania proinnowacyjne w najbardziej ryzykownej fazie odkrywczej. Dlatego ważne są nowoczesne struktury badawcze, zapewniające wsparcie badań informacjami naukowymi. W roku 2003 została utworzona Europejska Platforma Technologiczna Budownictwa, która ma na celu połączenie wysiłków wszystkich uczestników rynku budowlanego we wspólnym tworzeniu wizji rozwoju budownictwa w Europie. Polska Platforma Technologiczna Budownictwa została powołana w 2004 roku, jako jedna z pierwszych Platform narodowych.

1. KIERUNKI DZIAŁAŃ PROINNOWACYJNYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Innowacje są różnie definiowane w zależności od przedmiotu i zakresu zmian, ukierunkowanych pozytywnie. Można przytoczyć kilka definicji literaturowych, proponowanych przez różnych autorów, m.in.:

- S. Marciniak [6] określa: *Innowacje to twórcze zmiany w systemie społecznym, w strukturze gospodarczej, w technice oraz przyrodzie.*

* Akademia Techniczno-Rolnicza im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, WBiIŚ

[1] Artykuł opracowano w ramach projektu badawczego MNiI nr 1 H02D 033 27 *pt. Modelowanie struktury systemu zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie – ujęcie holistyczne.*

– R.A. Weber [13] określa: *Innowację należy rozumieć jako modyfikację wyrobu, usługi, procesu produkcyjnego lub technologii.*

– A. Pomykalski [12] definiuje: *Innowacje to wszelkie procesy badań i rozwoju zmierzające do zastosowania i użytkowania ulepszonych rozwiązań do techniki, technologii i organizacji.*

– Z. Pietrusiński [11] podaje: *Innowacja to zmiany celowe wprowadzane przez człowieka zaprojektowane przezeń układy cybernetyczne, które polegają na zastępowaniu dotychczasowych stanów rzeczy innymi, ocenianymi dodatnio w świetle określonych kryteriów i składającymi się w sumie na postęp.*

– Ph. Kotler [5] zauważa: *Innowacje odnosi się do jakiegokolwiek dobra, usługi lub pomysłu, który jest postrzegany przez kogoś jako nowy. Pomysł może istnieć od dawna, ale stanowi innowację dla osoby, która postrzega jako nowy.*

– R.W. Griffin [3] pisze: *Innowacja jest kierowanym wysiłkiem organizacji na rzecz opanowania nowych produktów i usług bądź też nowych zastosowań istniejących produktów i usług. Innowacja jest również formą kontroli w tym sensie, że pomaga organizacji dotrzymać kroku konkurencji.*

– W. Nasierowski [8] stwierdza: *Innowacja to pierwsze praktyczne wykorzystanie wynalazku, zaś wynalazek to zrozumienie „czegoś" nowego, znalezienie rozwiązania, które nie było znane lub aplikacji, która nie była stosowana. Może to być idea nowego produktu, procesu lub usługi.*

– I. Perlaki [10] twierdzi: *Pod pojęciem innowacji rozumiemy każdą świadomą, funkcjonalną, pozytywną i postępową zmianę materialnych i niematerialnych elementów (parametrów) jednostki organizacyjnej, tj. każdą zmianę sprzyjającą jej rozwojowi, wzrostowi oraz zwiększeniu efektywności.*

– J. Penc [9] klasyfikuje innowacje ze względu na:

– **dziedzinę wiedzy czy praktyki** jakiej dotyczą, wyróżniając innowacje: *techniczne*, *artystyczne*, *naukowe*, *technologiczne*, *społeczne*, *ekologiczne* itd.;

– **dziedzinę działalności**, której dotyczą, dzieląc innowacje na: *funkcyjne* (zaspokajające nowe, dotychczasowe nieujawnione potrzeby społeczne służące nowym funkcjom), *przedmiotowe* (polegające na wprowadzaniu nowych przedmiotów, ale znacznie lepiej spełniające zadania, dla których zostały wytworzone), *technologiczne* (polegające na wprowadzeniu nowych metod wytwarzania usprawniających produkcję i czyniących ja lepszą bądź tańszą, czy też przynoszących poprawę warunków pracy i jej środowiska), *organizacyjne* (polepszające organizację pracy i produkcji, poprawiające stan bezpieczeństwa i higieny pracy ułatwiające pracownikowi jej wykonanie), *ekologiczne* (zmniejszające lub eliminujące negatywne skutki działania firmy dla środowiska naturalnego);

– **kryterium oryginalności** zmian, wyróżniając: *innowacje kreatywne* (pierwotne, twórcze, partnerskie – rozwiązania oparte na procesie twórczym, stosowane po raz pierwszy w danej gospodarce i odgrywające decydującą rolę w jej *rozwoju), innowacje imitujące* (wtórne, odtwórcze i naśladowcze – nieoryginalne, nowości zapożyczo-

ne, już gdzie indziej stosowane – wszelkie imitacje).

W zależności od intensywności technologicznej i kapitałowej Z. Fengler [2] dzieli innowacje na:

- innowacje lekkie o zaawansowanej technologii;
- innowacje ciężkie o zaawansowanej technologii;
- innowacje lekkie o prostej technologii;
- innowacje ciężkie o prostej technologii.

A.H. Jasiński [4] rozróżnia innowacje ze względu na zakres oddziaływania i uzyskiwane efekty jako:

- innowacje procesowe to nowy sposób wytwarzania danego produktu lub nowe prowadzenie usług czy dystrybucji produktu;
- innowacje produktowe, obejmujące zmiany cech techniczno-ekonomicznych istniejących wyrobów i usług lub tworzenie nowych.

Podsumowując powyższe należy zauważyć, że innowacją jest każda zmiana korzystna dla podmiotu, który ją inspiruje. Wdrażanie innowacji jest szansą rozwoju każdej organizacji, a przedsiębiorstwom pozwala utrzymać się na konkurencyjnym rynku. Jednak dla zapewnienia długotrwałych korzyści podmiot inspirujący dane zmiany winien mieć na uwadze otoczenie (m.in. klientów, dostawców, społeczność lokalną) i jego interesy. Kierunki działań proinnowacyjnych w przedsiębiorstwie można sklasyfikować następująco:

- **innowacje systemowe na poziomie przedsiębiorstwa**, mające na celu doskonalenie funkcjonowania całej organizacji, np. wprowadzenie Strategicznej Karty Wyników, systemu zarządzania jakością, systemu zarządzania ryzykiem, itp.;
- **innowacje systemowe na poziomie pojedynczych projektów**, wspomagające osiągnięcie celu projektu, np. wprowadzenie idei zarządzania projektem (Project Management) itp.;
- **innowacje procesowe**, wspomagające osiągnięcie celu poszczególnych procesów, realizowanych w przedsiębiorstwie, np. w zakresie doskonalenia procesu wytwórczego (m.in. wprowadzenie nowych technologii realizacji budowy), podnoszenia bezpieczeństwa procesu informatycznego itp.;
- **innowacje produktowe**, wywołujące korzystne zmiany w oferowanych produktach, względnie zmierzające do powstawania nowych produktów – wyrobów materialnych i usług.

2. PERSPEKTYWY RYZYKA INNOWACYJNEGO

Ryzyko innowacyjne można zdefiniować jako stopień nie osiągnięcia celu zamierzeń innowacyjnych. Ogólnie stanowi je prawdopodobieństwo braku sukcesu w toku podejmowanych zmian. Jednak w toku oceny ryzyka, jak wskazano w pracy [1], obok ustalenia prawdopodobieństwa wystąpienia niepożądanego stanu, ważne jest wyznaczenie skutków

ryzyka w określonej perspektywie – wraz z wyborem odpowiednich mierników. Perspektywy ryzyka innowacyjnego można rozpatrywać z punktu widzenia poszczególnych interesariuszy przedsiębiorstwa, tj. właścicieli kapitału, pracowników, klientów, otoczenia społecznego, dostawców zasobów, itd. Przy czym pamiętać należy o wzajemnych relacjach poszczególnych perspektyw rozpatrywania ryzyka.

Na przykład sukces zmian o charakterze innowacyjnym z punktu widzenia właścicieli kapitału w dużym stopniu uzależniony jest od znaczenia zmian dla klientów, spełnienia ich wymagań i potrzeb oraz stopnia ich usatysfakcjonowania z wartości dla klienta. Jego satysfakcja jest tym większa im ta subiektywna wartość jest wyższa od ceny, jaką płaci za produkt. Z kolei o wartości produktu dla przedsiębiorstwa decydują przychody, będące funkcją ceny oferowanego produktu i wielkości sprzedaży, która jest niewątpliwie sprzężona z zadowoleniem klienta. Jednak przedsiębiorstwo musi dbać również o rentowność swojej działalności, która jest osiągana tylko wtedy, gdy generowana przez nią wartość przekracza koszty jej wytworzenia.

Dla dokonania takiej oceny konieczne jest monitorowanie (wraz z mierzeniem) kosztów danego produktu, związanych z działaniami w toku jego powstawania, zwane rachunkiem kosztów łańcucha wartości (*value chain costing*). Rachunek ten musi się natomiast odnosić do wszystkich działań w przedsiębiorstwie, które kreują wartość produktu.

Zarządzanie ryzykiem innowacyjnym odnosi się do przyszłych warunków funkcjonowania przedsiębiorstwa w warunkach wdrożenia zmian. Jawi się ono jako skrośna (poprzeczna) funkcja zarządzania przedsiębiorstwem i wspomaga podejmowanie decyzji menedżerskich.

Rozmiary ryzyka ukazuje wartość ryzyka (*VaR*), obliczona jako iloczyn prawdopodobieństwa ryzyka (*R*) i wartości narażonej na ryzyko (*Va*). Należy zaznaczyć, że każda działalność innowacyjna implikuje ryzyka w wielu obszarach. Całkowita wartość ryzyka innowacyjnego to suma iloczynów prawdopodobieństwa ryzyka w danym obszarze „*i*" (R_i) i wartości narażonej na ryzyko w tym obszarze ryzyka (Va_i):

$$VaR = \sum_{1}^{n} R_i \cdot Va_i \tag{1}$$

Źródeł ryzyka innowacyjnego w przedsiębiorstwie można doszukiwać się według kierunków podejmowanych działań innowacyjnych.

Budowanie strategii przedsiębiorstwa musi uwzględniać aktualne tendencje w otoczeniu rynkowym oraz pojawiające się innowacje. Na rolę innowacji w budowaniu strategii organizacji oraz potrzebę kreowania strategii innowacyjnej jako istotnej przesłanki sukcesu przedsiębiorstwa, wskazuje K. Moszkowicz [7], pisząc: *Strategia sukcesu przedsiębiorstwa, to strategia zmian, wprowadzania innowacji, a nie strategia kontynuacji. Związane jest to oczywiście z oszacowaniem ryzyka... Przy czym należy podkreślić, że im bardziej znaczące innowacje, tym ryzyko staje się większe... Ryzyko dotyczące nowego produktu sprowadza się do tego, czy będzie to produkt sprawny technicznie, oraz czy znajdzie nabywców.*

Celem wprowadzenia odpowiednich strategii powinno być uniknięcie niepożądanych skutków podjęcia ryzyka. Chcąc opracować plan strategiczny trzeba dokonać pomiaru ryzyka (prawdopodobieństwa zdarzeń) oraz ustalić jego wpływ na cele działalności gospodarczej (wartość ryzyka). Szacowanie poziomu ryzyka, jako prawdopodobieństwa zagrożeń, jest uwarunkowane posiadaniem informacji niezbędnych do symulowania przyszłych stanów organizacji.

3. INNOWACJE W BUDOWNICTWIE

Innowacje w branży budowlanej wpisują się w ogólne trendy rozwoju innowacyjności przedsiębiorstw. Jednak specyfika tego sektora każe szczególnie zauważyć innowacje o charakterze technologicznym. Zdaniem A. Pomykalskiego [12] *pojęcie innowacji technologicznej obejmuje nowe produkty i procesy oraz znaczące zmiany technologiczne w produktach i procesach*. Z definicji tej możemy dopatrywać się, że innowacje technologiczne polegają na wprowadzeniu nowych metod wytwarzania, usprawniających produkcję i czyniących ją lepszą lub tańszą czy też przynoszących poprawę warunków pracy. Przyjmuje się, że innowacje technologiczne w firmie to zmiany techniczne prowadzące do stworzenia nowych technologii oraz nowych produktów i usług zaspokajających nowe potrzeby klienta lub dotychczasowe (znane) potrzeby w nowy (bardziej kompetentny) sposób.

Zmiany innowacyjne w budownictwie nakierowane są w dużej mierze na minimalizację utrudnień realizacyjnych, wynikających ze specyfiki produkcji budowlanej.

Jednym z kierunków innowacji technologicznych jest prefabrykacja – na nowo odkrywana także w Polsce. Dzięki innowacjom techniczno-organizacyjnym obiekty wznoszone w tej technologii charakteryzują się wysoką jakością. Dlatego prefabrykacja jest popularna w krajach wysoko rozwiniętych.

Przykładem może być system *Consolis*, jako sprawdzona w Europie i na świecie technologia, łącząca w sobie zalety żelbetu i strunobetonu jako materiału konstrukcyjnego oraz prefabrykatu jako technologii wznoszenia budynków i obiektów inżynierskich. W Polsce system Consolis zapoczątkowała w 1999 roku firma Consolis Polska, należąca do Grupy Consolis. Firma ta ma też duże doświadczenie w zakresie prefabrykatów do budowy dróg i mostów, które w porównaniu z technologią tradycyjną, spełniają oczekiwania stawiane współczesnemu budownictwu drogowemu: uzyskanie systemu konstrukcyjnego najlepszej jakości przy minimalizacji kosztów budowy i czasu robót.

Innym przykładem jest system budowlany „Milokum" Grupy Buma, posługujący się technologią lekkiego szkieletu stalowego. Posiada certyfikaty dopuszczające do budowania 5 kondygnacyjnych budynków. W 2001 roku Grupa Buma wprowadziła na rynek budynki jednorodzinne z modułów przestrzennych w systemie Buma Free-Dom ze ścianami o konstrukcji stalowej, a następnie ze ścianami z tworzywa keramzyto-

wego. Z modułów przestrzennych realizowane są domy jednorodzinne, budynki szeregowe i wielorodzinne, garaże oraz obiekty biurowe, handlowe, usługowe, hotelowe, rekreacyjne, socjalne, gastronomiczne, zarówno stałe jak i przestawne. Mieszkania modułowe Bumy cieszą się coraz większą popularnością za granicą – głównie w Wielkiej Brytanii. Do montażu całego budynku potrzeba kilku pracowników, którzy wznoszą go, układając moduły jeden na drugim (bez stosowania rusztowań). Równie łatwo budynek można zdemontować i przenieść w dowolne miejsce. Zaletą tej technologii jest ograniczenie prac na placu, co oznacza uniezależnienie od warunków atmosferycznych.

4. BUFOROWANIE SKUTKÓW RYZYKA INNOWACJI W BUDOWICTWIE

Podejmowanie ryzyka innowacyjnego wydaje się konieczne do rozwoju przedsiębiorstwa. Jednak, oprócz bezspornych korzyści, wdrażanie innowacji to najczęściej wyzwanie obarczone ogromnym ryzykiem – przedsiębiorstwa obawiają się, że mogą nie udźwignąć jego skutków.

W branży budowlanej innowacje produktowe i procesowe stanowią obecnie kluczowy czynnik sukcesu przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwa budowlane, aby ograniczyć ten rodzaj ryzyka, kreują liczne, specyficzne, w zależności od fazy życia innowacji, metody zarządzania ryzykiem. Większość z nich polega na zmniejszaniu czasu i kosztów prac badawczo-rozwojowych - małe i średnie przedsiębiorstwa wręcz jej nie prowadzą. Przedsiębiorstwa, chociaż zainteresowane wdrażaniem innowacji, unikają angażowania się w działania proinnowacyjne w najbardziej ryzykownej fazie odkrywczej. Dlatego ważne są nowoczesne struktury badawcze, zapewniające wsparcie badań informacjami naukowymi, stosujące różne strategie i technologie odkrywcze, różniące się ryzykiem technicznym. W fazie rozwojowej ośrodki badawcze stosują głównie metody outsoursingu i techniki zarządzania kosztami.

Polityka innowacyjna urosła do rangi jednej z najważniejszych polityk rządów krajów Unii Europejskiej. Potwierdza to program społeczno-gospodarczy tzw. „Strategia Lizbońska". Przejawem troski o poprawę konkurencyjności polskiej gospodarki jest stworzenie polityki innowacyjnej, jako jednej z polityk gospodarczych, której celem jest rozwój krajowego i regionalnych systemów innowacji, tzn. systemu instytucji, umiejętności i zachęt. Opracowane zostały kompleksowe strategie rozwojowe, noszące nazwę regionalnych lub krajowych strategii innowacji, zawierające zasady harmonijnego rozwoju regionu, czy państwa.

Na przykład w województwie kujawsko-pomorskim rolę koordynatora przy opracowaniu *Regionalnej Strategii Innowacji dla województwa kujawsko-pomorskiego* pełniła Akademia Techniczno-Rolnicza im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, przy której powołano Regionalne Centrum Innowacyjności. Celem RCI, oprócz podwyższania jakości kształcenia, jest stworzenie nowoczesnego systemu dystrybucji informacji

o charakterze innowacyjnym dla potrzeb całego regionu kujawsko-pomorskiego oraz nawiązywanie i zacieśnianie powiązań między środowiskiem akademickim a sektorem małych i średnich przedsiębiorstw.

W ramach realizacji przyjętych zadań strategicznych, przygotowano projekt *Rozwój systemu monitoringu działalności proinnowacyjnej i transferu innowacji w ATR*, który został zaakceptowany do realizacji w ramach działania 2.6. Regionalne Strategie Innowacyjne i transfer wiedzy Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego. W ramach tego projektu Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska ATR w Bydgoszczy zorganizował warsztaty, z udziałem małych i średnich przedsiębiorstw branży budowlanej, nt. oferty naukowo-badawczej. Szczególnym efektem tych warsztatów okazały się wskazania potrzeb przedsiębiorców w zakresie problemów badawczo-rozwojowych w branży budowlanej. Zainteresowanie współdziałaniem w tym zakresie wynika z chęci dywersyfikacji ryzyka innowacyjnego: rozłożenia go na jednostki naukowe i przedsiębiorców.

W poszukiwaniu innowacji cennym źródłem są też targi branżowe krajowe i zagraniczne. W Polsce odbywają się też targi innowacji oraz giełdy kooperacyjne. Dobrym źródłem informacji o bieżących wydarzeniach jest strona Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości www.parp.gov.pl. Ważnym źródłem wiedzy na temat nowych technologii są konferencje i seminaria. Są one również łączone z targami i wystawami. Do organizacji pomostowych, których zadaniem jest łączenie dostawców i odbiorców technologii, można zaliczyć: centra transferu technologii i innowacji, parki technologiczne, inkubatory przedsiębiorczości i centra technologiczne, krajowe sieci informacyjne itp.

Istotnym źródłem informacji odnośnie potrzeb innowacyjnych są klienci. To oni w dużej mierze, formułując wymagania, definiują potrzeby innowacyjne.

Rangę branży budowlanej dostrzeżono również w skali europejskiej. Dla wsparcia oraz wzmocnienia sektora budowlanego i zachodzących w Europie procesów, w roku 2003 została utworzona Europejska Platforma Technologiczna Budownictwa, która ma na celu połączenie wysiłków wszystkich uczestników rynku budowlanego we wspólnym tworzeniu wizji rozwoju budownictwa w Europie. Opracowuje również plany działań dla wzrostu innowacyjności w budownictwie. Jej zadaniem jest określenie Wspólnych Europejskich Inicjatyw Technologicznych w ważnych obszarach europejskich w celu przodowania w świecie. Istotną rolę w pracach Platformy Technologicznej odgrywa przemysł przy współudziale partnerów: naukowców, przedstawicieli środowiska finansowego i administracyjnego. Niezbędne jest, by w procesie wzrostu innowacyjności w budownictwie nie zabrakło głosu polskiego sektora budowlanego jako jednego z najistotniejszych rynków budowlanych Europy. Polska Platforma Technologiczna Budownictwa została powołana w 2004 roku, jako jedna z pierwszych Platform narodowych. Jej celem jest budowanie pomostu w obszarze rozwoju wiedzy i technologii między nauką a przemysłem, a także między poziomem europejskim i narodowym. Ważnym elementem działalności Polskiej Platformy

Technologicznej Budownictwa jest zwiększenie polskiej efektywności naukowej na forum europejskim, a w szczególności, intensywne włączanie się i uczestnictwo w 7 Programie Ramowym Komisji Europejskiej.

LITERATURA

[1] BIZON-GÓRECKA J., *Inżynieria niezawodności i ryzyka w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Ośrodek Postępu Organizacyjnego, Bydgoszcz 2001.
[2] FENGLER Z., *Potencjał firmy a innowacyjność*. W: Ekonomika i organizacja przedsiębiorstwa, nr 10, 1991, s. 149–150.
[3] GRIFFIN R. W. *Podstawy zarządzania organizacjami*, PWN, Warszawa 1996.
[4] JASIŃSKI A.H., *Przedsiębiorstwo innowacyjne na rynku*, K i W, Warszawa 1992.
[5] KOTLER Ph., Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola, Gebethner i S-ka , Warszawa 1994.
[6] MARCINIAK S., *Innowacje i rozwój gospodarczy*, Politechnika Warszawska, Warszawa 1998.
[7] MOSZKOWICZ K, *Innowacyjność źródłem sukcesu organizacji*, W: *Sukces organizacji – strategie i innowacje*, J. Rybicki (red.), Wydział Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Sopot 2005, 428–432.
[8] NASIEROWSKI W., *Zarządzanie rozwojem techniki*, Poltext, Warszawa 1997.
[9] PENC J., *Informacje i zmiany w firmie. Transformacja i sterowanie rozwojem przedsiębiorstwa*, Warszawa, Placet, 1999.
[10] PERLAKI I., *Innowacje w organizacji*, PWE, Warszawa 1983.
[11] PIETRUSIŃSKI Z., *Ogólne i psychologiczne zagadnienia innowacji*, PWN, Warszawa 1971.
[12] POMYKALSKI A., *Innowacje*, Politechnika Łódzka, Łódź 1997.
[13] WEBER R.A., *Zasady zarządzania organizacjami*, PWE, Warszawa 1996.

THE INNOVATIVE RISK ON THE EXAMPLE OF CONSTRUCTION BRANCH

The innovation is every change that is profitable for the subject which inspires the change. The subject, inspiring the changes, should take into consideration the business of environment. The innovative risk is the degree of unachievement the aim of innovative intentions. In the evaluation of the risk, besides the identification of the probability of undesirable state, it is important to assign the results of the risk – together with the choice of suitable measures. The risk size shows the value of the risk (*VaR*), which is counted as the ratio of the probability of risk (*R*) and the value exposed to the risk (*Va*). Innovations in the construction branch enroll in the general trends of the enterprises innovation. However the specificity of this sector makes us notice the technological innovations. Construction enterprises, though being interested in the implementation of innovations, avoid the most risky revealing phase. That is why modern investigative structures are so important. In 2003, the European Construction Technology Platform (ECTP) was created in order to connect all efforts of all participants of building market to create a common vision of the development the construction engineering in Europe. The Polish Construction Technology Platform was created in 2004.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

partnerstwo publiczno-prywatne, inwestycje, jakość usługi, wartość użytkowa

Agata CZARNIGOWSKA*
Anna SOBOTKA**

ZAPEWNIENIE JAKOŚCI USŁUG W INWESTYCJACH REALIZOWANYCH W SYSTEMIE PARTNERSWA PUBLICZNO-PRYWATNEGO

Publiczne inwestycje budowlane mają szczególne znaczenie dla rozwoju społecznego i gospodarczego. Ograniczenia wynikające z dostępności środków na ich finansowanie oraz potrzeba wprowadzenia czynnika innowacyjności w ich rozwiązaniach technicznych i eksploatacji spowodowała rozwinięcie się różnych form współpracy między sektorem publicznym i prywatnym w ramach partnerstwa publiczno prywatnego. System realizacji nie przesądza jednak o powodzeniu inwestycji. Artykuł przedstawia przykłady przedsięwzięć typu projektowanie–finansowanie–budowa–eksploatacja zrealizowanych w systemie partnerstwa publiczno prywatnego w różnych krajach. Przykłady przeanalizowano pod kątem jakości usługi świadczonej przez partnera prywatnego, podejmując próbę określenia przyczyn osiągnięcia lub nieosiągnięcia jej oczekiwanego poziomu. Doświadczenia z eksploatacji omawianych inwestycji wskazują na ważne zagadnienie dotyczące przedsięwzięć prowadzonych w systemie PPP: oprócz czysto finansowych analiz opłacalności należy zwracać uwagę na wartość użytkową tworzonych zasobów, od której zależy jakość usług oraz stopień akceptacji jej poziomu przez odbiorców. W artykule zdefiniowano wartość użytkową, czynniki brane pod uwagę w jej określaniu oraz jej rolę i miejsce w tworzeniu jakości usług.

1. WPROWADZENIE

Obiekt infrastruktury publicznej powstający jako efekt inwestycji jest środkiem do wytworzenia usługi, a nie celem sam w sobie. Wraz z rozwojem gospodarczym rosną wymagania wobec usług publicznych. Obowiązkiem publicznych instytucji, samorządów lokalnych i administracji państwowej jest określenie oczekiwanych kierunków rozwoju społeczno-gospodarczego, oraz umożliwienie takiego rozwoju poprzez zapewnienie dostępu do usług publicznych o właściwej jakości, nadążających za zmie-

* Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 40
** Akademia Górniczo-Hutnicza, 30-059 Kraków, ul. Mickiewicza 30

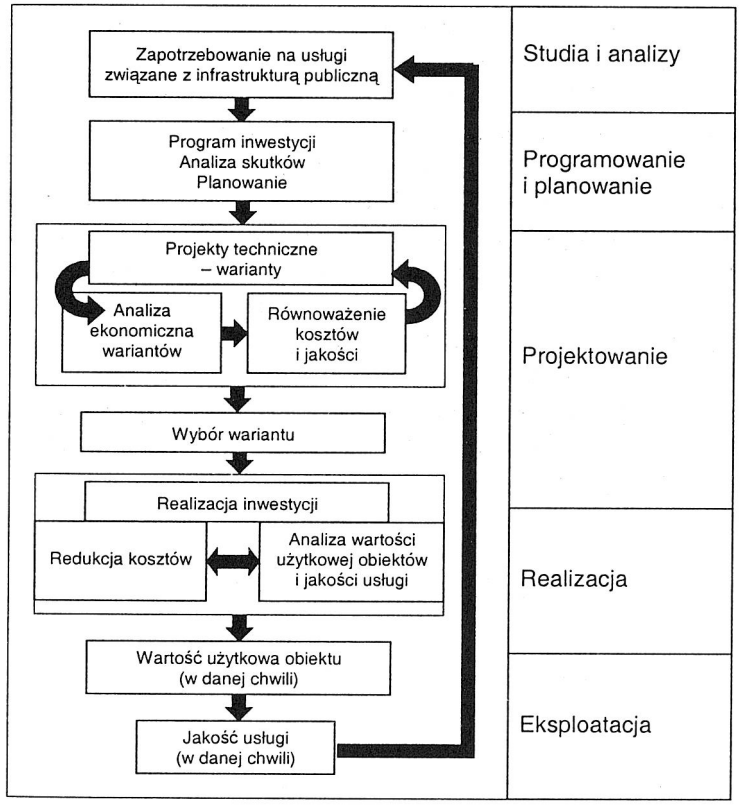
niającymi się potrzebami, a nawet wyprzedzającymi je (innowacyjnych). Tak rozumiane zadania instytucji publicznych niekoniecznie muszą być realizowane w drodze tworzenia infrastruktury i administrowania nią bezpośrednio przez instytucje publiczne ze środków publicznych – stosuje się różne formy powierzania części tych zadań prywatnym przedsiębiorcom. Zacieśnienie współpracy między uczestnikami przedsięwzięcia (publicznym inwestorem, wykonawcami i instytucjami finansującymi), na przykład w formie partnerstwa publiczno-prywatnego (PPP) w założeniach pozwala optymalnie wykorzystać ich doświadczenie i wiedzę [2, 10].

Podmioty publiczne, planując inwestycje, mają obowiązek wyboru optymalnej kombinacji kosztu cyklu życia oraz jakości (przydatności) w spełnianiu wymagań użytkownika, czyli uzyskania tzw. wartości w stosunku do zaangażowanych pieniędzy (*Value for Money*, VfM) Istnieje wiele metod szacowania, czy PPP oferuje VfM [2,4], od pełnej analizy kosztów i korzyści, przez porównanie komparatorów (uproszczonych modeli ekonomicznych hipotetycznej realizacji „tradycyjnym" sposobem i w ramach PPP), po zdanie się na przetarg i prawa rynku. W wielu krajach istnieją ściśle określone procedury analizy VfM. Opierają się one przede wszystkim na porównaniu zdyskontowanych strumieni pieniężnych ujmujących koszty i wpływy sektora publicznego w cyklu życia inwestycji, z uwzględnieniem wartości ryzyka przejmowanego przez sektor prywatny, oraz dodatkowych wymiernych korzyści (jakości usługi, innowacyjności, trwałości itp.), jakie niesie dany wariant realizacji. Korzyści te zależą w znacznym stopniu, od wartości użytkowej obiektów inwestycji. W przypadku inwestycji infrastrukturalnych, partner prywatny często odpowiada zarówno za wybudowanie infrastruktury, jak i świadczenie usług w oparciu o nią, a jest wynagradzany jedynie za dostarczenie usługi o odpowiedniej jakości. Ryzykowanie własnym (lub pożyczonym na własny rachunek) kapitałem sprawia, że w interesie partnera prywatnego będzie wspiąć się na wyżyny sztuki inżynierskiej, planowania i zarządzania, żeby uzyskać zadowalający kompromis pomiędzy kosztem a wartością użytkową tworzonych zasobów. „Tradycyjny" publiczny inwestor nie jest poddawany takim naciskom, więc efektywność prowadzonych przez niego przedsięwzięć może być potencjalnie niższa. Jednakże doświadczenia z realizacji inwestycji w systemie PPP wskazują na przypadki nieosiągania oczekiwanych efektów. Analiza wybranych przykładów przedsięwzięć realizowanych w systemie PPP w różnych krajach stanowi punkt wyjścia do rozważań nad rolą, miejscem i sposobem określenia wartości użytkowej budowanych obiektów, a tym samym usług świadczonych w oparciu o nie.

2. WARTOŚĆ UŻYTKOWA W PROJEKTOWANIU JAKOŚCI USŁUG

Wartość użytkowa jest definiowana jako zdolność danego dobra do zaspokajania potrzeb użytkownika. Jest kategorią obiektywną, czyli uwzględnia potrzeby akceptowa-

ne przez społeczność, a nie jednostkę. Dobro ma wartość użytkową bez względu na świadomość tego faktu wśród członków społeczności, natomiast jej poziom zmienia się wraz ze zmianą potrzeb społeczności i cech danego dobra, jest więc kategorią dynamiczną [9].



Rys. 1. Wartość użytkowa i jakość usługi w procesie inwestycyjnym
Fig. 1. Infrastructure and service quality in the investment process

W odniesieniu do infrastruktury materialnej, czyli obiektów budowlanych, i usług świadczonych w oparciu o nie, na wartość użytkową składają się:

- jakość techniczna (m. in. wytrzymałość konstrukcji, bezpieczeństwo przeciwpożarowe, trwałość),
- funkcjonalność (zapewnienie wygody w korzystaniu z obiektu, w przypadku budynków to między innymi wystarczająca przestrzeń, wygodny układ komunikacyjny, wyposażenie),
- jakość behawioralna (relacje między człowiekiem a obiektem, m.in. poczucie bezpieczeństwa użytkownika, mikroklimat, estetyka; jest to kryterium subiektywne),

- jakość organizacyjna (ograniczenia środowiska, jakim jest obiekt budowlany, wpływają na sposób organizacji działań ludzi wykorzystujących to środowisko, np. zmianowość pracy, sposób wymiany informacji i efektywność wykorzystania obiektu w stosunku do założeń),
- jakość finansowa (koszty budowy, utrzymania, dochód generowany przez obiekt),
- oraz jakość pod kątem zrównoważonego rozwoju (wpływ na środowisko obecnie i w przyszłości, zdolność do dostosowania się do zmiennych wymagań).

Wartość użytkowa obiektów otrzymanych w inwestycjach PPP wpływa (a przynajmniej powinna, o ile właściwie skonstruowano kontrakt) na wynagrodzenie wykonawcy i jest jednym z efektów przedsięwzięcia, świadczącym o jego powodzeniu lub niedociągnięciach (a nawet porażce). Od PPP oczekuje się wysokiej wartości użytkowej. Z uwagi na fakt, że większość z powyższych czynników określających poziom wartości użytkowej ma naturę jakościową, występuje problem w ich ocenie. Istniejące, praktyczne metody stosowane np. w zagadnieniu wyceny nieruchomości są zbyt szacunkowe [9].

Jakość usługi, inaczej zwana użytecznością usługi, jest kategorią ekonomiczną ale też pojęciem subiektywnym i może być definiowane jako zbiór właściwości i charakterystyk liczbowych wyrażających stopień spełnienia stawianych wymagań. Związek pomiędzy wartością użytkowa i jakością usługi tworzonych zasobów infrastruktury w planowaniu inwestycji przedstawia rysunek 1.

3. OPIS I ANALIZA PRZYKŁADÓW PPP

3.1. POTENCJAŁ PARTNERSTWA WYKORZYSTANY

W ostatnich latach w ramach PPP zrealizowano wiele imponujących inwestycji w dziedzinie transportu: tunel pod Kanałem La Manche czy francuski Viaduc de Millau. Przedsięwzięcia tej skali nie mogłyby zostać sfinansowane wyłącznie ze środków publicznych, wymagały współpracy instytucji finansowych, rządów i specjalistów z całego świata.

Mniejsze inwestycje transportowe również są wykonywane w ramach PPP, na przykład 10 km odcinek dwujezdniowej drogi w Walii, ze skrzyżowaniami i mostem, niedawno oddany do użytku [1]. Współpraca między uczestnikami przedsięwzięcia pozwoliła dostosowywać projekt i wprowadzać ulepszenia w miarę postępu prac, zarówno w zakresie rozwiązań technicznych jak i powiązań kontraktowych. Dzięki zaangażowaniu wykonawców we wstępne etapy przygotowania inwestycji, wprowadzono szereg ulepszeń, między innymi zmianę organizacji ruchu na skrzyżowaniach, prowadzące do tańszych rozwiązań technicznych. Zapewniono współpracę łańcucha dostaw z projektantem – odkryto i wykorzystano źródło oszczędności w postaci zastosowania materiałów dostępnych lokalnie i z rozbiórki istniejących

dróg, co znacznie zmniejszyło koszty materiału i transportu, utrudnienia w lokalnym ruchu i obciążenie środowiska. Wyeliminowano też koszty utylizacji odpadów i podatku za składowanie odpadów (landfill tax). Porozumienie w zakresie podziału oszczędności uzyskanych wskutek zastosowania inżynierii wartości i rozwiązań innowacyjnych okazało się zachętą do zacieśniania współpracy. W rezultacie czas budowy został skrócony o 8 miesięcy, koszty zmniejszono o ponad 11% w stosunku do wstępnych oszacowań tradycyjnego modelu realizacji, a budowa zdobyła szereg nagród i wyróżnień, między innymi w dziedzinie ochrony środowiska.

Na tym etapie realizacji przedsięwzięcia można stwierdzić, że osiągnięto VfM pod względem finansowym, oraz wysoką wartość użytkową w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Oczywiście jest za wcześnie, by mówić o sukcesie, bo okres eksploatacji dopiero się rozpoczął, jednak przykład dowodzi, że współpraca w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego może owocować stosowaniem nowocześniejszych rozwiązań i oferuje duży potencjał optymalizacji zadań i decyzji.

3.2. SZANSA NIEWYKORZYSTANA

Przykład ten dotyczy pierwszego kontraktu PPP w Irlandii na projektowanie, budowę, eksploatację i finansowanie 5 szkół przez prywatne konsorcjum [5]. Postępowanie związane z pozyskaniem partnera prywatnego trwało aż 17 miesięcy, do przetargu przystąpiło 12 wykonawców. Wśród kryteriów wyboru kwestie kosztowe nie były najsilniej akcentowane i oferta najtańsza została odrzucona ze względu na zbyt oszczędne rozwiązania projektowe (więc niższą jakość obiektu i usługi).

Podmiot publiczny sporządził szczegółowe specyfikacje programu użytkowego, co ograniczyło innowacyjność rozwiązań projektowych wykonawcy, jednak dyrektorzy szkół twierdzą, że partner prywatny dostarczył usługę innowacyjną (w porównaniu ze szkołami budowanymi tradycyjnie) w zakresie komputeryzacji szkoły, zaplecza gospodarczego (stołówka) i powiększenia powierzchni ruchu (to ostatnie wskazano w 3 na 5 szkół).

Przedsięwzięcie generalnie oceniane jest pozytywnie pod kątem VfM, chociaż nie stwierdzono wprowadzenia wyraźnie lepszych rozwiązań użytkowych. Wartość użytkowa obiektów wybudowanych przez partnera prywatnego i usług przez niego świadczonych nie odbiegała *in plus* od „publicznego" standardu, oraz była zgodna ze specyfikacją strony publicznej. Jedyny zarzut można postawić partnerowi publicznemu – w trakcie tworzenia kontraktu nie stworzył zachęt dla partnera prywatnego do wykazania się większą inicjatywą. Być może wynikło to ze specyfiki branży: proces dydaktyczny w tradycyjnie budowanych szkołach i szkołach PPP jest jednakowo zorganizowany (partner prywatny nie miał za zadanie rewolucjonizować organizacji szkoły, tylko umożliwić jej funkcjonowanie), a strona publiczna szczegółowo określiła program funkcjonalny obiektów na bazie swoich wieloletnich doświadczeń.

Podobną sytuację w odniesieniu do szkół zaobserwowano w Wielkiej Brytanii. W ocenie Audit Commission [3], dokonanej po porównaniu 17 szkół wybudowanych w formie

partnerstwa i 12 szkół wybudowanych w tym samym czasie w tradycyjny sposób, nie stwierdzono wyraźnych korzyści z zastosowania PPP. Koszty eksploatacji były porównywalne, natomiast jakość w aspekcie technicznym i funkcjonalnym tradycyjnie finansowanych obiektów była wyższa. Nie stwierdzono, aby przedsięwzięcia PPP wyróżniały się innowacyjnością, niektóre rozwiązania architektoniczne krytykowano. W budowie nie wystąpiły opóźnienia, ale też nie oddano obiektów do użytkowania przed terminem. Generalnie, usługa otrzymana w drodze PPP była zgodna ze specyfikacjami podmiotu publicznego.

Omawiane szkoły użytkowane są od niedawna i trudno oceniać, czy w dłuższej perspektywie PPP okaże się korzystniejsze. Powyższe przykłady wskazują, że do powodzenia tego typu przedsięwzięć potrzebne jest większe zaangażowanie przyszłego konsumenta usługi aby zapewnić, że wymagania stawiane podmiotowi prywatnemu będą właściwie określone, oraz pozostawienie prywatnemu wykonawcy dostatecznie dużego marginesu swobody w rozwiązaniach projektowych, by umożliwić mu wprowadzenie innowacji.

3.3. PARTNERSTWO KRYTYKOWANE

W Wielkiej Brytanii powierzanie prywatnym podmiotom projektowania, budowy, finansowania i utrzymywania obiektów związanych z ochroną zdrowia jest powszechne, choć spotyka się z ostrą krytyką. Przeciwnicy zastosowania PPP w tej dziedzinie podkreślają wysokie koszty ponoszone przez oddziały publicznej służby zdrowia i liczne przypadki spadku jakości usług [7].

Za przykład może posłużyć Great Western Hospital w Swindon [4, 6, 7]. Nowy obiekt realizowany w ramach PPP miał zastąpić przestarzały, duży szpital w centrum miasta. Wkrótce po przekazaniu go do użytkowania okazało się, że liczba łóżek była niewystarczająca. Partner prywatny wygospodarował nieco przestrzeni kosztem pomieszczeń administracyjnych, przenosząc je do budynków tymczasowych (kontenery biurowe pozostałe po budowie) i lokali wynajętych w mieście. Mimo to nadal brakowało miejsc, pacjenci leżeli w przepełnionych salach. Niezwłocznie rozpoczęto rozbudowę obiektu.

Nie zapewniono odpowiedniej liczby miejsc parkingowych, a korzystanie z publicznych środków transportu było utrudnione ze względu na położenie szpitala na obrzeżach miasta (tańsze grunty). Brakowało podstawowych udogodnień: odpowiedniej liczby toalet (pacjenci, odwiedzający i personel korzystają ze wspólnych łazienek), świetlic dla pacjentów, poczekalni, przestrzeni na przechowywanie sprzętu, pościeli i dokumentacji. Wiele pomieszczeń, również przeznaczonych dla pacjentów, nie ma okien. Obiekt jest bardzo rozbudowany w planie, więc korytarze są zbyt długie, a układ sal chorych uniemożliwia personelowi obserwację pacjentów. Wystąpiło też wiele usterek budowlanych wywołanych pośpiechem w budowie. W ocenie pacjentów i pracowników warunki zaoferowane przez prywatnego operatora szpitala były gorsze niż w poprzednio

zajmowanym obiekcie. Z drugiej strony, prywatny operator wyrażał zadowolenie z powodu 100% „obłożenia".

Niemniej jednak, w przytoczonym wyżej przykładzie podstawowe błędy popełniono na etapie planowania, niedoceniając skali popytu na usługi. Winą można zapewne obarczyć „oszczędnościową" politykę w publicznej służbie zdrowia. Niska funkcjonalność była między innymi skutkiem zbyt późnej zmiany koncepcji skali przedsięwzięcia, i bezpośrednio odbiła się na jakość behawioralnej (niezadowolenie użytkowników z powodu ciasnoty i uciążliwości prac związanych z rozbudową) oraz jakości organizacyjnej obiektu (konieczność relokacji administracji). Powstaje pytanie, czy za wyjściowe określenie wielkości szpitala odpowiadał tylko podmiot publiczny, czy też wynikło ono z analiz prowadzonych przez obu uczestników przedsięwzięcia. Niewątpliwie, partner prywatny odpowiada za błędy projektowe (kształt sal chorych, rozmieszczenie sanitariatów, nadmierne długości ciągów komunikacyjnych), usterki techniczne, i niską jakość organizacyjną (niezapewnienie pracownikom miejsc parkingowych mimo pobierania za nie opłat, konieczność uzyskania zgody na umieszczanie w obiekcie pewnych rodzajów wyposażenia). Generalnie, w omawianym przypadku zabrakło elementu wymiany doświadczeń i komunikacji potrzeb, a więc czynnika partnerstwa. Wartość użytkowa okazała się niska, chociaż formalne wskaźniki VfM osiągnięto.

Nie jest to odosobniony przypadek – są opinie, że inne obiekty użytkowane przez brytyjską służbę zdrowia zaprojektowano w sposób tani dla prywatnego operatora, a niewygodny dla celów, którym mają służyć. Oficjalne raporty są ostrożne w ocenach [8], wskazując między innymi „łagodne" traktowanie dostawcy usług w przypadkach niedotrzymywania umówionych standardów (kary niewspółmiernie niskie do szkód), subiektywizm oceny jakości wywiązywania się prywatnego partnera ze zobowiązań, oraz pochopne przedłużanie kontraktów.

4. PODSUMOWANIE

Rozwój gospodarczy stawia coraz większe wymagania podmiotom publicznym. Niezbędne jest tworzenie koncepcji rozwoju społeczno-gospodarczego, ale też umiejętność dostosowania ich do dynamicznych zmian. Bez względu na system realizacji inwestycji publicznych należy zapewnić, że cele zostaną osiągnięte. Jest to trudne, bo efekty inwestycji są rozłożone w czasie, a prognozy obarczone niepewnością. System PPP uświadamia znaczenie dokładnego planowania i potencjał korzyści z równoczesnego wykorzystania wiedzy i umiejętności sektora publicznego i prywatnego. Przytoczone w pracy przykłady wskazują, że wykorzystanie tego potencjału jest sztuką, której opanowanie wymaga wysiłku i zaangażowania, oraz przykładania wagi do wartości użytkowej infrastruktury przekładającej się na jakość usługi publicznej. Od prywatnych uczestników PPP wymagać się będzie nie tylko inżynierii kosztów i umiejęt-

ności zarządzania, ale również analizy wartości, a od sektora publicznego dokładnego określania realistycznych wymagań jakościowych, umiejętności komunikowania swoich oczekiwań i stwarzania systemu motywacji dla wykonawcy przedsięwzięcia do dostarczania najlepszej usługi.

LITERATURA

[1] AKBIYIKLI R., EATON D., *Lessons learned from two PFI road projects in the UK.* Third International Conference on Construction in the 21st century (CITC – III) "Advancing Engineering, Management and Technology", 15–17 September 2005, Athens, 1064–1069.

[2] AKINTOYE A., HARDCASLE C., BECK M., CHINYIO E., ASENOVA D., *Achieving best value in private finance initiative project procurement,* Construction Management and Economics, 21/2003, 461–470.

[3] Audit Commission Report: *PFI in schools. The quality and cost of buildings and services provided by early Private Finance Initiative schemes*, 30 Jan. 2003, www.audit-commission.gov.uk

[4] GRIMSEY D., LEWIS M.K., *Are Public Private Partnerships value for money? Evaluating alternative approaches and comparing academic and practitioners views*, Accounting Forum 29/2005, 345–378.

[5] HURST C., REEVES E., *An economic analysis of Ireland's first public private partnership*, The International Journal of Public Sector Management, Vol. 17, No. 5, 2004, 379–388.

[6] LISTER J., *Not so great. Voices from the front-line at the Great Western PFI Hospital in Swindon.* Researched for UNISON, October 2003, www.unison.org.uk

[7] POLLOCK A. M., SHAOUL J., VICKERS N., *Private finance and "value for money" in NHS hospitals: a policy in search of a rationale?* BMJ Vol. 324, 18 May 2004, 1205–1209.

[8] National Audit Office, *The PFI Contract in Action.* Report by the Controller and Auditor General/HC 209 Session 2004–2005, 10 February 2005.

[9] NIEZABITOWSKA E., KUCHARCZYK-BRUS B., MASŁY D., *Wartość użytkowa budynku*, Wyd. Verlag Dashofer, Warszawa 2003.

[10] Ustawa z dnia 28 lipca 2005 r. o partnerstwie publiczno-prywatnym, Dz. U. 169/2005, poz. 1420.

SERVICE QUALITY OF PPP-PROCURED INFRASTRUCTURE PROJECTS

The public infrastructure projects are crucial for economic and social development. The scarcity of public financial means and striving for efficiency and innovation was the ground for the public-private partnerships (PPP) as a form of co-operation between the public and private sectors. The paper presents examples of PPP projects involving THE private partners' planning, design, construction, maintenance and financing of infrastructure objects. The paper investigates into the quality of objects and related service delivered by the private partner in attempt to determine the reasons of achieving (or not) the expected levels of quality. The evidence of these projects points at the importance of service quality planning and assessment beside economic analysis. The paper presents the concepts of quality assessment factors and the relation between the infrastructure object quality and service quality.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

bezpieczeństwo pracy, koszty, kryterium, wariant.

Wojciech DROZD*

ANALIZA KOSZTÓW PONOSZONYCH PRZEZ PRZEDSIĘBIORSTWO,WYNIKAJĄCYCH Z ZANIEDBAŃ W DZIEDZINIE BEZPIECZEŃSTWA PRACY

Artykuł przedstawia wielokryterialną analizę porównawczą kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo, wskutek zaniedbań w dziedzinie bezpieczeństwa pracy. Jej celem jest internalizacja tych kosztów i porównanie kilku wariantowych rozwiązań, umożliwiające analizę i ocenę typu koszty – korzyści dla przedsiębiorstwa. Wyniki analizy świadczą o tym, że odpowiednie nakłady na bezpieczeństwo pracy mogą przynieść wymierne korzyści. Użytkową stroną tej analizy może być wspomaganie decyzji z zakresu zarządzania bezpieczeństwem pracy.

1. WPROWADZENIE

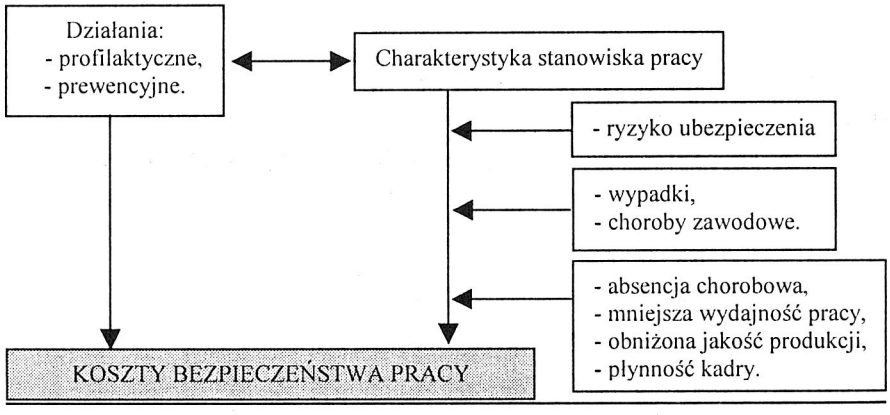
Znikome badania naukowe w zakresie bezpieczeństwa pracy na budowach nie zmieniają panującego przekonania, że troska o poprawę warunków pracy oznacza dla przedsiębiorstwa przede wszystkim dodatkowe nakłady i nie daje wymiernych korzyści.

W samych przedsiębiorstwach koszty związane z niewłaściwymi warunkami pracy i wynikające z ich poprawy korzyści nie są na ogół uwzględniane. Pracodawcy dostrzegają tylko koszty wypadków urazowych, będące częścią kosztów powodowanych brakiem odpowiedniego bezpieczeństwa pracy, natomiast koszty wypadków bezurazowych, powodujących straty wyłącznie materialne, nie są do tych kosztów zaliczane.

Dlatego procesowi zarządzania bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie musi towarzyszyć pełna analiza kosztów i korzyści z podejmowanych działań, uwzględniająca wszystkie składniki związane z warunkami środowiska pracy, jak i działaniami profilaktycznymi (rys. 1).

* Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

W niniejszym artykule podjęto próbę takiej analizy na przykładzie kilku wariantów kosztów poniesionych przez przedsiębiorstwo wskutek zaniedbań w dziedzinie bezpieczeństwa pracy. Tym samym postawiono tezę mówiącą, że odpowiednie nakłady na bezpieczeństwo pracy mogą przynieść wymierne korzyści. Użytkową stroną tej analizy może być wspomaganie decyzji z zakresu zarządzania bezpieczeństwem pracy.



Rys. 1. Koszty bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie
(Źródło: *Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy*, CIOP, Warszawa 2000)
Fig. 1. The costs safety of the work in the enterprise

2. ANALIZA KOSZTÓW BEZPIECZEŃSTWA PRACY PONOSZONYCH PRZEZ PRZEDSIĘBIORSTWO

Do przeprowadzenia pełnej analizy wszystkich składników kosztów bezpieczeństwa pracy ponoszonych przez przedsiębiorstwo wykorzystano w artykule procedurę wielokryterialnej analizy porównawczej [3], która w kolejności obejmuje:

- sprecyzowanie celu,
- określenie zbioru kryteriów,
- określenie wag kryteriów,
- określenie granicznych wartości kryteriów,
- przetworzenie danych o wariantowych rozwiązaniach problemu decyzyjnego wg algorytmu metody,
- analizę porównawczą i hierarchizację rozwiązań wariantowych.

2.1. CEL

Celem wielokryterialnej analizy porównawczej jest wybór najkorzystniejszego ze zbioru opracowanych przypadków, w aspekcie kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo wskutek zaniedbań w dziedzinie bezpieczeństwa pracy oraz analiza typu koszty – korzyści bhp w przedsiębiorstwie.

2.2. ZBÓR KRYTERIÓW

2.2.1. WSTĘPNY ZBIÓR KRYTERIÓW (WZK)

Po uwzględnieniu zidentyfikowanych czynników wpływających na koszty ponoszone przez przedsiębiorstwo wskutek zaniedbań w dziedzinie bezpieczeństwa pracy, przyjęto wstępnie następujące kryteria oceny [1]:

Tabela 1. Wstępny zbiór kryteriów
Table 1. The initial criterions

Lp.	Czynnik	Rodzaj cechy	Charakter kryterium
K1	absencja	M	Destymulanta
K2	wydajność pracy	M	Destymulanta
K3	jakość produkcji	NM	Destymulanta
K4	płynność kadry	M	Destymulanta
K5	płatności bieżące (dokumentacja, rozprawy sąd.)	M	Destymulanta
K6	straty majątku trwałego i obrotowego	M	Destymulanta
K7	utrata dochodów (kary umowne)	M	Destymulanta
K8	utrata dochodów (przerwy w realizacji robót)	M	Destymulanta
K9	koszty urządzeń i energii	M	Destymulanta
K10	koszty zmiany procedur roboczych	M	Destymulanta
K11	koszty środków zapobiegawczych	M	Destymulanta
K12	koszty szkolenia	M	Destymulanta
K13	koszty ubezpieczeń budowlanych	M	Destymulanta
K14	dochód z tytułu odszkodowań	M	Stymulanta

gdzie:
M – mierzalne, NM – niemierzalne.
Destymulanta – kryterium cząstkowe, którego rosnąca wartość powoduje negatywny wpływ na ocenę globalną.
Stymulanta – kryterium cząstkowe, którego rosnąca wartość powoduje pozytywny wpływ na ocenę globalną.

2.2.2. ANALIZA WSTĘPNEGO ZBIORU KRYTERIÓW

Analizę wstępnego zbioru kryteriów podanych w tabeli 1 prowadzono uwzględniając reprezentatywność (nośność informacyjną) kryteriów, wzajemne relacje między

kryteriami oraz ich charakter i poziom szczegółowości opisu przedmiotu oceny. Relacje między kryteriami zamodelowano w formie grafu kryteriów uporządkowanego wg stopnia ich szczegółowości. Analityczną postać grafu podaje macierz **G** {15, 15}, w której uwzględniono 14 kryteriów cząstkowych podanych w tablicy 1 oraz dodatkowo wprowadzono węzeł K_g dla uzyskania spójności grafu niezbędnej do warstwowego porządkowania grafu. Elementy $g_{i,j}$ macierzy grafu G przyjmują wartości 1 jeśli kryterium K_i pozostaje w relacji z kryterium K_j oraz wartości 0 przy braku relacji.

Tabela 2. Macierzowa postać grafu G wstępnego zbioru kryteriów
Table 2. The matrix character of the initial criterions graph

Symbole kryteriów → ↓	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	Kg
K1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
K2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K10	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
K11	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
K12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
K14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

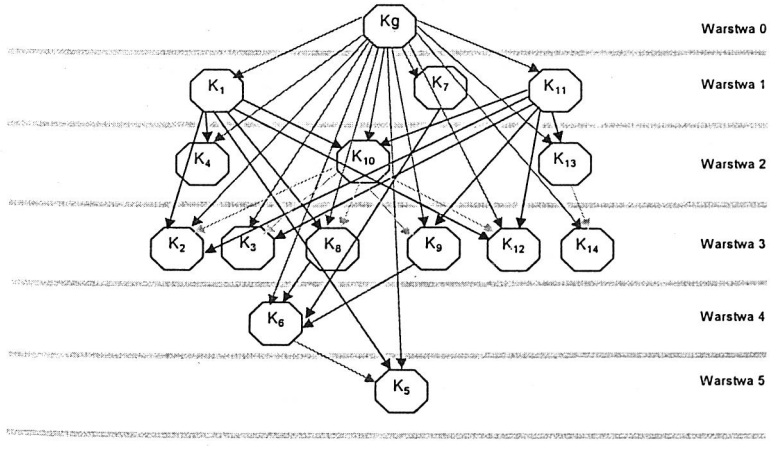
2.2.3. OSTATECZNY ZBIÓR KRYTERIÓW Z ICH GRANICZNYMI WARTOŚCIAMI

Ostateczny zbiór kryteriów – najbardziej reprezentatywny, zawierający możliwie mało elementów {OZK} – utworzono w oparciu o warstwowe porządkowanie grafu, zgodnie z algorytmem metody [3]: $bj^0 = \sum g_{ij}$, $i = 1,..., n + 1$, gdzie: bj^0 to liczba łuków wchodzących do j-tego wierzchołka.

Do warstwy 0 należy węzeł Kg. Analogicznie dokonano przyporządkowania pozostałych kryteriów do kolejnych warstw. Ostateczne uporządkowanie warstwowe wszystkich kryteriów przedstawiono na rys. 2.

Tabela 3. Porządkowanie grafu G do warstwy 0 ($bj^0 = \sum g_{ij} = 0$)
Table 3. The graph ordering in to level 0

Symbole kryteriów → ↓	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	Kg
K1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
K2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K10	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
K11	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
K12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
K14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
$\sum g_{ij}$	**1**	**4**	**3**	**2**	**3**	**4**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**4**	**2**	**2**	**0**



Rys. 2. Graf kryteriów wg macierzy **G** {15, 15}, uporządkowany wg stopnia ich szczegółowości ilustrujący wzajemne relacje między kryteriami
Fig. 2. The graph of the criterions according to matrix **G** {15, 15}

Do ostatecznego zbioru kryteriów {OZK} zakwalifikowano te kryteria, które znalazły się w warstwie 3:

K2 – wydajność pracy (destymulanta),

K3 – jakość produkcji (destymulanta),

K8 – utrata dochodów [przerwy w realizacji robót], (destymulanta),

K9 – koszty urządzeń i energii (destymulanta),

K12 – koszty szkolenia (destymulanta),

K14 – dochód z tytułu odszkodowań (stymulanta).

Kryteria te reprezentują najwięcej cech wariantowych rozwiązań. Ich wybór eliminuje możliwość wielokrotnego uwzględniania tych samych informacji.

2.3. WAŻNOŚĆ KRYTERIÓW

Dla przyjętych kryteriów oceny z {OZK} określono wagi posługując się metodą analizy par [3] (tablica 4). W efekcie kolejne kryteria otrzymały wskaźniki ważności – wagi v_i: $\sum a_{ij} = v_i \in (0, 1)$.

Tabela 4. Analiza par kryteriów
Table 4. The analisis of the criterions

Kryteria	2	3	8	9	12	14	$\sum a_{ij}$	**Ważność kryteriów**	**Wagi kryteriów** [v_i]
2	0	0	0	1	1	1	3	**X2**	0,20
3	1	0	0	1	0	1	3	**X2**	0,20
8	1	1	0	1	1	1	5	**X1**	0,33
9	0	0	0	0	0	1	1	**X4**	0,07
12	0	1	0	1	0	0	2	**X3**	0,13
14	0	0	0	0	1	0	1	**X4**	0,07
						$\sum$	**15**		**1,00**

2.4. WARTOŚCI MIAR WARIANTÓW WG KRYTERIÓW

Do oceny każdego kryterium zaliczonego do ostatecznego zbioru kryteriów stosowano skalę od 1 do 5 punktów (patrz tabela 5). Miary cząstkowe poszczególnych wariantów, wg przyjętej skali oceny kryteriów, w odniesieniu do badań własnych ustalono w aspekcie kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo wskutek zaniedbań w dziedzinie bhp.

Tabela 5. Miary wariantów wg przyjętych kryteriów oceny
Table 5. The measure of the variant according to the evaluation of the criterions

Wariant / Kryterium oceny, charakter, waga	W1	W2	W3	W4	W5
K2 – wydajność pracy					
Destymulanta, $V_2 = 0{,}2$	5	1	5	1	1
K3 – jakość produkcji					
Destymulanta, $v_3 = 0{,}2$	5	1	5	1	1
K8 – przerwy w realizacji robót					
Destymulanta, $v_8 = 033$	5	5	5	1	3
K9 – koszty urządzeń i energii					
Destymulanta, $v_9 = 0{,}07$	5	5	5	1	1
K12 – koszty szkolenia					
Destymulanta, $v_{12} = 0{,}13$	5	1	1	5	3
K14 – dochód z tytułu odszkodowań					
Stymulanta, $v_{14} = 0{,}07$	5	1	1	1	1

2.5. ANALIZA NUMERYCZNA PROBLEMU DECYZYJNEGO O ROZWIĄZANIACH WARIANTOWYCH.

Pierwotne, mianowane miary cząstkowe oceny wariantów (tabela 6) standaryzowano wg zasady (tabela 7):

dla stymulant: $z_{ij} = \dfrac{x_{ij} - x_j}{S_j}$,

dla destymulant: $z_{ij} = \dfrac{-\left(x_{ij} - x_j\right)}{S_j}$,

gdzie: z_{ij} – miara wariantu i-tego, wg kryterium j-tego,

$x_j = \dfrac{\sum x_{ij}}{n}$, dla $i = 1, ..., n$; x_{ij} – miara cząstkowa wariantu W_i wg kryterium K_j,

S_j – odchylenie standardowe.

Tabela 6. Macierz miar cząstkowych wariantów W_i wg. kryteriów K_j
Table 6. The matrix of the partial measure of the variants W_i according to the criterions K_j

Wariant	Miary wariantów					
	K2	K3	K8	K9	K12	K14
Wariant W1	5	5	5	5	5	5
Wariant W2	1	1	5	5	1	1
Wariant W3	5	5	5	5	1	1
Wariant W4	1	1	1	1	5	1
Wariant W5	1	1	3	1	3	1

Tabela 7. Macierz miar cząstkowych wariantów W_i wg kryteriów K_j – standaryzowana
Table 7. The matrix of the partial measure of the variants W_i according to the criterions K_j – standardized value

Wariant	Miary wariantów – standaryzowane						Wskaźnik sumacyjny
	K2	*K3*	*K8*	*K9*	*K12*	*K14*	J_i
Wariant W1	–0,81	–0,81	–0,75	–0,82	–1,29	2	–0,32
Wariant W2	0,82	0,82	–0,75	–0,82	1,29	–0,5	0,16
Wariant W3	–0,81	–0,81	–0,75	–0,82	1,29	–0,5	–0,77
Wariant W4	0,82	0,82	1,75	1,23	–1,29	–0,5	**0,78**
Wariant W5	0,82	0,82	0,50	1,23	0	–0,5	0,54

2.6. OCENA ROZWIĄZAŃ WARIANTOWYCH

Oceny porównawczej dokonano za pomocą wskaźnika sumacyjnego skorygowanego (tablica 7): $J_i = \sum (z_{ij} \cdot v_j)$, gdzie:

z_{ij} – miara wariantu i-tego wg kryterium j-tego (zakodowana),

v_j – waga kryterium j-tego.

Wartości wskaźników syntetycznych (tabela 7) pozwalają na określenie hierarchii wariantowych rozwiązań. Za najkorzystniejszy w aspekcie przyjętych kryteriów uznano wariant W4, dla którego wskaźnik syntetyczny osiągnął największą wartość $J_4 = 0{,}78$. Najgorszym wariantem jest wariant W3: $J_3 = -0{,}77$. Najkorzystniejsze rozwiązanie (wariant W4) świadczy o korzyściach dla przedsiębiorstwa płynących z niskich kosztów, będących następstwem zaniedbań w dziedzinie bezpieczeństwa pracy, natomiast najmniej korzystne rozwiązanie (wariant W3) świadczy o wysokich kosztach zaniedbań, przy niskich nakładach.

Wyniki analizy świadczą o tym, że odpowiednie nakłady na bezpieczeństwo pracy mogą przynieść wymierne korzyści.

LITERATURA

[1] Opracowanie własne badań statystycznych.

[2] *Koszty bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie* W: *Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy*, CIOP, Warszawa 2000.

[3] SZWABOWSKI J., DESZCZ J., *Metody wielokryterialnej analizy porównawczej*. W: Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.

THE ANALYSIS OF THE COSTS AS RESULT OF NEGLIGENCE IN THE DOMAIN SAFETY OF THE WORK

The article presents analysis of the costs, as result of the negligence in the domain safety of the work. To this effect author internalizing costs and compares a few solutions: costs – profits. The results indicate that adequate the capital spending on safety of the work could bring some profits. The presented analysis could be used in the practice to support decision making in work safety management.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materialy Nr 18 2006

quality, assurance, building, building planning, building realization, project quality plan ,innspection and test plan ,purchasing, quality evaluation

Jozef GAŠPARÍK*

QUALITY ASSURANCE DURING THE PROCESS OF BUILDING PLANNING AND REALIZATION

Quality is a key factor leading to business success, growth and enhanced competitive position. A construction firm must organize itself in such a way that human, administrative and technical factors affecting quality will be under control.

There will be described in my contribution basic information concerning the quality management and assurance during the process of building planning and realization. Building quality assurance consists of several important steps and documents: contract review, planning of building realization, purchasing, selection of sub-contractors, project quality plans including inspection and test plans, control of monitoring and measuring devices, building quality evaluation etc. An effective Quality Management and Assurance System leads to client satisfaction, higher productivity and profitability, efficiency and increased competitiveness.

1. INTRODUCTION

For construction, the needs must be defined by the client. The inclusion of services is pertinent to construction, where both designers and contractors supply services as well as the product (completed work). The quality of these services is vital, not only in meeting the client requirements, but also in completing to time and budget (FACT: function, aesthetic, cost, time) [1].

For a building organization to be truly effective, every single part of it must work properly together. Every part, every activity, every person in a building company affects and is in turn affected by others. Every party in a process has three roles: *supplier, processor, customer. J.M. Juran* defines this as the **triple role** concept.

The owner, designer and constructor, each have the three roles to perform. Customers can be internal or external. *Internal customer* is from within the engineering and construction organizations. Internal customers receive products and information

* Faculty of Civil Engineering-CEMAKS, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovakia

from other groups or individuals within their organization. Satisfying the needs of these internal customers is an essential part of the process of supplying the ultimate external customer with a quality product. *External customer* is not part of the company producing the product or service, but is impacted by the product or service. Designer is customer of owner requirements. His products are plans and specification and the customers are the construction organization and the owner. For construction the products are the completed facility and the customer is final user of the facility.

2. QUALITY MANAGEMENT SYSTEM (QMS)

Construction firm can develop and implement QMS according to ISO 9001:2000. QMS is management system to direct and control an organization with regard to quality [2].

2.1. PLAN FOR A QUALITY SYSTEM

Plan for a quality system consists of next steps [3]:

1. A clear written **quality policy** should be issued by the director of construction company.
2. **The objectives** of quality management programme should be define and set down in some detail.
3. Quality must be the direct operational **responsibility of the management.** Appoint person as **quality manager.** Prepare job descriptions and line charts showing the areas of individual managerial responsibilities.
4. **Establishment of a QMS.** The requirements of the customer and of the organization must be met and the system clearly defined, widely disseminated, understood and operated by all.
5. **Regular audits** of the operations areas will lead to identify and continual updating of potential problems.
6. **Quality improvement programme (QIP)** should be designed to achieve established objectives.
7. **QIP implementation** requires the commitment and involvement of all employees.
8. **QIP** should be kept to the agreed timetable (**monitor progress**).
9. **Audit and review overall effectiveness.** The practical implementation and appropriateness of the quality system should be continually compared with the objectives. A method for changes in the plan should be defined.

The top management of construction firm is responsible for:

- the efficiency of the organization,
- the quality of the buildings or the services which that firm offers.

There is the need to satisfy customer requirements by supplying services or products which *fit for purpose* within budget and on schedule. The second thing is to supply these services or products in the most efficient and cost effective manner.

An effective QMS involves all departments and functions. Development the quality policy must come from the top of organization. *Quality manager* is a person designated by director of firm with responsibility for setting up of the system, which enables the quality standards to be achieved and the continuous monitoring and improvement of the system.

The QMS should apply to and interact with all activities of the organization: marketing, design, procurement, process planning, development and assessment, process operation and control, product testing or checking, packaging, storage, service, maintenance etc. The first step is to prepare the necessary documentation: *procedures, forms and records and quality manual.* [4].

Procedures describe what is to be done, by whom and how, when, where and why an activity is to be carried out. Job instructions are subordinate documents to procedures. Such instructions may be required for specific tasks, processes or operations, test or inspection activities. It is useful when all basic activities are described in flow chart form.

Quality manual is document setting out the general quality policy, organization, the scope of the QMS including details of and justifications for any exclusions, the documented procedures established for the QMS, or reference to them, a description of the interaction between the processes of the QMS and procedure index. It is very good management tool to keep employees aware of their responsibilities within the quality management system. The quality manual could be described as a "company shop window to quality".

3. BUILDING PROCESS REALIZATION AND CONTROL

Building process is characterized as the overall series of linked activities beginning with the identification of need and conception of the project and ending with the occupation and initial use of the construction after its commissioning. The quality required by the customer in construction is in the end product, the finished building, not in the separate QMSs of the participants. Manufactured products account for only 10% of building failures [1]. Thus, for specialist subcontractors who also install their products, product manufacturing systems are only part of the story. Nevertheless, ISO 9001:2000 has its part to play.

The construction firm shall plan and develop the processes needed for product (building). Planning of product realization shall be consistent with the requirements of the other processes of the QMS. In planning product realization, the organization shall determine:

- quality objectives and requirements for the building product,
- the need to establish processes, documents and provide resources specific to the building product,
- required verification, validation, monitoring, inspection and test activities specific to the product and the criteria for building product acceptance,
- records needed to provide evidence that the realization processes and resulting building product meet requirements.

A document specifying the processes of the QMS including the building product realization processes can be referred to as a Project Quality Plan (PQP). The Inspection and Test Plans (ITP) designed for building processes are part of PQP. Figure 1 shows the interaction between the sub processes of product (building) realization process.

The building company shall ensure that all manufacturing operations including written work instructions which directly affect quality shall be carried out under controlled conditions. Procedures and work instructions should cover every phase of manufacture, assembly and installation.

Inspection and testing is very important part of building process control and management.

3.1. RECEIVING INSPECTION AND TESTING

All products received shall be verified upon receipt for condition, completeness, identification and general compliance with procurement document requirements, including availability of required documentation. Products in compliance with procurement requirements shall be released to the storage area. The documentation received in support of purchased items substantiating acceptance shall be filed with the purchase order. Items rejected on receipt shall be clearly identified as being on *hold* and shall be placed in quarantined area pending implementation of non-conformance report. Resulting from an evaluation of the non-conformance, corrective and preventive action shall be agreed with the supplier.

3.2. IN-PROCESS INSPECTION AND TESTING

The control of quality during manufacture and installation shall be maintained by monitoring the building processes and the results of inspections. Except when released under a positive recall procedure, product shall not be released for further processing until all the required inspection and tests have been completed and reported. Each complete inspection and test shall be recorded on the inspection and test plans with the

date and identify of the inspector, tester and operator. Non-conforming items shall be processed in accordance with the written procedure established for this activity. All production operations shall be performed using the most appropriate equipment, with special tooling requirements as required.

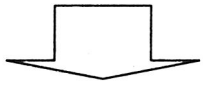
3.3. FINAL INSPECTION AND TESTING

Acceptance of finished items shall be indicated by the inspection function authorizing the final inspection operation on the route card, after verifying that all previous

INPUT	CUSTOMER REQUIREMENTS DEFINED IN PURCHASE ORDER OR IN CONTRACT



SUB-PROCESSES	DOCUMENTS (RECORDS)
Planning of product realization	Project quality plan (PQP)
Review of customer requirements	Record: Contract review
Supplier selection, purchase require-ments specification, monitoring of purchased	Record: Rating of suppliers Purchase requirements specification
Control of measuring and monitoring devices, verification of computer	Record: Device registration card Computer software verification
Product realization control, Quality process and product monitoring	Technological procedures (TP) Inspection and test plan (ITP)
Identification and traceability of building process and product	Delivery notes of material and products Inspection and test plan (ITP)
Preservation of product	Inspection and test plan (ITP)
Building Product Effectiveness Evaluation	Record: Building Product Evaluation



OUTPUT	FULFILMENT OF CUSTOMER REQUIREMENTS DEFINED IN PURCHASE ORDER OR IN CONTRACT

Fig. 1. "Product realization" – interaction of sub processes

inspection and process stages have been accepted and authorized. Records and data shall include the following:

- compliance with material specification,
- compliance with drawing requirements,
- inspection records to substantiate acceptance of items in-process, and acceptability and certification of processing operations,
- identification of non-conforming items for rejection, rework or non-conforming item review action.

The quality assurance manager has an important role in the process of *building quality assurance.* He would occupy a position on the construction site analogous to that of a company quality manager within the corporate structure. He would report on a day-to-day basis to the *project manager* who would delegate to him the tasks of preparing *a project quality plan* in accordance with the company's quality policy and in compliance with any contractual requirements of the purchaser. *Quality assurance manager* would not be responsible for quality control. *Responsibilities for quality of performance and products have operators.*

4. CONCLUSION

Quality management system starts with commitment from the senior management demonstrated in the form of a quality policy. The implementation of the full quality system then needs to be planed and monitored to ensure it is effective. The International Standards Organization (ISO) 9000:2000 Series sets out the methods by which a management system incorporating all the activities associated with quality, can be implemented in a building organization to ensure that all the specified performance requirements and needs of the client are fully met. *The owner, architect (designer) and constructor* have important roles in a process of quality management and improvement.

The aim of good QMS is to provide the operator with consistency and satisfaction in terms of methods, materials and equipment. An effective QMS leads to client satisfaction, increased productivity, efficiency, higher profitability and increased competitiveness.

REFERENCES

[1] HELLARD R.B., *Achieving profitability with customer satisfaction*, In: Total Quality in construction projects Thomas Telford Services Ltd., London, UK, 1993.
[2] SZALAYOVÁ,S., *Management of quality in construction firm*, In: Proceedings of 4th international conference TECHSTA 2004, CVUT Praha, 2004.
[3] OOKLAND J.S., *Total Quality Management, Heinemann Professional Publishing*, Oxford 1989.
[4] GAŠPARÍK J., *Manažérstvo kvality v stavebnej organizácii*, ES STU Bratislava, 2005.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

safety, health, risk, protection of work, education, motivation, humane factor, fear

Zdenka HULÍNOVÁ*

THEORY AND PRACTICE IN THE FIELD OF THE SAFETY AND HEALTH PROTECTION AT WORK

The article analyses the province of the safety and health protection at work. It provokes deliberation over the extention of the successfullness of legislative steps. It emphasises the fact that there is a wall built between the employees and their legislative protection from fear of losing the means of existence, that is everyday presented to people as warning of a job loss. This illusion is stronger than the employee´s need to protect his life and health.

1. INTRODUCTION

Safety and health protection at work have a long-time tradition in law in the Slovak republic. It started in the year 1883 when there was issued an act on the control of safety and health protection at work and this law adjusting had been in force with certain modifications almost up to the seventieth!

Entering the European Union the Slovak republic took on the obligation to maintain the principle of the priority of the law code of the European Union over the national right and that between them there must exist cooperation and direct interconnection.

Then in our legislation in comparison to the so far minor alternations there are beeing made and will continue wide adjustements taking place due to harmonizing law regulations in the Slovak republic to the European union legislation.

2. HUMANE FACTOR

Wide legislative regulations obliged the employers and their employees how to proceed to guarantee safety and health protection at work.

* Faculty of Civil Engineering, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovakia

It is not easy for the employer to consistently maintain these regulations, especially if they consider humane qualities and abilities.

The result of a humane activity depends on a good number of subjective as well as objective factors. Consequently it is a necessary condition of the complex management of the safety and health protection at work to orientate also on the humane behaviour within the frame of a risk prevention.

The inner impacts and mementary dispositions urge people to behave specifically, which may lead to mistakes that cause working accidents or operational breakdowns.

3. WHY PEOPLE ACT THE WAY THEY DO?

To determine the reasons of some working accidents it is frequently stated that they were unsatisfactory personal preconditions for working properly. In the investigation course only the width of breaking the law is determined but nobody is interested in the reason of these breakings [2].

The aim of an analysis of the human behaviour as well as human mistakes categorizing is to understand the type of the mistake and where and why the mistake occurred.

Making mistakes is humane, so it is necessary to forsee these undesirable consequences of the humane behaviour. Even mistakes may be acceptable also as a positive means of learning. They are sources of our numerous pieces of knowledge, reflects of our behaviour and they provide us with an important feedback in the process of attaining them [1].

By means of analyzing people´s risky behaviour we will find a number of outer and inner factors enabling us to understand the humane behaviour. The source of the dangerous behaviour frequently is:

- ignorancy of the corresponding safety regulations that is not reflecting shortcomings in the quantity of the education system, but it rather concerns the quality, attractivity and content of trainings and courses,
- underestimation of the safety steps that is most often linked with the carelessness of the young and new labourers in their aspiration to attract attention or is connected with the performance of the old and experienced workers being careless through their routine and selfsatisfaction of avoiding accidents so far,
- the employer´s ignorancy to fulfill lawful duties, e.g. to create a safe environment as well as working conditions or to provide the staff with the corresponding personal protective working means,
- the workers´unwillingness to use apt protective steps and means coming out of their unsatisfactory motivation, but it also is connected with a wrong system of rewarding, that assessing their working results does not consider their maintaining safety regulations.

4. THEORY AND PRACTICE

To the employer's obligations there also belong instructing and reporting the employees on the on-going works, working places and other circumstances related to work performances. Instructing the employees must take place regularly, intelligibly and explicitly. In spite of the importancy of education in the field of the safety and health protection at work, these instruction activities are often underestimated and their course is frequently formal and ineffective.

In discussions the employers puts up arguments in which they advocate breaking safety regulations and orders blaming a money shortage or a lack of time. The employees on the other hand are pressed by fear of losing their jobs when openly claiming their rights or mutual informing.

So there are two sorts of problems that stand in the way of the effectiveness and aspirations of lawful measures.

The first sort is based on the unsatisfactory information of the employees and often the employers too on their obligations and rights but at the same time on underestimating the importancy of protection, prevention and risks evaluation.

The second sort constitutes a correct employees' arranging in a job not only concerning their state of health and professional competency but also concerning their abilities and qualities. Knowing the employees' character and psychic preconditions requirers a more detailed analysis, inspecting an individual's behaviour and his psychic characteristics.

Fear is a common phenomenon for both the sorts. On one hand there are the employees fears of losing a job, on the order hand it is the employer's fear of losing an order.

Progress in the field of science and technology brings up more and more new information and knowledge. Yet, the aspiration to be successful in the market leads to a stronger and stronger competition and a mutual comparison that causes a continuous breaking records and growing demands on oneself and on others. In this growing hectic tempo a lot of employees satisfy their employer's claims also at the risk of damaging their health from fear of losing their job. The consequences will sooner or later appear as health problems or working accidents.

Though in the Labour Code caring the employee's safety and health protection is put on him as his duty, still only few employees are aware of the seriousness of this regulation.

The fear of a job loss urges the employees to work under risky conditions, they do not claim protection neither they defend. The stress coming hand in hand with this fear is then reflected in an individual's behaviour and leads to breaking the rules and unreasonable acts. In a risky situation the employees act in such a way as they would never in safe conditions. A long-term extensive burden can cause the employee's failure even in the case of a non-risky situation. This system of work causes depressions, neurosis, migrens, chronic exhaustions and cardiovascular maladies related to them [2].

One of the most famous theoreticians of motivation Abraham Maslow classed people's needs in five degrees: physiological needs, comfort, appreciation, distinction and selfrealization. An individual must satisfy his lower need to be interested in a higher need. That means, the physiological need, i.e., food, linen, housing must be enough satisfied for the employee to be interested in the other needs [1].

The loss of a job is connected with the unsatisfaction of the basic need, i.e. a fear of hunger and a loss of a shelter. In this sense then the employees perform the tasks and fulfill the norms that cause a psychic burden in them. They work unprotected in a risky environment and are not courageous to claim protection. In some cases they are ignorant of their rights. Sometimes this ignorancy may also be aimfully detected on part of the employer from fear of the fact that he will have to invest more money or that he will not keep to the terms if he invests more time and money in the protective measures of his employees.

At presence there is a big responsibility lying on the shoulders of the all training staff that lead education in the field of the safety and health protection at work. Their task is to provide information on the rights and duties of the employers and their employees in a way to nurture in them the need to protect themselves and to learn them to respect their own life and health.

5. CONCLUSION

The actual article analyses the province of the safety and health protection at work in a different aspect than is usual. It is not concerned with explaining or drawing attention to the important regulations of the safety rules but it provokes discussion or deliberation over their application in practice.

All orders and certificates are in vain so far as the workers themselves will not accept care and responsibility for their own life and health as a priority on the ladder of their values and will not eliminate the illusion of the fear of survival.

REFERENCES

[1] GLENDON A.I.,MCKENNA E.F., *Human safety and risk management*, London, Chapman & Hall, 1995.

[2] PERICHTOVÁ B., *Psychológia práce*, Košice, TEMPUS-PHARE, 1999–2000.

THEORY AND PRACTICE IN THE FIELD OF THE SAFETY AND HEALTH PROTECTION AT WORK

Článok rozoberá oblasť bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Dáva podnet na zamyslenie sa nad mierou úspešnosti legislatívnych opatrení. Upozorňuje na to, že medzi pracovníkov a ich legislatívnu ochranu je postavený múr zo strachu o existenciu, ktorý sa denne predkladá ľuďom ako hrozba pri strate zamestnania. Táto ilúzia je silnejšia ako potreba zamestnanca chrániť svoj život a zdravie.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

kwantyfikacja, jakość, kwantytatywne metody oceny jakości rozwiązań budowlanych, kryteria jakości, praktyczne zastosowanie oprogramowania komputerowego, Matlab.

Włodzimierz MARTINEK*
Paweł NOWAK*
Mariola KSIĄŻEK*

WYBRANE ASPEKTY KWANTYFIKACJI ROZWIĄZAŃ BUDOWLANYCH

W referacie przeanalizowano wybrane kwantytatywne metody oceny jakości obiektów i elementów budowlanych. Podano definicje oraz zarys historyczny problemu dla następujących kierunków oceny: różnicowej, indeksowej, techniczno-ekonomicznej oraz uogólnionego wskaźnika jakości. Najwięcej uwagi poświęcono metodzie uśrednionych znamion jakości (R. Kolmana), która może stanowić dobre narzędzie usprawniające proces budowlany, szczególnie przy zastosowaniu odpowiednich programów matematycznych w zakresie funkcji logicznych i statystycznych. Zaproponowano zarys wykorzystania elementów programu MATLAB do rozwiązania algorytmu oceny jakości oraz ustalenia syntetycznego wskaźnika jakości dla danego wyrobu. W podsumowaniu przedstawiono wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz w rozważanych obszarach oraz zaproponowano kierunki dalszych badań.

1. KWANTYTATYWNE METODY OCENY W BUDOWNICTWIE

1.1. WPROWADZENIE

Kwantyfikacja – to ilościowe określanie (ujmowanie) szeroko pojmowanych zjawisk (np. ekonomicznych, rozwiązań technologicznych czy budowlanych). Jakość – jest przeciętnym stanem zbiorczym różnych znamion i kryteriów, uzyskanym z ich stanów względnych przetransformowanych do wspólnego obszaru zmienności między 0 a 1.

Kryteria jakości – są różnego rodzaju przymiotami przydatnymi do opisania stanu, w jakim znajduje się badany przedmiot analizy. Przyjmuje się, iż najtrafniejszymi kryteriami jakości są wymagania stawiane badanym elementom, ponieważ opisują one żądany stan.

* Katedra Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, 00-637 Warszawa, Al. Armii Ludowej 16.

Metody oceny jakości zaczęto opracowywać już w latach pięćdziesiątych XX wieku. Prace przeprowadzano w następujących kierunkach oceny: różnicowej, indeksowej i uogólnionego wskaźnika jakości. Podstawę różnicowych metod oceny stanowią wskaźniki pierwotne i wtórne. Pierwsze z nich określały parametry i wymagania techniczne dla danego elementu, wskaźniki wtórne – odzwierciedlały cechy użytkowe wyrobu. Natomiast w metodzie indeksowej wartość poszczególnych kryteriów określano indeksem jakości (I_j), odzwierciedlającym zmiany tych wskaźników w porównywalnych okresach czasu. Ze względu na dość znaczną subiektywność oceny metody te są dość trudne do zastosowania w budownictwie. Literatura przedmiotu przedstawia wiele sposobów wartościowania jakości różnorodnych zjawisk (m.in. metoda: globalnego miernika jakości – A. Tomaszewskiego, ekspertów, efektu ekonomicznego – D. Lwowa, efektywności ekonomicznej poprawy jakości – A.P. Wawiłowa, kompleksowego wskaźnika jakości – A.W. Gilczewa i inne). Jednakże z punktu widzenia największej przydatności – zdaniem autorów – do kwantytatywnej oceny rozwiązań budowlanych, najwięcej uwagi w opracowaniu poświęcono metodzie uśrednionych znamion jakości R. Kolmana.

1.2. METODA UŚREDNIONYCH ZNAMION JAKOŚCI (R. KOLMANA)

Polega na obliczaniu uśrednionego wskaźnika jakości na podstawie wartości znamion, które przedstawiają uśrednione stany kryteriów jakości, zakwalifikowanych do poszczególnych grup znaczeniowych, wynikających z najważniejszych – z punktu widzenia rozpatrywanej problematyki – aspektów uwzględniania jakości.

Wartości poszczególnych kryteriów wyrażają stany bezwzględne. Dlatego też powinny być one rozpatrywane w jednolitej skali stanu jakości od 0 do 1. Przyjęto, iż liczba 1 określa stan doskonałości, a liczba 0 – stan niedoskonałości. Liczba 0,7 – oznacza skrajną dopuszczalną wartość wskaźnika jakości, którą określono za jeszcze poprawną (górna granica stanu dogodnego). Wzajemne korelacje pomiędzy poszczególnymi stopniami, skalami, klasami oraz stanami jakości przedstawiono na rysunku 1. Wskaźnik jakości J oblicza się z następującego wzoru (1):

$$J = \frac{1}{z}(\alpha A^a + \beta B^b + \gamma C^c + \delta D^d + \varepsilon E^e) \tag{1}$$

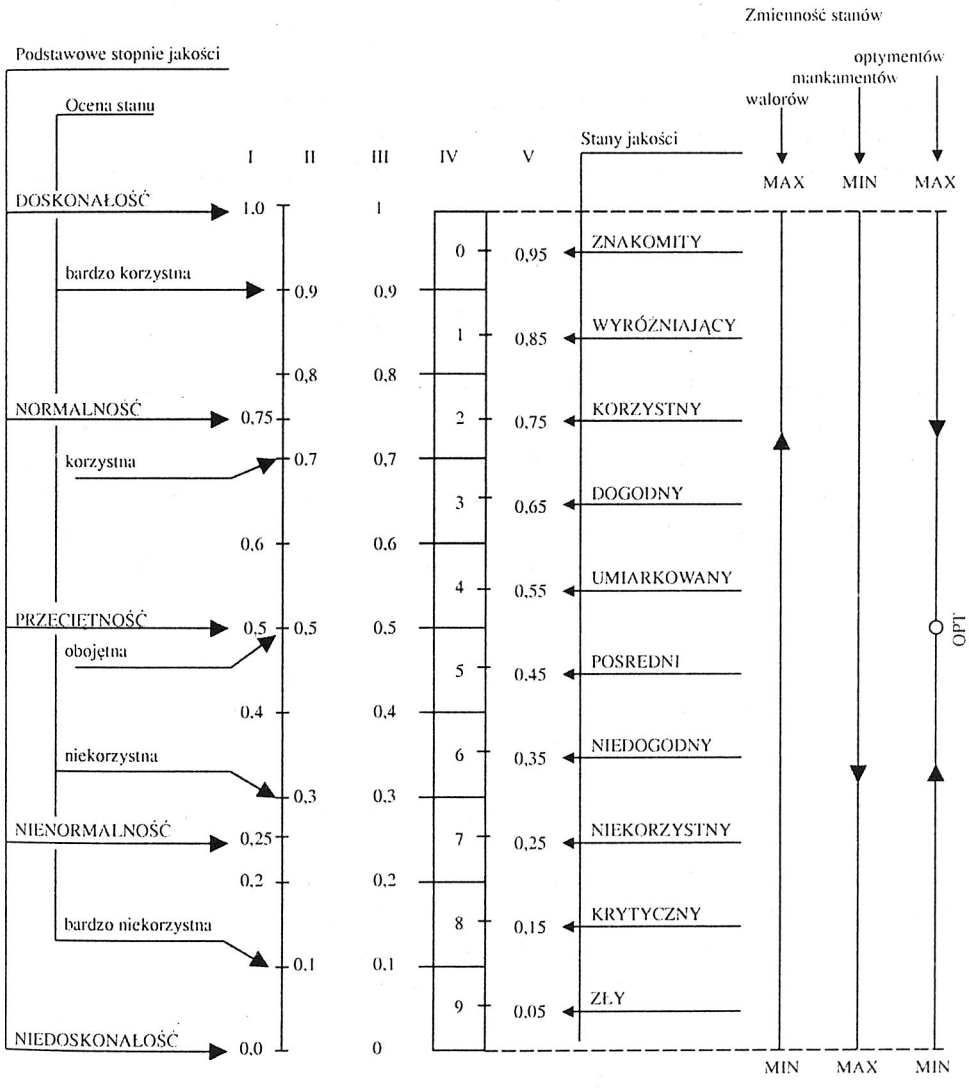
gdzie:

- z – liczba uwzględnionych znamion jakości opisana wzorem (2)

$$z = \sum(\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon) \tag{2}$$

- α, β, γ, δ, ε – współczynniki korekcyjne regulujące intensywność wzajemnego oddziaływania określonych wyróżników znamionowych, a więc: A – przydatności, B – poprawności, C – użyteczności, D – zadowolenia (doznaniowości), E – opłacalności,

– a, b, c, d, e – wykładniki potęgowe uwzględniające specyfikę wpływu poszczególnych wyróżników znamionowych na wskaźnik jakości.



Rys. 1. Stopnie, skale, klasy i stany jakości [3]
Fig. 1. Degrees, scales, classes and states of quality [3]

Poszczególne wyróżniki znamionowe oblicza się jako średnie arytmetyczne wyróżników kryterialnych, co określa wzór:

$$A(\text{lub } B, C, D, E) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \tag{3}$$

We wzorze (3) oznaczenia są następujące:
- n – liczba kryteriów rozpatrywanych w danej grupie znaczeniowej (np. w grupie przydatności, użyteczności itd.),
- W_i – wyróżnik kryterialny w odpowiedniej grupie znaczeniowej o numerze bieżącym i,
- p_i – wykładnik potęgowy uwzględniający specyfikę wpływu wyróżnika kryterialnego W_i na wyróżnik znamionowy A(lub B, C, D, E).

Wskaźnik jakości J powinien przyjmować wartości od 0 do 1 oraz spełniać nierówność:

$$0 \leq J \leq 1 \tag{4}$$

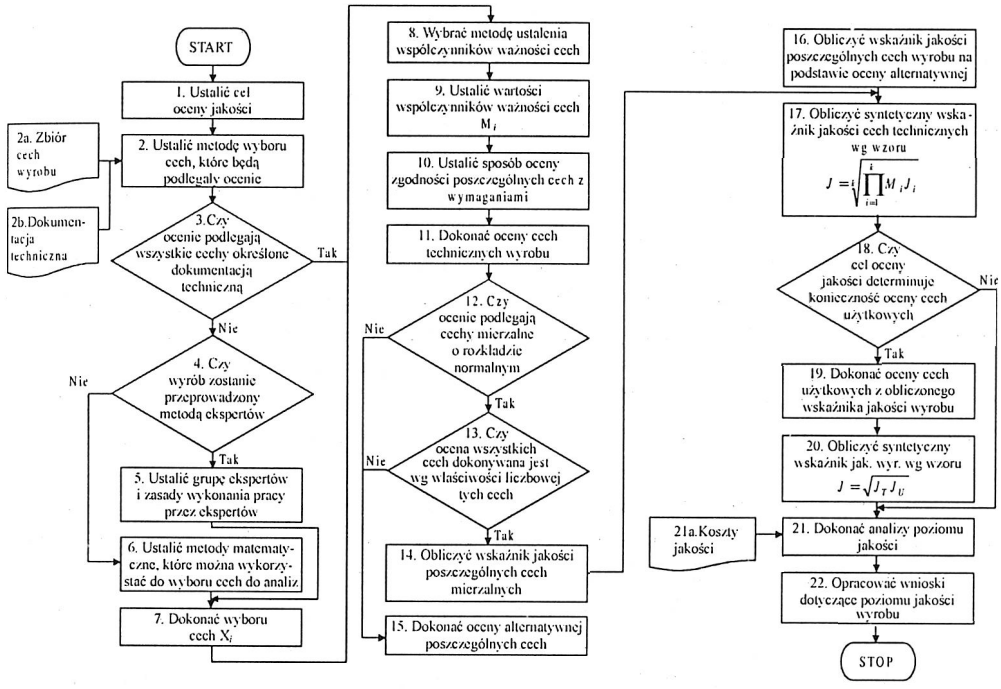
W praktyce dość często występują przypadki, iż współczynniki korekcyjne $\alpha = \beta = \gamma = \delta = \varepsilon = 1$ oraz wykładniki potęgowe $a = b = c = d = e = 1$.

W zależności od celu badania oraz odmiany kryterium (mierzalne czy niemierzalne) – w rozpatrywanej metodzie – stosuje się metryzację, segregację szczegółową, segregację przybliżoną, lub taksację. W celu ogólnego zobrazowania trybu postępowania przy stosowaniu kwantytatywnych metod oceny jakości produktów, bądź rozwiązań technologicznych pokazano – na rys. 2 – przykładowy algorytm wykonania oceny jakości oraz ustalania syntetycznego wskaźnika jakości (SWJ) dla danego wyrobu.

2. WYBRANE ZASTOSOWANIA OPROGRAMOWANIA KOMPUTEROWGO W KWANTYFIKACJI

2.1. WYKORZYSTANIE WYBRANYCH PROGRAMÓW STATYSTYCZNYCH

Analiza statystyczna jest jednym z istotniejszych elementów obróbki zgromadzonych danych pomiarowych. Najczęściej wykorzystywane narzędzia analizy statystycznej obejmują analizę opisową, graficzną reprezentację danych i wyników, w tym jedno- i wielowymiarowych, dopasowanie postaci rozkładu, podstawowe metody wnioskowania statystycznego; test t-Studenta, jednoczynnikową i wieloczynnikową analizę wariancji (ANOVA), analizę regresji prostej i wielokrotnej, testy nieparametryczne, tablice wielodzielcze. Większość spośród wymienionych funkcji stanowi bazę dla dostępnych na rynku programów analizy statystycznej danych. Metody statystyczne dołączane są również do pakietów matematycznych, m.in. takich, jak: Mathcad 7.0, Matlab lub Mathematica z modułami Experimental Data Analyst oraz Time Series lub Matlab wyposażony w Statistics Toolbox.



Rys. 2. Algorytm wykonania oceny jakości oraz ustalania SWJ dla danego wyrobu [2]
Fig. 2. Algorithm for quality assessment and setting up the SWJ index for relevant product [2]

Statgraphics – to jeden z najpopularniejszych pakietów, jest idealnym narzędziem do celów dydaktycznych oraz do analizy danych o małych i średnich rozmiarach. Program ma budowę modułową. Najczęściej wykorzystywane narzędzia analizy statystycznej znajdują się w Module Bazowym. Możliwości programu są znacznie poszerzane przez moduły dodatkowe: Kontrola Jakości, Układy Doświadczalne, Szeregi Czasowe, Metody Wielowymiarowe, Regresja Zaawansowana.

Statistica PL (StatSoft) – jedyny w pełni spolszczony pakiet statystyczny – oferuje bogaty zestaw metod statystycznych i operacji na danych, jest łatwy w obsłudze, ma znakomitą grafikę i narzędzia do tworzenia interaktywnych aplikacji. Lista dostępnych funkcji jest bardzo długa, w jej skład wchodzą między innymi: podstawowe statystyki, regresja wielokrotna, statystyki nieparametryczne i rozkłady, ANOVA/MANOVA, estymacja nieliniowa, szeregi czasowe i prognozowanie, analiza skupień, analiza czynnikowa, analiza kanoniczna, skalowanie wielowymiarowe, drzewa klasyfikacyjne, analiza korespondencji, SEPATH – modelowanie równań strukturalnych, analiza rzetelności i pozycji, analiza funkcji dyskryminacyjnej, analiza logliniowa, uproszczone karty kontrolne, analiza przeżycia, komponenty wariacyjne i model mieszany ANOVA/ANCOVA, sterowanie jakością, analiza procesu, planowanie doświadczeń oraz sieci neuronowe.

Systat 7.0 – posiada wiele funkcji obróbki danych i prezentacji wyników. Zawiera klasyczne procedury statystyk opisowych, testów nieparametrycznych, korelacji, szeregów czasowych, dostępne są modele liniowe i logliniowe, analizy – skupień, przeżycia, analiza dyskryminacyjna, analiza RAMONA i inne. Sporo funkcji poświęcono kontroli jakości.

QI Analyst – przeznaczony jest do statystycznej kontroli procesu. Umożliwia tworzenie kart kontrolnych i raportów potrzebnych do sprawnego monitorowania i zarządzania procesem. Stosowany podczas wdrażania systemu jakości – uzyskania certyfikatu zgodności z normą ISO 9000. Normy ISO 9000 kładą szczególny nacisk na zastosowanie metod statystycznej kontroli procesu SPC (Statistical Process Control) w systemie zarządzania jakością. Wyniki analizy służą do stworzenia planu kontroli procesu. Podstawowe zasady SPC są łatwe do zrozumienia i wprowadzenia. Mogą i muszą być wykorzystywane przez każdego, kto chce monitorować i polepszać jakość.

Statlets umożliwia analizę statystyczną danych za pomocą Internetu lub w obrębie mniejszych grup użytkowników tworzących lokalną sieć typu Intranet. Jest programem wzorowanym na pakiecie Statgraphics oraz Execustat. Udostępnia procedury do analizy statystycznej wszystkim, którzy korzystają z Internetu. Statlets jest zestawem appletów umieszczonych na serwerze i przetwarzanych za pomocą jednej z przeglądarek stron WWW akceptujących język Java. Analiza statystyczna obejmuje metody opisowe (numeryczne i graficzne), testowanie hipotez, analizę wariancji, analizę regresji, kontrolę jakości, prognozowanie szeregów czasowych, planowanie eksperymentów. Za pomocą narzędzi ze stron www.statlets.com można wykonać analizę własnych danych. Wynikiem są między innymi wykresy rozrzutu, histogramy, wykresy skrzynkowe typu pudełka z wąsami, wykresy reszt w skali prawdopodobieństw rozkładu normalnego. Analiza szeregów czasowych umożliwia prognozowanie Future Values. Dołączony Statistical Interpreter szacuje istotność uzyskanych wyników. Ograniczenie dla wersji akademickiej – 100 wierszy × 10 kolumn oraz dla wersji komercyjnej 2000 wierszy × 100 kolumn.

2.2. WYKORZYSTANIE PROGRAMU MATLAB

Współczesne oprogramowanie matematyczne pozwala na przygotowanie odpowiedniego algorytmu informatycznego, który całościowo rozwiązuje stawiany problem oraz posiada szereg funkcji przydatnych w kwantyfikacji – od różnorakich działań algebraicznych, poprzez rozwiązywania skomplikowanych funkcji, grafikę, do logicznych algorytmów postępowania – przydatnych w metodach eksperckich. Przykładem najbardziej rozbudowanego i wszechstronnego programu, który może być wykorzystany do rozwiązania algorytmu z rys. 2 jest Matlab.

Matlab przeznaczony jest głównie do realizacji obliczeń numerycznych. Matlab został uzupełniony pakietem Simulink, który między innymi przejął funkcję interfej-

su, wprowadzając elementy graficznych obiektów oraz okienkowy tryb dialogu z użytkownikiem. Matlab obsługuje środowisko Windows, ponadto istnieją wersje dostępne na takich platformach sprzętowych, jak Sun Solaris oraz Digital Unix – nie ma więc barier ograniczających stosowanie tego wszechstronnego narzędzia. Możliwości podstawowej konfiguracji programu rozszerzane są sukcesywnie o zbiory powiązanych tematycznie m-plików tworzących przyborniki.

Środowisko Matlab-a stało się faktycznym standardem we współczesnych obliczeniach naukowo-technicznych. Bardzo wygodny, z punktu widzenia użytkownika, język wysokiego poziomu stosowany w Matlab-ie, a także udostępnienie w nim niezawodnych implementacji algorytmów matematyki stosowanej, bogatych funkcji graficznych i licznych modułów rozszerzeń zorientowanych na określone dziedziny zastosowań (Matlab Application Toolboxes, Simulink, Simulink Blocksets, Real-Time Workshop, Stateflow i inne) sprawiły, że obecnie Matlab w znacznym stopniu wyparł z obliczeń naukowo-technicznych języki uniwersalne (Fortran, C, C++) ograniczając ich zasadniczą rolę do funkcji oprogramowania narzędziowego. Rozszerzalność, będąca podstawowym założeniem architektury Matlab-a, umożliwiła niezwykle szybki rozwój tego środowiska.

Poniżej zestawiono najistotniejsze rozwiązania programistyczne programu Matlab:

– język programowania wysokiego poziomu,

– indeksacja niejawna pozwalająca na efektywną wektoryzację obliczeń i zwarty zapis (konstrukcje z użyciem dwukropka, nawiasów kwadratowych, połączenie kropki i operatorów arytmetycznych, indeksacja za pomocą warunków logicznych, wektoryzacja funkcji wbudowanych),

– automatyczna generacja kodu C (Matlab Compiler i biblioteki Matlab C/C++ Math Libraries) wykorzystywana do budowania niezależnych aplikacji na bazie kodu Matlaba,

– różnorodne typy zmiennych: numeryczne – stało i zmiennoprzecinkowe, tablice wielowymiarowe, zmienne tekstowe, zmienne strukturowe – dostęp do pola przez nazwę (notacja kropkowa), tablice wskaźnikowe – cell arrays (notacja klamrowa),

– współpraca z innymi aplikacjami w środowisku wielozadaniowym (możliwość uruchamiania innych aplikacji z poziomu Matlaba – polecenia poprzedzane znakiem!, udostępnianie usług Engine Services – Matlab Runtime Server).

Poprzez możliwość tworzenia baz danych, narzędzie to może być zastosowane przy zbieraniu i analizowaniu informacji potrzebnych do oceny jakości – blok 2 oraz blok 7 – wybór najistotniejszych cech i ich skorelowanie, blok 2a – baza danych cech jakościowych, blok 2b – wczytanie dokumentacji technicznej (dzięki współpracy np. z Autocadem). M-plik w Matlab, przygotowany dla celu „podjęcia decyzji" nt. rozpatrywanego problemu może być przygotowany dzięki rozbudowanej matlabowskiej bibliotece funkcji logicznych. Bloki 5–13 – ustalenie i zebranie „wiedzy ekspertów" oraz przyjęcie odpowiedniej metody matematycznej do analizy danych umożliwia w Matlab zarówno łatwość przygotowania bazy danych, jak też funkcje

statystyczne obróbki danych, ze szczególnym uwzględnieniem funkcji statystycznych. Bloki 15–18 – wymagają prostego zastosowania podstawowej algebry. Blok 21 – analiza poziomu jakości oraz odniesienie się do kosztów jakości – to wykorzystanie funkcji logicznych Matlaba, a blok 21a może zostać opracowany dzięki możliwości wymiany danych z arkuszami kalkulacyjnymi (np. Excel), w których często opracowywane są elementy kosztowe procesów czy projektów.

3. PODSUMOWANIE

Po przeanalizowaniu dostępnej literatury, programów komputerowych i własnych przemyśleń stwierdzono, iż metody kwantytatywnej oceny jakości – chociaż ostatnio zaniedbane przez naukowców – mogą stanowić przydatne narzędzie usprawniające proces budowlany. Autorzy referatu stwierdzili, że literatura (szczególnie polskojęzyczna) na temat kwantytatywnych metod oceny jest bardzo nieliczna. Mimo, iż metody kwantytatywnej oceny jakości są nieskomplikowane z matematycznego punktu widzenia, to algorytmy postępowania bazujące na zbiorach danych oraz stosujące wiedzę ekspercką, wymagają kompleksowego zastosowania oprogramowania, szczególnie w zakresie funkcji logicznych oraz statystycznych.

LITERATURA

[1] HILL T., LEWICKI P., *Statistics Methods and Applications*, StatSoft Inc., Tulsa 2005.
[2] KRODKIEWSKA–SKOCZYLAS E.: *Metody syntetycznej oceny jakości produktów*, Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa 1982.
[3] KOLMAN R., *Ilościowe określanie jakości*, PWE, Warszawa 1973.
[4] MROZEK B., MROZEK Z., *MATLAB i Simulink. Poradnik użytkownika*. Wydanie II, Helion, Warszawa 2004.
[5] www.matlab.com.
[6] www.statlets.com.

CHOSEN ASPECTS OF CONSTRUCTION SOLUTIONS QUANTIFICATION

Paper presents chosen quantitative methods of buildings and their elements quality assessment. Historical aspect and main definitions is presented for the chosen methods: differential diagnosis, indexes, technical and economical and generalised quality marks method. Kolman's method – average quality indexes – is described as the proper tool for improvement of the construction processes, especially when connected with use of mathematical software in the area of logical and statistical functions solution. Authors present algorithm of the quality assessment and method of setting out the synthetic quality factor for the chosen building products. First attempt for the use of Matlab elements for solution of the algorithm is presented. Paper ends with the summary with some conclusions and direction for the future research.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

konkurencja, kontrakty inwestycyjne, kryteria oceny ofert, waga kryterium, sztuczne sieci neuronowe, waga kryterium, uczenie i trening sieci

Wiesław MATWIEJCZUK*
Tomasz MATWIEJCZUK*

ROZSTRZYGANIE PRZETARGÓW NA REALIZATORA INWESTYCJI Z ZASTOSOWANIEM SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH

Konkurencja przedsiębiorstw budowlanych w zakresie pozyskiwania kontraktów inwestycyjnych i późniejszego ich efektywnego wykonania jest podstawą funkcjonowania samodzielnych przedsiębiorstw wykonawczych oraz ważnym elementem wolnorynkowego mechanizmu gospodarczego w budownictwie. W warunkach względnej swobody wyboru realizatora inwestycji wymogiem staje się przeprowadzenie postępowania konkursowego, wyłaniającego najlepszą dla zamawiającego ofertę. Wszystkie te działania wymagają naukowej podbudowy przy określaniu kryteriów wyboru i ciągłego doskonalenia metod przeprowadzania konkursów, gwarantujących maksimum obiektywności. W publikacji przedstawiono metodykę wyboru najkorzystniejszej dla zamawiającego oferty, która bazuje na wyróżnieniu przez rynek instrumentów konkurowania trzech poziomów – minimalnego, średniego i zwycięskiego [3]. Do analizy ofert przetargowych i wyboru najkorzystniejszej z nich wykorzystuje się technologie informatyczne, oparte na sieciach neuronowych.

1. WYMOGI RYNKU INWESTYCYJNEGO

Z punktu widzenia interesu zamawiającego w postępowaniu przetargowym winna być wybrana oferta najkorzystniejsza, która w najwyższym stopniu zagwarantuje osiągnięcie celu posiadania kompletnego obiektu na czas, spełniająca wymagane kryteria i mieszcząca się w budżecie. Nasze przepisy prawne (np. znowelizowana ustawa o zamówieniach publicznych [5]), uwzględniające wymagania Unii Europejskiej, preferują najkorzystniejszą ofertę przy rozstrzyganiu przetargów. Wyboru najkorzystniejszej oferty dokonuje się z punktu widzenia określonych przez zamawiającego kryteriów, spełniających w najwyższym stopniu cenione przez niego preferencje.

Za najkorzystniejszą ofertę przyjmowana jest oferta z najniższą ceną lub oferta przedstawiająca najkorzystniejszy bilans ceny i innych kryteriów odnoszących się do przedmiotu zamówienia. Kryteria te dotyczyć mogą w szczególności kosztów eksplo-

* Politechnika Białostocka, Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania w Białymstoku

atacji, parametrów technicznych, funkcjonalności rozwiązań, terminów wykonania, okresu gwarancyjnego i są indywidualnie określane przez inwestora. Kryteria podmiotowe dotyczą zaś warunków, jakie muszą bezwzględnie spełniać podmioty biorące udział w postępowaniu przetargowym. Warunki stawiane przez inwestorów uzależnione są od ich preferencji i od rodzaju inwestycji. Główne i najczęściej stosowane kryteria można zestawić w następujących blokach [2]:

- Blok A – zdolność wykonawcy do uczestnictwa w przetargu,
- Blok B – kwalifikacja zasobów techniczno-finansowych wykonawcy,
- Blok C – zgodność z warunkami i specyfikacją w zakresie jakości robót, pochodzenia materiałów i urządzeń,
- Blok D – ocena techniczna obejmująca doświadczenie oferenta, kwalifikacje kluczowego personelu w organizacji i zarządzaniu podobnymi przedsięwzięciami,
- Blok E – cena ofertowa.

Każdy z przedstawionych bloków kryteriów oceny może zawierać szereg wskaźników charakteryzujących je dokładniej za pomocą odpowiednich wskaźników. Np. lista czynników bloku B, dotyczących kwalifikacji zasobów techniczno-finansowych wykonawcy, zawiera takie parametry jak: wielkość rocznych obrotów wykonawcy w ostatnich latach, posiadanie sprzętu budowlanego dla potrzeb kontraktu, dostęp do kredytu lub innych źródeł finansowania, zapewniających płynność finansową w czasie trwania kontraktu, posiadanie kluczowego personelu z udokumentowanymi kwalifikacjami bądź możliwość wykonawstwa określonej części robót własnym potencjałem.

Inwestor stawia wykonawcy określone wymagania, które w ujęciu ogólnym sprowadzają się do kosztów wykonania, jakości i terminu robót oraz zakresu świadczonych usług. Firma wykonawstwa budowlanego oferuje na rynku gotowość realizacji zadania dysponując niezbędnymi zasobami oraz umiejętnościami do prowadzenia tej części procesu inwestycyjnego. Analizując stawiane przez inwestora wymagania, każda z firm przystępujących do przetargu przedstawia ofertę w oparciu o posiadany potencjał konkurowania, zarówno własny jak i obcy, do którego ma dostęp.

Prowadzone przez autora analizy Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) przetargów na roboty budowlane wskazują, iż głównym instrumentem konkurowania w budownictwie jest obecnie cena, która w 70–95% przetargach decydowała o wyborze wykonawcy. Pozostałe kryteria wyboru wykonawcy, takie jak krótki termin wykonania zadania, dogodne warunki płatności czy wydłużony okres gwarancji na realizowane roboty uznać należy za pomocnicze.

Ponadto z badań tych wynika, że idealny wykonawca z punktu widzenia inwestora, to taki, który za jak najniższą cenę:

- dotrzyma terminu realizacji zadania,
- jest w dobrej kondycji finansowej, zapewniającej wykonanie zamówienia,
- posiada doświadczenie i przygotowanie techniczne do wykonania zadania,
- posiada odpowiedni potencjał techniczny i ludzki do wykonania inwestycji,

- zapewni należytą jakość wykonania,
- udzieli kilkuletniej gwarancji na wykonaną usługę.

2. PROCEDURA ROZSTRZYGANIA PRZETARGU

Zamawiający obowiązany jest również, oprócz wskazania kryteriów oceny ofert, do jednoznacznego określenia przypisanej im wagi, odzwierciedlającej jego preferencje wyboru. Wagi są więc funkcją poziomu intensywności poszczególnych determinant (D). Ostatecznie analiza ofert sprowadza się do określenia miar poszczególnych propozycji wykonawców wg wcześniej przyjętych kryteriów i wyznaczenia ostatecznej oceny poszczególnych ofert, na podstawie których sporządza się ich ranking oraz wybór wykonawcy.

Wartość ocenianej oferty dla zamawiającego, z uwzględnieniem przyjętego kryterium oceny (preferencji), można opisać następującą zależnością:

$$U_{lij}^{X} = \sum_{k=1}^{n} w_k \cdot D_{kij}^{X} \tag{1}$$

gdzie:

U_{lij}^{X} – wartość oferty l-tego przedsiębiorstwa w zakresie i-tego zadania na j-tym rynku dla zamawiającego X,

w_k – relatywne znaczenie (waga) czynnika k-tego dla zamawiającego X, będąca funkcją poziomu danego czynnika,

D_{kij}^{X} – ocena poziomu występowania czynnika k-tego przez zamawiającego X,

k – indeks kryterium czynników, określających cenność oferty danego przedsiębiorstwa ($k = 1, ..., n$).

Ocena wartości ofert przez zamawiającego, a później wybór najlepszej z nich, następuje poprzez porównanie znajdujących się w polu zasięgu inwestora firm wykonawczych, a nie wszystkich, występujących na rynku. Rywalizujące na rynku przedsiębiorstwa mogą być konkurencyjne w innym zestawie czynników konkurencyjności dla różnych inwestorów, w zależności od fazy rozwoju rynku i dominujących mechanizmów jego funkcjonowania.

W praktyce przetargów budowlanych proponuje się oceniać oferty zgodnie ze wzorem (2), co zostało sprawdzone przez autora przy rozstrzyganiu wielu postępowań przetargowych.

$$U_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} w_Q + \frac{k_{\min}}{k_i} w_k \tag{2}$$

gdzie:

U_i – wartość oferty i-tego przedsiębiorstwa [w punktach],
Q_i – ocena jakości danej oferty [w punktach],
Q_{max} – najwyższa ocena jakości spośród ocenianych ofert [w punktach],
w_Q – ważność (waga) jakościowych czynników,
k_{min} – najniższa wartość spośród ocenianych ofert [w zł],
k_i – wartość ocenianej oferty [w zł],
w_k – ważność (waga) oceny wartościowej ofert.

Z zależności tej wynika, że zamawiający, za podstawę swoich preferencji przyjmuje cenę oraz kompleksową ocenę jakościową oferty, rozumianej jako sumę wartości zaspokajających potrzeby inwestora poprzez realizowane zadanie inwestycyjne. Każdy z rozpatrywanych czynników może być określany zarówno przy pomocy parametrów fizycznych (terminy, wartość, ilości maszyn itp.) jak również w sposób niemianowany – wyrażeniami logicznymi (tak, nie) lub ocenami jakościowymi (punktowo). Każdemu konkretnemu znaczeniu czynnika przypisywana jest ocena punktowa wg określonej skali. Zaleca się przyjęcie skali od 0 do 10 pkt., a oceny poszczególnych ofert przyjmować jako względne w stosunku do innych rozpatrywanych.

Wagę poszczególnych czynników określa komisja konkursowa uwzględniając wymagania inwestora i charakter zadania inwestycyjnego. Określenie łącznej punktacji poszczególnych ofert następuje w postaci obliczenia średniej ważonej sumy wszystkich ocenianych czynników. Zwycięża ta oferta, która uzyskuje najwyższą ilość punktów, przy przyjętej skali ocen.

3. ZASTOSOWANIE SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH

Do przeprowadzenia oceny ofert przetargowych proponuje się zastosowanie **sztucznych sieci neuronowych** (SSN), które pozwalają zamawiającemu dokonywać obliczeń i określać wartość użytkową każdej z ofert, z uwzględnieniem ich jakościowych i cenowych parametrów.

Proces analizy ofert przetargowych za pomocą SSN obejmuje następujące stadia [4]:

1. wybór i określenie parametrów wejściowych sieci (jakościowych i cenowych),
2. określenie zestawu uczącego parametrów Q i k (q_i ... q_n, i k_i ... k_n),
3. konstruowanie sieci – rodzaj sieci, liczba plastrów itd.,
4. uczenie i trening sieci,
5. sprawdzenie sieci,
6. wybór sprawdzonej sieci,
7. praca sieci neuronowej,
8. dyskusja wyników i wybór najlepszej oferty w oparciu o zadane kryteria.

Przy rozpatrywaniu konkretnego postępowania przetargowego (budowa salonu samochodowego ze stacją serwisową) wykorzystano blok kryteriów określonych na podstawie analizy SIWZ. W 2004 r. przeanalizowano ok. 100 specyfikacji przetargo-

wych z branży budowlanej pod kątem wymagań jakie stawiają wykonawcom inwestorzy. Dobór specyfikacji następował losowo, spośród organizowanych w kraju przetargów na wykonawstwo inwestycji różnych rodzajów. Na bazie przeprowadzonej analizy dokonano specyfikacji najbardziej istotnych (najczęściej stosowanych) kryteriów wyboru ofert i ich wag znaczenia.

Do analizy zastosowano sieć typu MLP 6:19-5-13-1:1 (MultiLayerPerceptron) programu Statistica Neural Networks [1]. Sieć poddana została 114 cyklom sprawdzającym metodą wtórnej propagacji (back propagation) i wykazała wysoki stopień zbieżności oraz dobre parametry regresji (błąd maksymalny 7,25%). W procesie uczenia sieci rozpatrywano wyniki 51 postępowań przetargowych, na bazie których określone zostały wartości wag poszczególnych kryteriów jakościowych w postaci współczynnika w_Q.

W rozpatrywanym przetargu uczestniczyło 8 przedsiębiorstw wykonawczych, które w swych ofertach uwzględniły parametry 7 kryteriów wymaganych przez inwestora. Przyjęto następujące kryteria oceny: **wro** – wielkość rocznych obrotów, **psb** – posiadany sprzęt budowlany, **ozk** – ocena zdolności kredytowej, **dp** – doświadczenie przedsiębiorstwa, **chpw** – charakterystyka potencjału wytwórczego, **opr** – organizacja procesu realizacji, **C** – cena ofertowa. Oceniając parametry powyższych kryteriów jakościowych, sieć sprowadziła, przy pomocy wcześniej obliczonego współczynnika w_Q, ceny poszczególnych ofert do porównywalnych wartości k_i [w zł]. Najkorzystniejszą dla zamawiającego ofertą jest ta, która odznacza się najniższą sprowadzoną wartością spośród rozpatrywanych. W tabeli 1 zestawiono zbiorcze oceny poszczególnych ofert oraz wartości sprowadzone, obliczone przez sieć neuronową.

Tabela 1. Ocena ofert przetargowych na budowę salonu i stacji serwisowej
Table 1. Tender offers evaluation for building of salon and service station

Nr. oferty	Kryt. wro	Kryt. psb	Kryt. ozk	Kryt. dp	Kryt. chpw	Kryt. opr	Wartość k_i [tys. zł]	Współcz. w_{Qi}	Wartość sprowadz. U_i [tys. zł]
1	0	0	1	0	0	0	825	1,009	832,43
2	1	1	0	1	1	0	850	0,9697	824,25
3	2	1	2	1	1	2	920	0,8627	793,68
4	1	2	1	1	2	1	913	0,8157	744,73
5	2	1	2	0	3	1	903	0,8032	725,29
6	2	2	2	2	3	2	1022	0,7021	717,55
7	2	1	2	2	2	1	987	0,8187	808,06
8	1	1	0	1	2	2	884	0,9004	795,95

Dokonana przez sieć analiza 8 ofert była podstawą wyboru oferty najlepiej łączącej walory jakościowe i cenowe. Z analizy tej wynika, że najbardziej pożądaną przez za-

mawiającego ofertą, jest oferta nr 6, która pomimo wysokiej swej ceny, najpełniej zabezpiecza interesy inwestora i gwarantuje wykonanie kontraktu.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiona metodyka rozstrzygania przetargów może być wykorzystana przez inwestorów w procesie planowania projektów inwestycyjnych, przy analizie ofert przetargowych i wyborze wykonawcy inwestycji. Zastosowanie technologii informacyjnych, opartych na sieciach neuronowych, pozwala obiektywnie uwzględniać warunki panujące na rynku inwestycyjnym i maksymalnie ograniczyć subiektywizm w przeprowadzaniu konkursów i wyłonieniu najlepszej oferty.

Przy tworzeniu oferty np. na wymagającym rynku inwestycyjnym, ważna jest jej komplementarność, obejmująca szeroki zakres usług budowlanych. Inwestor ceni sobie możliwość szerokiego wyboru oferowanych usług w procesie inwestycyjnym od fazy przygotowawczej do elementów eksploatacji włącznie.

LITERATURA

[1] BISHOP C., *Neural networks for pattern recognition*, Oxford, Clarendon Press, 1995.
[2] МАТВЕЙЧУК В., *Конкурентоспособность предприятий строительного комплекса Польши*, Минск, Технопринт, 2004.
[3] MATWIEJCZUK W., PAWLUCZUK E., *Konkurencyjność przedsiębiorstw budowlanych – oczekiwania rynku inwestycyjnego*, Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa, nr 12/2002.
[4] TADEUSIEWICZ R., *Sieci Neuronowe*, Warszawa, Akademicka Oficyna Wydawnicza, 1993.
[5] Ustawa o zamówieniach publicznych z 22 czerwca i 26 lipca 2001 r. z późniejszymi zmianami.

TENDERS DECISION FOR INVESTMENTS CONTRACTOR WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPLICATION

Competition of building companies in the scope of getting investment contracts and their afterwards effective execution is the basement of independent and executive companies working as well as the important element of free-market economic mechanism in building. In the conditions of relatively free choice of investment contractor, the requirement is to conduct the competitive procedure, which appoint the best tender offer to employer. All these operations require the scientific basement in describing of choice criterions and the constant improvement of competitions conducting methods, guarantee the maximum of objectivity. Presented the methodology of choosing the best offer to employer, which is relay on distinguish by the competitive market instruments the three levels – minimal, average, and the winning. To analyse tender binds and to choice the most profitable of them are used computing technologies based on neural networks.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

analiza symulacyjna, metoda Monte Carlo, analiza efektywności, przedział ufności

Andrzej MINASOWICZ*
Jacek ZAWISTOWSKI*

OKREŚLENIE EFEKTYWNOŚCI INWESTYCJI W ZALEŻNOŚCI OD WPŁYWU RÓŻNYCH CZYNNIKÓW, Z UWZGLĘDNIENIEM PRZEDZIAŁÓW UFNOŚCI I DOKŁADNOŚCI OBLICZEŃ SYMULACYJNYCH

Tematem referatu jest analiza wartości zaktualizowanej netto (NPV) przedsięwzięcia inwestycyjnego wraz z uwzględnieniem wpływu czynników na tę wartość. Wśród tych czynników uwzględniono zmianę w czasie stopy kredytów i związanej z tym stopy dyskontowej oraz odchylenia standardowego wyników symulacji. Przeanalizowano również przedziały ufności dla zapewnienia właściwej liczby symulacji.

1. WPROWADZENIE

Analiza symulacyjna Monte Carlo uznawana jest za jedną z najlepszych metod oceny ryzyka przedsięwzięć inwestycyjnych. Pozbawiona jest ona niekorzystnych cech innych metod stosowanych do tej oceny. W porównaniu z metodą korygowania efektywności, zmniejsza ryzyko błędu oszacowania, jakie tworzą narzuty procentowe wybranych parametrów i zmiennych wykorzystywanych w metodach opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych. W porównaniu z metodą analizy wrażliwości i scenariuszy eliminuje ograniczoną ich liczbę oraz założenie o dodatkowej korelacji między niezależnymi zmiennymi objaśniającymi [1]. Nie ma też wad metod probabilistyczno-statystycznych, które w większej mierze oparte są na rachunku prawdopodobieństwa i statystyce, a nie na szacunkach

* Katedra Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, 00-637 Warszawa Al. Armii Ludowej 16.

zmiennych wpływających na wartość objaśnianą. Metody analizy symulacyjnej Monte Carlo pozwalają zbadać wpływ wielu zmiennych na opłacalność przedsięwzięcia oraz przeprowadzić symulację poziomu ryzyka [2].

Cykl symulacyjny w analizie Monte Carlo obejmuje:

- etap konstruowania modelu finansowego przedsięwzięcia inwestycyjnego, w którym najpierw definiuje się zmienne zdeterminowane i losowe, a następnie określa zależności i powiązania między zmiennymi losowymi analizowanego przedsięwzięcia inwestycyjnego,
- etap losowego wyboru wartości z hipotetycznego rozkładu danej zmiennej losowej i oszacowania dla niej wartości zmiennej objaśnianej (na przykład NPV),
- etap przeprowadzenia określonej serii symulacji w celu uzyskania jak największej liczby różnych wartości zmiennej objaśnianej,
- etap wyznaczania i oszacowania empirycznego rozkładu wartości zmiennej objaśnianej otrzymanego w wyniku powtórzeń symulacji [3].

Z obserwacji autorów wynika, że z reguły w wielu pracach pomijane są właśnie elementy tego ostatniego etapu w zakresie dotyczącym liczby symulacji, w celu zapewnienia odpowiedniej wiarygodności otrzymanych wyników. W niniejszej pracy zaproponowano wykorzystanie rachunku określenia poziomu ufności i odpowiadającego mu przedziału ufności [4] do określenia niezbędnej liczby symulacji przy wyliczeniu odpowiednich wartości zmiennej objaśnianej (NPV).

2. OKREŚLENIE ZMIENNOŚCI PRAWDOPODOBIEŃSTWA WARTOŚCI Z UWZGLĘDNIENIEM PRZEDZIAŁU UFNOŚCI I DOKŁADNOŚCI OBLICZEŃ SYMULACYJNYCH

Dokładność wyników obliczeń symulacyjnych zależy od liczby przeprowadzonych eksperymentów, związanych z losowaniem danych wejściowych. W celu osiągnięcia dużej dokładności obliczeń należy wykonać odpowiednio dużą liczbę eksperymentów. Liczbę tę można wyznaczyć na podstawie centralnego twierdzenia granicznego rachunku prawdopodobieństwa, wynoszącą:

$$n = \frac{z_1^2 \sigma^2}{d^2} \tag{1}$$

gdzie:

- z_1 – wartość zmiennej standaryzowanej, odpowiadająca przyjętemu prawdopodobieństwu,
- σ – odchylenie standardowe,
- d – dopuszczalny błąd obliczeń, że uzyskana po n eksperymentach wartość różni się od wartości dokładnej nie więcej niż o d.

W procesie symulacyjnym wnioski dotyczące badanego zjawiska wyciągane są na podstawie ograniczonej liczby eksperymentów, a o populacji sądzi się na podstawie próby. Ważnym zagadnieniem jest, o ile średnia z próby $\bar{x}$ różni się od średniej z populacji m. Wiadomo, że im liczniejsza próba, tym bardziej $\bar{x}$ zbliża się do m, a także, że im większe jest odchylenie standardowe, tym większa musi być próba, aby średnia z próby była dostatecznie bliska średnie z populacji. Wielkość d w poniższym wzorze oznacza właśnie różnicę między tymi średnimi:

$$d = \bar{x} - m \tag{2}$$

gdzie:

$\bar{x}$ – średnia arytmetyczna z próby,

m – średnia arytmetyczna z populacji.

Jeżeli przez α oznaczymy prawdopodobieństwo, że rzeczywista różnica d jest większa niż wartość dopuszczalna, to prawdopodobieństwo, że uzyskany wynik symulacji znajduje się między wartościami $-z_1$ i z_1 standaryzowanej zmiennej z, jest równe $1 - \alpha$. Prawdopodobieństwo $1 - \alpha$ (wyrażone zwykle w procentach) zwane jest poziomem ufności, a odpowiadający mu przedział nazywany jest przedziałem ufności.

W tablicach matematycznych wartość $1- \alpha$ często można odczytać jako całkę prawdopodobieństwa (funkcja błędu) $\Phi(x)$. Dla przypomnienia wartość odchylenia standardowego populacji wyników oblicza się ze wzoru:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{3}$$

natomiast wartość średnią $\bar{x}$ oblicza się ze wzoru:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{4}$$

3. OKREŚLENIE ZMIENNOŚCI PRAWDOPODOBIEŃSTWA WYSTĄPIENIA WARTOŚCI ZAKTUALIZOWANEJ NETTO W ZALEŻNOŚCI OD CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA MODEL NPV DLA PRZEDSIĘWZIĘCIA INWESTYCYJNEGO

3.1. ZAŁOŻENIA DLA ANALIZY PRZEDSIĘWZIĘCIA INWESTYCYJNEGO

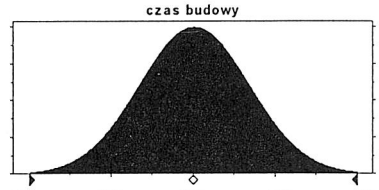
Opisane powyżej założenia sprawdzono na przykładzie analizy NPV przedsięwzięcia inwestycyjnego. Inwestor budowlany rozważa różne warianty inwestycji. Pośród propozycji znajduje się pomysł budowy osiedla 50 domów na wynajem. Metodą oceny jest efektywność NPV – mierzona w okresie 11 lat oraz ryzyko jej osiągnięcia. W tym celu przeprowadzono serię ekspertyz oraz wstępnych szacunków dotyczących czynników

wpływających na przyszłą efektywność inwestycji. Należą do nich: czas i koszt budowy, cena wynajmu, procent wynajmowanych domów oraz koszty eksploatacji.

Dla opisanych wyżej zmiennych czynników przyjęto następujące rozkłady:

– Czas budowy – t_b ustalono przy zastosowaniu metody PERT dla wstępnego, zdeterminowanego modelu sieciowego budowy. Opisany został rozkładem normalnym o odchyleniu standardowym równym pierwiastkowi sumy kwadratów wariancji czynności ciągu krytycznego.

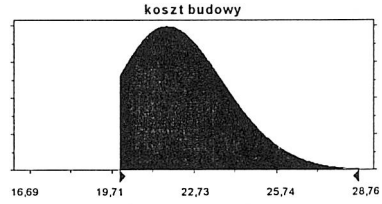
Rozkład normalny:
wartość średnia: 1,00
odchylenie standardowe: 0,03



czas budowy [lata]

– Koszty inwestycji – k_b opracowano na podstawie wstępnego kosztorysu korzystając z aktualnych cen materiałów i robocizny. Odchylenie standardowe opracowano na podstawie wcześniejszych, historycznych odchyleń od harmonogramów finansowych podobnych inwestycji. Charakter rozkładu logarytmiczno-normalnego dobrze odpowiada ewentualnościom finansowania z większym ryzykiem przekroczenia budżetu budowy. Możliwość zmniejszenia kosztu inwestycji ograniczono do 10%.

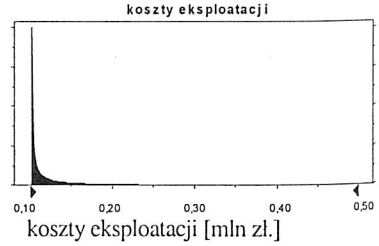
Rozkład logarytmiczno – normalny:
wartość średnia: 22,0
odchylenie standardowe: 2,00



koszt budowy [mln zł.]

– Koszty eksploatacji – k_e niezależnie od ilości wynajętych domów będą stałe – znaczną część pochłoną koszty podzlecenia nadzoru technicznego osiedla. Zdecydowano się jednak przyjąć ich stochastyczną naturę ze względu na możliwe zdarzenia o charakterze losowym wymagające większych aniżeli przeciętne, nakładów (np. likwidacja szkód po wichurze).

Rozkład gamma:
skala: 1,00
kształt: 0,10

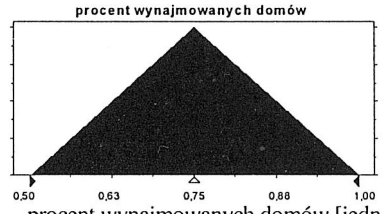


koszty eksploatacji [mln zł.]

– Procent wynajmowanych domów – w został opisany wykresem trójkątnym z punktami pesymistycznym, najbardziej prawdopodobnym i optymistycznym.

Założone wartości tych punktów – 0,5; 0,75; 1,0 są efektem niszy rynkowej którą inwestycja ma zapełnić.

Rozkład trójkątny:
minimum – 0,50
wartość najbardziej prawdopodobna – 0,75
maksimum – 1,00



procent wynajmowanych domów [jedn.]

– Cena wynajmu – c jest zdeterminowana i stała w czasie. Realny spadek ceny wynajmu jest wynikiem spadku standardu, wynikającego ze starzenia się nieruchomości.

Stopa dyskontowa została założona na poziomie 10%. Symulacja została przeprowadzona przy zdeterminowanych współczynnikach dyskonta – a. Dla omawianego przedsięwzięcia opracowano poniższe równanie dla oceny efektywności NPV.

$$F(i) = \sum_{j=2}^{10} [w_{ji} \cdot x \cdot c - k_{eji}] \cdot a_{ji} + [(2 - t_{bi}) \cdot w_{1i} \cdot x \cdot c - k_{e1i}] \cdot a_{1i} - k_{bi} \qquad (5)$$

gdzie:

j – czas trwania przedsięwzięcia w latach; w – procent wynajętych domów; x – ilość domów (50); c – cena wynajmu; a – współczynnik dyskonta; t_b – czas trwania budowy; k_b – koszty inwestycji; k_e – koszty eksploatacji.

W dalszych częściach opracowania zostanie przeanalizowana liczba symulacji dla wybranych czynników wpływających na wartość NPV, przy zastosowaniu odpowiednich poziomów ufności.

3.2. WYNIKI ANALIZY NPV PRZY ZAŁOŻENIU POZIOMU UFNOŚCI.

3.2.1. OKREŚLENIE ILOŚCI SYMULACJI DLA ZADANYCH POZIOMÓW UFNOŚCI PRZY OBLICZANIU NPV, W ZALEŻNOŚCI OD ZMIENNEJ W CZASIE STOPY OPROCENTOWANIA KREDYTÓW I ZWIĄZANEJ Z TYM STOPY DYSKONTOWEJ.

W tym badaniu, przeanalizowany został wpływ zmiennej losowej „stopa dyskontowa" na analizowane przedsięwzięcie. Przebadano dwie sytuacje:

- wariant biorący pod uwagę większe ryzyko - stopa procentowa może się wahać w granicach 4–12% z większym prawdopodobieństwem charakteryzującym wartości niższe,
- oraz wariant uwzględniający mniejsze ryzyko – stopa procentowa zawiera się w przedziale 4–10%, również z większym prawdopodobieństwem charakteryzującym wartości niższe.

Wyniki symulacji przedstawione są niektóre ze statystyk podano w tabeli 3.1.

Tabela 3.1

Nr	Rozkład prawd. (stopa zwrotu)	Wartość średnia w mln. zł	Odchylenie standardowe w mln. zł	Prawdop. otrzymania wartości >0
1	Wykładniczy (4–12%)	7,10	4,91	92,90%
2	Wykładniczy (4–10%)	8,84	4,81	95,91%

Przyjęcie węższego zakresu, w którym może się zawierać stopa procentowa powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa otrzymania pozytywnych rezultatów dla wartości NPV. Widać to zwłaszcza na przykładzie prawdopodobieństwa otrzymania wartości większej od zera. Można również stwierdzić, że zmienna bezwzględnej wartości stopy procentowej, wpływa w większym stopniu na bezwzględną zmienną wartości prawdopodobieństwa otrzymania odpowiedniej wartości NPV. Wyniki obliczeń dla tabeli 3.1, dotyczące badania wymaganej ilości powtórzeń symulacyjnych dla zachowania zadanej dokładności obliczeń, przedstawiono poniżej.

Wariant 1.

$$n = \frac{z_1^2\sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 4910000^2}{71000^2} = 23996$$

$$n = \frac{z_1^2\sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 4910000^2}{355000^2} = 960$$

z	2,24
σ	4910000
$\overline{x}$	7100000
d(1%)	71000
d(5%)	355000
n(1%)	**23996**
n(5%)	**960**

Wariant 2.

$$n = \frac{z_1^2\sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 4810000^2}{88400^2} = 14855$$

$$n = \frac{z_1^2\sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 4810000^2}{442000^2} = 594$$

z	2,24
σ	4810000
$\overline{x}$	8840000
D(1%)	88400
D(5%)	442000
n(1%)	**14855**
n(5%)	**594**

Analizując liczbę niezbędnych symulacji dla otrzymania wyników z odpowiednim 95 i 99% przedziałem ufności otrzymano następujące wyniki:

– wariant I – 960; 23996 powtórzeń,

– wariant II – 594; 14855 powtórzeń

Wyniki te świadczą, że zwiększenie przedziału ufności o cztery procent wymaga znacznego zwiększenia ilości symulacji.

3.2.2. OKREŚLENIE ILOŚCI SYMULACJI DLA ZADANYCH POZIOMÓW UFNOŚCI PRZY OBLICZANIU NPV, W ZALEŻNOŚCI OD ZMIENNEGO W CZASIE ODCHYLENIA STANDARDOWEGO.

W tym badaniu przeanalizowano wpływ zmian w wartości odchylenia standardowego na wartość NPV dla przedsięwzięcia inwestycyjnego. W wariancie pierwszym przyjęto, że prawdopodobieństwo wynajęcia domów zostało ustalone na poziomie 75% jako wartość najbardziej prawdopodobna, a granice rozkładu prawdopodobieństwa określono w zakresie minimum 50% a maksimum 100% wynajęcia. W wariancie drugim przyjęto założenie, że wraz z przesunięciem horyzontu czasowego analizy, zwiększa się niepewność co do oszacowań wyników, co odzwierciedla zwiększenie wartości odchylenia standardowego.

Tabela 3.2

Nr	Rozkład prawd. „ilość wynajętych domów"	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Prawdop. otrzymania wartości >0
1	Normalny (stały)	3,87	2,57	94,21%
2	Normalny (zmienny – 3 okresy)	3,87	2,54	94,81%

Wyniki obliczeń dla tabeli 3.2, dotyczące badania wymaganej ilości powtórzeń symulacyjnych dla zachowania zadanej dokładności obliczeń, przedstawiono poniżej.

Wariant 1.

$$n = \frac{z_1^2 \sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 2570000^2}{38700^2} = 22128$$

$$n = \frac{z_1^2 \sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 2570000^2}{193500^2} = 885$$

z	2,24
σ	2570000
$\bar{x}$	3870000
d(1%)	38700
d(5%)	193500
n(1%)	**22128**
n(5%)	**885**

Wariant 2.

$$n = \frac{z_1^2 \sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 2540000^2}{38700^2} = 21614$$

$$n = \frac{z_1^2 \sigma^2}{d^2} = \frac{2{,}24^2 \times 2540000^2}{193500^2} = 865$$

z	2,24
σ	2540000
$\bar{x}$	3870000
d(1%)	38700
d(5%)	193500
n(1%)	**21614**
n(5%)	**865**

Po wykonaniu analizy symulacyjnej obu wariantów okazało się, że przyjęcie różnych założeń dla obliczenia odchylenia standardowego ilości wynajętych domów, w niedużym stopniu wpłynęło na wartość końcową NPV. W dalszej kolejności przyjmując dla określonej wartości NPV odpowiednie przedziały ufności na poziomie 95 i 99% otrzymano odpowiednią liczby symulacji w wariantach:

– wariant I – 885 i 22128 powtórzeń,

– wariant II – 865 i 21614 powtórzeń.

Również i w tym przypadku analizy czynnika wpływającego na wartość NPV, można zauważyć znaczącą potrzebę zwiększenia ilości symulacji w zależności od przedziału ufności.

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania na wybranym przykładzie analizy efektywności przedsięwzięcia budowlanego wykazały znaczącą zależność pomiędzy zakładanymi przedziałami ufności a ilością powtórzeń symulacyjnych. Zwiększenie przedziału ufności o kilka procent wymaga znacznego zwiększenia liczby symulacji. Proponowana metoda określania ilości symulacji może być wykorzystywana w celu odpowiedniego zaplanowania eksperymentu symulacyjnego.

LITERATURA

[1] HERTZ D.B., *Pisk Analysis in Capital Investments*, Harvard Business Review, 1964.
[2] OSTROWSKA E., *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, Warszawa 2002.
[3] DZIWORSKA K., *Decyzje inwestycyjne przedsiębiorstw*, Gdańsk 2000.
[4] JAWORSKI K.M., *Metodologia projektowania realizacji budowy*, PWN, Warszawa 1999.

ANALYSIS OF INVESTMENTS EFFICIENCY, DEPENDENT ON VARIOUS PROBABILISTIC FACTORS, WITH INFLUENCE OF CONFIDENCE INTERVALS AND PRECISION OF CALCULATIONS

The paper presents analysis of Net Present Value (NPV) of chosen investment undertaking with detailed analysis of influence of various factors on that value. Chosen factors, such as changeable discount rate and standard deviation of variables and results, have been analyzed due to the fact that they have strong impact on simulation modeling and results of NPV simulation. Issues related to confidence level have been also described and presented on chosen example.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

realizacja przedsięwzięć budowlanych,
kwantyfikacja ryzyka, plany awaryjne

Dariusz SKORUPKA*

METODA OCENY RYZYKA REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH

W artykule przedstawiono metodę kompleksowej oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych. Metoda MOCRA (*Method of Construction Risk Assessment)* jest rozwiązaniem autorskim opartym na wieloletnich badaniach w kraju i za granicą. Opis algorytmu poprzedzono krótką analizą genezy semantycznej ryzyka. Następnie przedstawiono aspekty oceny ryzyka rozpatrywanego z punktu widzenia inwestora. Zasadnicze elementy metody MOCRA to: blok identyfikacji i kwantyfikacji czynników ryzyka, blok weryfikacji ryzyka oraz blok alokacji ryzyka w harmonogramach rzeczowo-finansowych i budowa harmonogramów awaryjnych. Ze względów redakcyjnych przedstawiono jedynie ogólny zarys metody. Pozwala on jednak na poznanie idei metody. Przydatność utylitarną metody MOCRA przedstawiono na przykładzie realizacji przedsięwzięcia budowlanego (Budowa sali gimnastycznej z krytą pływalnią przy Zespole Szkół RCKU w Żarnowcu).

WSTĘP

Nowe technologie, różnorodność materiałów oraz rosnące oczekiwania inwestorów wpływają na progresję stopnia skomplikowania i złożoności przedsięwzięć budowlanych. Te problemy są wprost proporcjonalne do wzrostu ilości potencjalnych czynników ryzyka, mogących wpływać na opóźnienia realizacji przedsięwzięć budowlanych oraz powodować przekroczenie budżetu budowy. Ważnym zadaniem jest zatem umiejętność identyfikacji i kwantyfikacji czynników ryzyka oraz określenie ich wpływu na realizację budowy. Obecnie nie istnieje metoda, która może być wykorzystana do kompleksowej oceny ryzyka rozpatrywanego z punktu widzenia wykonawcy. Fakt ten stał się bezpośrednią przyczyną zainteresowań badawczych autora, które zaowocowały opracowaniem metody MOCRA. Zastosowanie metody pozwala na identyfikacje i kwantyfikacje czynników ryzyka oraz ich odniesienie do harmonogramów rzeczowo-finansowych budowy. W celu lepszego zrozumienia zjawiska ryzyka, opis metody poprzedzono analizą teoretyczną.

* Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych we Wrocławiu

1. GENEZA SEMANTYCZNA RYZYKA

Regan Sean [16] określa ryzyko jako – *„prawdopodobieństwo straty lub uszkodzenia, kogoś lub czegoś w wyniku zaistnienia jakiegoś zagrożenia"*. Jego zdaniem często ryzyko określa się jako iloczyn zidentyfikowanych czynników lub zdarzeń z ich wpływem na przedsięwzięcie.

A.H. Willet [11] określił ryzyko jako – *„zjawisko obiektywnie skorelowane z subiektywną niepewnością wystąpienia niepożądanego zdarzenia"*. Inną definicję przedstawił F. H. Knight [10, 11], uważany za klasyka teorii ryzyka i twórcę *teorii mierzalnej i niemierzalnej*. Twierdzi on, że *„ryzyko to niepewność mierzalna, a niepewność sensu stricto to niepewność niemierzalna"*. Z kolei J. Pfeffer [11, 12] określił że *„ryzyko jest kombinacją hazardu i jest mierzone prawdopodobieństwem, a niepewność mierzona jest przez poziom wiary"*.

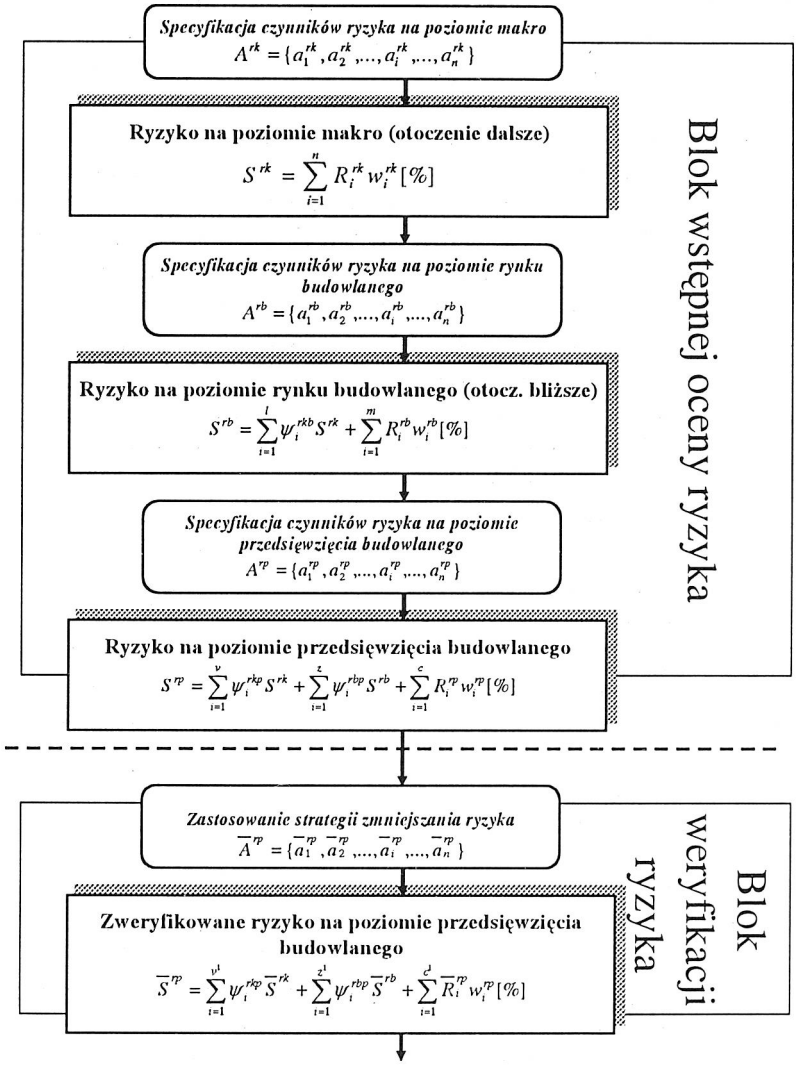
W monografii Piotra Sienkiewicza [15] opisano pojęcie ryzyka, jako łączące prawdopodobieństwo niepowodzenia i wartości przewidywanych strat lub korzyści.

Z kolei w odniesieniu do metod projektowania, zdaniem Tadeusza Kasprowicza [8, 9], ryzyko i niepewność wpływające na jakość rozwiązań końcowych, trzeba rozpatrywać w trzech aspektach: jako niepewność naturalną lub ryzyko naturalne, jako niepewność modelową lub ryzyko modelowe oraz jako niepewność statystyczną lub ryzyko statystyczne.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, pojęcie ryzyka jest rozumiane i definiowane bardzo różnorodnie. Można by uznać, że sam ten fakt jest jednym z istotnych czynników determinujących potrzebę badania problemu ryzyka. Nie jest to jednak czynnik jedyny, co udowodni dalsza analiza zjawiska.

2. METODA KOMPLEKSOWEJ OCENY RYZYKA REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘCIA BUDOWLANEGO

Problem oceny ryzyka jest dość szeroko opisywany szczególnie w literaturze amerykańskiej i angielskiej [2, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10, 14, 16]. Uczeni i inżynierowie z tych krajów kładą duży nacisk na umiejętność oceny ryzyka w sektorze budowlanym. Przykładem mogą być tutaj takie metody, jak: ICRAM (*International Construction Risk Assessment Model*) [6] lub RAMP (*Risk Analysis and Management for Project*) [4]. Pewne elementy tych metod autor wykorzystał przy opracowywaniu metody MOCRA. Metody te jednak różnią się zasadniczo. Metoda autorska, w odróżnieniu od metody amerykańskiej i angielskiej, pozwala na ocenę ryzyka wykonawcy, elastyczny dobór czynników ryzyka, transfer skwantyfikowanego ryzyka do harmonogramów oraz uwzględnia specyfikę rynku budowlanego w Polsce. Zasadnicze elementy metody przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Ze względów redakcyjnych nie dokonano opisu wszystkich zmiennych. Szczegółowy opis zmiennych oraz wyprowadzenie wzorów czytelnik może znaleźć w pozycjach [17, 18, 19].

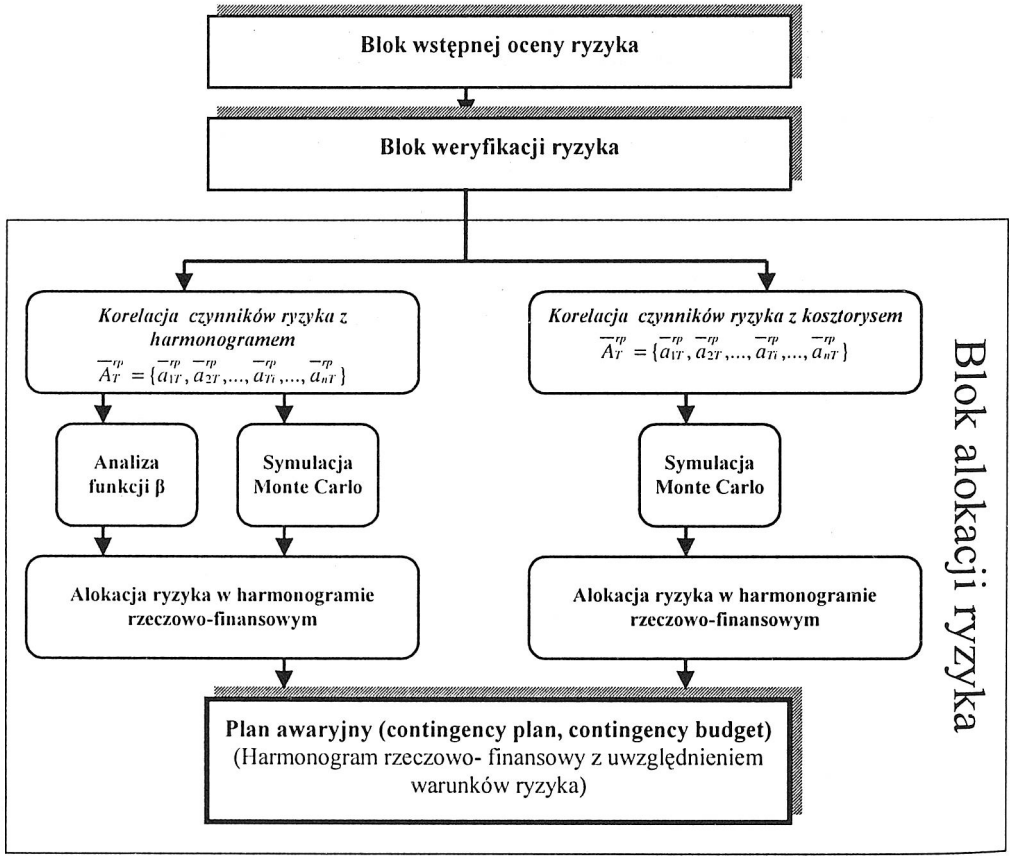


Rys. 1. Model ideograficzny wstępnej oceny i weryfikacji ryzyka
Fig. 1. The model of initial risk assessment and verification

W metodzie zaproponowanej przez autora ważną rolę odgrywa aspekt utylitarny. Z przeprowadzonych badan wynikało, że realizatorzy przedsięwzięć budowlanych są mało zainteresowani jedynie procentową oceną ryzyka przedsięwzięcia przewidzianego do realizacji. Inżynierom projektu, bardziej od procentowej oceny, zależy na odniesieniu ryzyka do planu budżetu oraz harmonogramu. Dlatego autor zdecydował się na przeprowadzenie badań dotyczących wykorzystania ewentualnych metod (lub znalezienia własnej) do rzetelnego przenoszenia oszacowanego ryzyka na harmonogramy rzeczowo-finansowe przedsięwzięć budowlanych. Zasadniczym celem takiej alokacji

ryzyka jest umożliwienie budowania awaryjnych planów budżetu i awaryjnych harmonogramów (ang. contingency plan, contingency budget) . Do analizy wykorzystano dwie metody: *„Metodę Analizy Funkcji β"* oraz *„Metodę Monte Carlo"*, która jest bardzo popularna i często wykorzystywana do zagadnień analizy ryzyka.

Na tym etapie analizy ryzyka, po identyfikacji i kwantyfikacji jego czynników, dokonuje się korelacji. Korelacja polega na znalezieniu współzależności pomiędzy skwantyfikowanymi czynnikami ryzyka, a konkretnymi operacjami w procesie realizacji przedsięwzięcia budowlanego. Przy czym dokonuje się podziału na kryterium czasu i kryterium kosztów. Na rys. 2. przedstawiono model ideograficzny alokacji ryzyka w harmonogramach rzeczowo-finansowych budowy.



Rys. 2. Model ideograficzny alokacji ryzyka
Fig. 2. The model of risk allocation

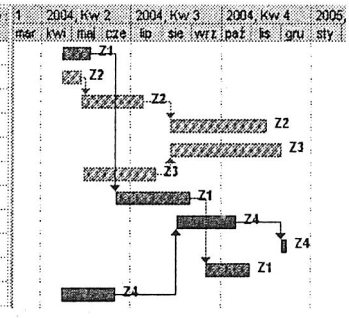
Wynikiem analizy jest plan awaryjny, który zakłada kontyngencję czasową i kosztową dla realizowanego przedsięwzięcia budowlanego. Dopuszcza się w praktyce opracowywanie paru wariantów planów awaryjnych. Zależy to bezpośrednio od potrzeb, doświadczenia i wiedzy wykonawcy.

3. IMPLEMENTACJA METODY MOCRA

Weryfikacji przydatności użytkowej metody dokonano podczas planowania i realizacji sali gimnastycznej z krytą pływalnią przy Zespole Szkół – Centrum Kształcenia Ustawicznego w Żarnowcu. Budowa była jedną z paru monitorowanych przez autora. Przedsięwzięcie budowlane obejmowało: budowę obiektu podstawowego – sala gimnastyczna z zapleczem, przebudowę części budynku szkoły, przebudowę budynku warsztatów na kotłownię centralnego ogrzewania (zgodnie z projektem technologii kotłowni – obieg C), budowę przyłącza wodociągowego, budowę przyłącza sanitarnego. Termin rozpoczęcia zadania inwestycyjnego ustalono na 22.04.2004 r. Termin zakończenia zadania inwestycyjnego zaplanowano na 31.12.2004 r.

Fragment (ze względu na jego obszerność) harmonogramu rzeczowo-finansowego przygotowanego przez wykonawcę i zaakceptowanego przez inwestora przedstawiono na rysunku 3.

	Nazwa zadania	Cz. trw.	Rozp.	Zak.	Poprzednicy	Koszt	Nazwy
1	Roboty ziemne	21 dn	04-04-22	04-05-20		92 495,58 zł	Z1
2	Fundamenty	13 dn	04-04-22	04-05-10		98 358,04 zł	Z2
3	Ściany i ścianki	46 dn	04-05-11	04-07-13	2	192 534,76 zł	Z2
4	Tynki, sufity podwieszone	70 dn	04-08-10	04-11-15	3ZR+19 dn	91 926,74 zł	Z2
5	Posadzki i podłogi	81 dn	04-08-10	04-11-30	6ZR+10 dn	430 683,41 zł	Z3
6	Konstrukcje żelbetowe	52 dn	04-05-14	04-07-26		65 708,03 zł	Z3
7	Dach i pokrycie	55 dn	04-06-15	04-08-30	1ZR+17 dn	475 195,58 zł	Z1
8	Stolarka cz 1	45 dn	04-08-16	04-10-15	11ZR+42 dn	207 520,38 zł	Z4
9	Stolarka cz 2	4 dn	04-12-01	04-12-06	8ZR+32 dn	17 235,10 zł	Z4
10	Roboty zewnętrzne	33 dn	04-09-15	04-10-29	7ZR+10 dn	37 848,14 zł	Z1
11	Instalacj kotłowni	39 dn	04-04-22	04-06-15		54 273,58 zł	Z4

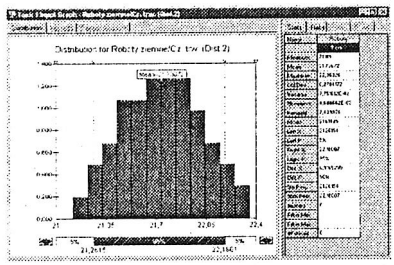


Rys. 3. Harmonogram rzeczowo-finansowy sali sportowej w Żarnowcu –deterministyczny
Fig. 3. The finance plan and schedule of sport hall in Zarnowiec – deterministic

Posługując się algorytmem metody MOCRA, przedstawianym na rys. 1 i rys. 2, dokonano identyfikacji, kwantyfikacji i weryfikacji czynników ryzyka. Następnie skorelowano je z poszczególnymi operacjami przedsięwzięcia budowlanego, opisanymi w harmonogramie rzeczowo-finansowym.

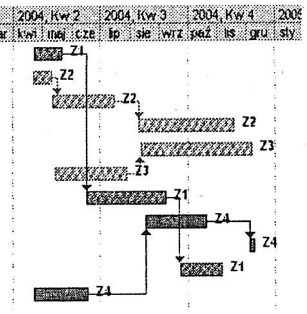
Do alokacji ryzyka (skutków wystąpienia czynników ryzyka przy kryterium czasu i kosztów) w harmonogramie wykorzystano metodę Monte Carlo (program Risk 4.1 for Project) [13]. Na rysunku 4 przedstawiono jedno z wielu okien dialogowych używanych do symulacji.

Symulacja (estymacja parametryczna) skutków wystąpienia poszczególnych czynników ryzyka, przeprowadzona dla każdej operacji przedsięwzięcia budowlanego (rys. 4 – roboty ziemne), pozwoliła na określenie zmiany wartości oczekiwanych czasów i kosztów poszczególnych operacji. Dane te posłużyły do budowy awaryjnego harmonogramu rzeczowo-finansowego dla omawianej budowy (rys. 5).



Rys. 4. Estymacja parametryczna operacji
Fig. 4. Parameter estmation of operation

	Nazwa zadania	Cz. t/w.	Rozp.	Zak.	Poprzedniki	Koszt	Nazwy
1	Roboty ziemne	21,99 dn	04-04-22	04-05-21		93 178,94 zł	Z1
2	Fundamenty	13,19 dn	04-04-22	04-05-11		109 341,20 zł	Z2
3	Ściany i ścianki	47,77 dn	04-05-11	04-07-15	2	220 031,78 zł	Z2
4	Tynki, sufity podwieszone	72,05 dn	04-08-10	04-11-18	3ZR+17 dn	101 802,23 zł	Z2
5	Posadzki i podłogi	83,39 dn	04-08-11	04-12-06	6ZR+10 dn	454 660,25 zł	Z3
6	Konstrukcje żelbetowe	53,08 dn	04-05-14	04-07-28		74 956,49 zł	Z3
7	Dach i pokrycie	59,3 dn	04-06-15	04-09-07	1ZR+17 dn	507 330,00 zł	Z1
8	Stolarka cz 1	46,58 dn	04-08-16	04-10-20	11ZR+42 dn	229 844,93 zł	Z4
9	Stolarka cz 2	4,12 dn	04-12-03	04-12-09	8ZR+32 dn	18 332,81 zł	Z4
10	Roboty zewnętrzne	33 dn	04-09-21	04-11-05	7ZR+10 dn	39 280,98 zł	Z1
11	Instalacj kotłowni	40,51 dn	04-04-22	04-06-17		60 955,74 zł	Z4



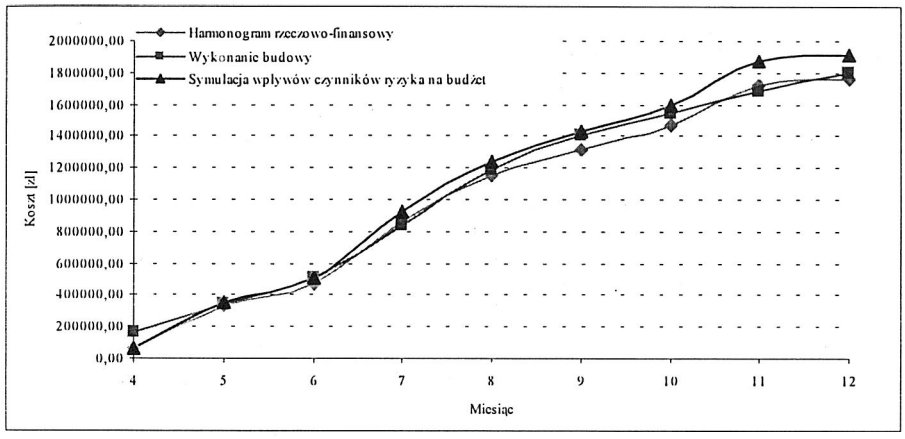
Rys. 5. Harmonogram rzeczowo-finansowy sali sportowej w Żarnowcu – z uwzględnieniem ryzyka
Fig. 5. The finance plan and schedule of sport hall in Żarnowiec – probabilistic

W tablicy 1. zestawiono koszt planowany (harmonogram rzeczowo-finansowy), rzeczywisty koszt produkcji (realizacja budżetu budowy) oraz wyniki symulacji (budżet awaryjny budowy).

Tablica 1. Koszty planowane, symulowane i rzeczywiste

Miesiąc	Harmonogram rzeczowo-finansowy	Wykonanie budowy	Symulacja wpływów czynników ryzyka na budżet
4	58495,77	165234,00	62888,80
5	329394,20	345666,00	356895,06
6	467344,97	507966,00	506564,75
7	858134,18	840186,00	928617,10
8	1148434,91	1190186,00	1243593,39
9	1318093,75	1410307,00	1426824,94
10	1473585,05	1543757,00	1594755,54
11	1726544,04	1683757,00	1869494,05
12	1763779,14	1803757,00	1909714,61
Kontyngencja kosztów 1909714,61 – 1763779,14 = **145935,47**			

Dla lepszego zobrazowania wyników badań zestawiono je na wykresie (rys. 6).



Rys. 6. Wykres planowanych, rzeczywistych i symulowanych kosztów
Fig. 6. The graph of planning, real and simulations cost

Zastosowanie metody MOCRA umożliwia dużo szerszą interpretację wyników (np. porównanie wyników symulacji Monte Carlo z wynikami metody analizy Funkcji Beta) , która w publikacji nie została przedstawiona ze względów redakcyjnych.

PODSUMOWANIE

Prognozowana (na bazie metody MOCRA) kontyngencja czasowa i kosztowa okazała się trafna. Fakt ten potwierdza walory utylitarne metody. Oczywiście zastosowanie metody nie skutkuje 100% precyzją prognozy lub całkowitą eliminacją ryzyka. W amerykańskich periodykach można spotkać się z sentencją: *Unfortunately, many people have mistakenly assumed that Risk Analysis techniques are magic – black boxes* [13]. Co oznacza, że *analiza ryzyka nie jest magiczną skrzynką, udzielającą wszelkich i pełnych odpowiedzi.* Jednak sam fakt diagnozowania problemu staje się przyczyną poprawy jakości planowania, przygotowania i realizacji przedsięwzięcia, co skutkuje poprawą efektywności procesu decyzyjnego i prawidłową reakcją na zakłócenia wykonania obiektu budowlanego.

LITERATURA

[1] AHMAD I., *Decision support system for modeling bid/no-bid decision problems*, JCEM, American Society of Civil Engineers, 116(4), USA 1990, 595–608.
[2] AKINCI B., FISCHER M., *Factors affecting contractors' risk of cost overburden,* Journal of Management in Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 14, No. 1, USA, 1998, 67–76.
[3] CLELAND D.I., IRELAND L.R., *Project Management*, McGraw-Hill, New York 2002.

[4] COCKSHAW A., FERGUSON D., GRACE P., *RAMP – Risk Analysis and Management for Project*, Institute of Civil Engineers and Institute of Actuaries, London, GB, 2000.
[5] HASTAK M., *A Decision Support System for Cost Management Planning*, Journal of Decision Systems, Vol. 8, No. 2, USA, 1999, 735–742.
[6] HASTAK M., SHAKED A., *ICRAM: Model for International Construction Risk Assessment*, Journal of Management in Engineering, No. 38, USA, 2000, 59–69.
[7] KAPLINSKI O., *Modeling of construction process. A managerial approach*, Studia z Zakresu Inżynierii, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, IPPT PAN, Warszawa 1997.
[8] KASPROWICZ T., *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych* [Construction ProjectsEngineing]. Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu, 2002.
[9] KASPROWICZ T., *Analiza systemowa przedsięwzięć budowlanych* [System Analyze of Construction Projects], XLIX KN KILiW PAN, Krynica 2003, 179–186.
[10] KNIGHT F.H., *Risk, Uncertainty and Profit,* University of Boston Press, Boston 1921.
[11] OSTROWSKA E., *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, PWE, Warszawa 2002.
[12] PFEFFER J. *Insuarance and Economic Theory,* Irvin Inc., Homewood, Illinois, USA,1956.
[13] Risk 4.1. for Project – *Instrukcja użytkowania.* Nr licencji – S/N: 10867253.
[14] ROYER P.S., *Project Risk Management*, Cop. by Management Concepts, Inc., Vienna, USA, 2002.
[15] SIENKIEWICZ P., *Analiza systemowa(Podstawy i zastosowania)*, Bellona, Warszawa 1994.
[16] SEAN T. Regan, *Risk Management Implementation and Analysis*, AACE International Transaction, Orlando, USA, 2003.
[17] SKORUPKA D., *Risk Management in Building Projects*, AACE International Transaction, Orlando, USA, 2003, 190–196.
[18] SKORUPKA D., *Neural Networks in Risk Management of Project*, AACE International Transaction, Washington, USA, 2004, 151–157.
[19] SKORUPKA D., *The Method of Identification and Quantification ofConstruction Projects Risk*, Archives of Civil Engineering, No. 4, Warszawa 2005, 647–662.
[20] SKORUPKA D., HASTAK M., *Identification and Initial Risk Assessment of Construction Projects in Poland* (materiał wysłany do publikacji).
[21] SKORUPKA D., *Risk Quantification and Allocation in Construction Schedules* (materiał wysłany do publikacji).

THE METHOD OF CONSTRUCTION PROJECTS RISK ASSESSMENT

The article presents a complex method of assessing construction projects risk. The MOCRA method *(Method of Construction Risk Assessment)* is an original solution based on many years of research carried out in Poland and abroad. The description of the algorithm has been preceded with a brief analysis of the semantic origin of risk. Next, the aspects of risk assessment considered from the investor's point of view have been presented. The fundamental elements of the MOCRA method are as follows: a block of risk indicators identification and quantification, a block of risk verification and a block of risk allocation in physical/material schedules and the development of contingency schedules. For editorial purposes, only an outline of the method has been presented. It allows one, though, to become acquainted with its idea. The utilitarian usefulness of the MOCRA method has been tested on the example of an actual construction project (a gymnasium with an indoor swimming pool at the School Complex – The Center for Continuous Education in Żarnowiec).

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

ryzyko, ryzyko operacyjne, zarządzanie ryzykiem

Reinhard WRÓBEL*

OUTSOURCING USŁUG BUDOWLANYCH W ZARZĄDZANIU RYZYKIEM PROJEKTOWYM W PRZEDSIĘBIORSTWIE BUDOWLANYM

Działalność każdego przedsiębiorstwa budowlanego jest narażona na dodatkowe ryzyko operacyjne wynikające ze specyficznych cech procesu budowlanego, które zależą od przyjętych rozwiązań technologiczno-organizacyjnych oraz sposobu kierowania i zarządzania poszczególnymi składowymi tego procesu. W celu racjonalizacji zarządzania w przedsiębiorstwach tych zaczęto poważanie rozważać i stosować techniki właściwe zarządzaniu projektami, którego elementem jest zarządzanie ryzykiem. Polega ono na stosowaniu uporządkowanych metod identyfikacji, pomiaru ryzyk oraz na opracowaniu i zarządzaniu odpowiednimi rozwiązaniami pozwalającymi na redukcję negatywnych a wzmocnienie pozytywnych skutków ich wystąpienia. Zbiór wszystkich ryzyk związanych z realizacją danego projektu określa się mianem ryzyka projektowego. Celem pracy jest udowodnienie tezy, że zwiększanie zakresu podzlecania (outsorcing) usług budowlanych powoduje zmniejszenie ryzyka projektowego realizowanych kontraktów budowlanych.

1. WSTĘP

Działalność każdego przedsiębiorstwa budowlanego jest narażona na dodatkowe ryzyko operacyjne wynikające ze specyficznych cech procesu budowlanego. W celu racjonalizacji zarządzania w przedsiębiorstwach tych zaczęto poważanie rozważać i stosować techniki właściwe zarządzaniu projektami. Dodatkowo procesy te zostały wzmożone decyzjami Międzynarodowej Federacji Inżynierów Konsultantów[1], która opublikowała w roku 1999 pierwsze wydanie czterech nowych standardowych wzorów kontraktu:

- Warunki kontraktu na budowę,
- Warunki kontraktu na urządzenia i budowę z projektowaniem,

* Przedsiębiorstwo Robót Drogowych i Mostowych S.A., ul. 24 Kwietnia 4, 47-200 Kędzierzyn-Koźle

[1] Federation Internationale des Ingunieurs-Conseils (FIDIC)

– Warunki kontraktu na realizację pod klucz,
– Krótka forma kontraktu.

Celem pracy jest udowodnienie tezy, że zwiększanie zakresu podzlecania (outsorcing) usług budowlanych powoduje zmniejszenie ryzyka projektowego realizowanych kontraktów budowlanych. Danymi wyjściowymi do wnioskowania są osiągnięte wyniki przedsiębiorstwa budowlanego z realizacji kontraktów budowlanych w latach 2002 do 2005 r.

2. ZARZĄDZANIE PROJEKTAMI W PROCESIE ZARZĄDZANIA OPERACYJNEGO PRZEDSIĘBIORSTWA BUDOWLANEGO

Przebieg procesu budowlanego zależy od przyjętych rozwiązań technologiczno-organizacyjnych oraz sposobu kierowania i zarządzania poszczególnymi składowymi tego procesu. Realizacja procesów budowlanych przebiega w specyficznych warunkach, gdyż [7]:

- każda budowa posiada swój indywidualny charakter. Realizacja dwóch identycznych obiektów budowanych w różnych strefach geograficznych czy porach roku, wymagać może zupełnie innych rozwiązań,
- zwykle występuje znaczne rozproszenie realizowanych budów w terenie. Bezpośrednio wpływa to na organizację robót budowlanych i usług transportowych,
- obiekty budowlane są trwale związane z gruntem, powoduje to przemieszczanie się zespołów roboczych za frontem robót,
- występuje duża zależność od wpływów atmosferycznych. Większość procesów realizowanych jest na otwartym terenie, przez co ich przebieg uzależniony jest od aktualnych warunków atmosferycznych,
- występuje długi okres oczekiwania na efekty wybudowania obiektów,
- występuje losowy charakter czasu wykonania procesów budowlanych związany między innymi z czynnikami atmosferycznymi, znaczną płynnością kadr, różnymi warunkami gruntowymi realizowanych budów, awaryjnością maszyn itp.

Wyszczególnione powyżej cechy budownictwa skłaniają do stwierdzenia, że podstawowego znaczenia dla powodzenia każdego zamierzenia budowlanego nabiera właściwe projektowanie realizacji budowy oraz dobre zarządzanie jego realizacją. Istotnym elementem zarządzania jest prawidłowe stosowanie technik zarządzania projektami.

Techniki zarządzania projektami znajdują zastosowanie w organizowaniu, kierowaniu i kontroli procesów, w celu zrealizowania określonego projektu, które charakteryzują się następującymi cechami [10]:

- efekty tych procesów są unikalne a więc niepowtarzalne,
- posiadają konkretną datę rozpoczęcia i zakończenia,

- wykonywane operacje (zadania) składowe posiadają pewną sekwencyjność, którą można przedstawić za pomocą harmonogramu,
- wymagają zaangażowania znacznych zasobów materiałowych i ludzkich powiązanych w specyficzny sposób,
- istotnym czynnikiem jest niepełna informacja o warunkach realizacji projektu i związane z tym ryzyko operacyjne projektu.

Pod pojęciem projektu [10] rozumie się sekwencję zadań podjętych z zamiarem osiągnięcia unikalnych celów w określonych ramach czasowych i przy założonym budżecie kosztów. Porównując cechy procesów budowlanych z cechami zarządzania projektami, można przyjąć, iż zarządzanie procesami budowlanymi stanowi szczególny przypadek zarządzania projektami, wzbogacone o rozwiązania technologiczne wykonawstwa tych procesów.

Przedsiębiorstwa budowlane realizują najczęściej kilka lub kilkadziesiąt różnych budów (zadań), które zarządzane są technikami zarządzania projektami. W przypadku analizowanego przedsiębiorstwa charakterystyka zrealizowanych kontraktów w latach 2002 do 2005 przedstawiona została w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie zrealizowanych kontraktów
Table 1. Tabulation of realized contracts

Lp.	Treść/Rok	2002	2003	2004	2005
1	Liczba zrealizowanych kontraktów	59	73	43	36
2	Łączna wartość zrealizowanych kontraktów (tys. zł)	45,064	48,997	54,104	70,238
3	Wartość kontraktu najmniejszego (najmniejszego tys. zł)	11	12	51	59
4	Wartość kontraktu największego (w tys. zł)	12,170	7,595	14,478	12,299

Źródło: opracowanie własne.

Zarządzanie projektem dotyczy realizacji jednej budowy i polega na stosowaniu technik zarządzania projektami oraz wykorzystaniu wiedzy o ludzkich zachowaniach i stosunkach międzyludzkich [3]. Zarządzanie przez projekty odnosi się do całej grupy projektów, które są w pewnym sensie konkurencyjne względem siebie. W przypadku przedsiębiorstwa budowlanego średniej wielkości, występuje konieczność wdrażania technik zarządzania właściwych dla zarządzania przez projekty. Poza liczbą realizowanych jednocześnie budów, decydującym czynnikiem jest konieczność szybkiego reagowania na zmieniający się rynek, zmiany w technologii oraz koncentrowanie się na efektach działań. Rodzi to potrzebę koordynacji wykorzystania ograniczonych zasobów ludzkich, sprzętowych i kapitałowych. Działania w formie projektów sprzyjają konkurencji wewnętrznej, tj. najwcześniejszym włączaniem się w ich realizację wszystkich zainteresowanych stron.

3. ZARZĄDZANIE RYZYKIEM PROJEKTOWYM

Zarządzanie ryzykiem polega na stosowaniu uporządkowanych metod identyfikacji, pomiaru ryzyk oraz na opracowaniu i zarządzaniu odpowiednimi rozwiązaniami pozwalającymi na redukcję negatywnych a wzmocnienie pozytywnych skutków ich wystąpienia. Ryzyko projektu, to niepewne zdarzenie lub okoliczność, które w przypadku wystąpienia, może mieć zarówno negatywny jak i pozytywny wpływ na realizację projektu [1]. Zbiór wszystkich ryzyk związanych z realizacją danego projektu określa się mianem ryzyka projektowego [4]. Zarządzanie ryzykiem ogranicza się najczęściej do kwestii finansowych i czasoprzestrzennych (harmonogram i logistyka). Chcąc złagodzić ryzyko finansowe, należy zwiększyć budżet projektu. Zapobieganie ryzyku czasowemu polega najczęściej na utworzeniu rezerw czasowych i wydłużeniu harmonogramu. W ostatnich latach obserwuje się nasilenie ryzyka technicznego realizacji projektu. Jego zarządzanie nie polega tylko na prostym zwiększeniu budżetu lub wydłużeniu harmonogramu. Zarządzanie ryzykiem technicznym polega na rozwiązaniu następujących kwestii, czy [8]:

- zastosowana technologia odpowiada planowanym celom projektu,
- jest możliwe przyjęcie danych rozwiązań technicznych w ramach narzuconych ograniczeń,
- jeśli dane rozwiązanie techniczne jest właściwe w realizacji to, jakie jest ryzyko jego zdezaktualizowania i w jakim czasie może to nastąpić?

Po rozpoczęciu realizacji projektu należy natychmiast przystąpić do analizy ryzyka oraz opracowania procedur zarządzania ryzykiem. Proces analizy ryzyka obejmuje jego identyfikację, klasyfikację i pomiar dla każdej perspektywy zarządzania przedsiębiorstwem (perspektywa strategiczna, taktyczna i operacyjna) [11]. Procedury zarządzania polegają na opracowaniu katalogu działań zapobiegawczych, które będą podjęte w celu wyeliminowania ryzyka oraz katalogu działań neutralizujących, które będą podjęte po wystąpieniu danego ryzyka.

Etap opracowania działań zapobiegawczych (lub wzmacniających), które będą realizowane po wystąpieniu ryzyka, jest najważniejszą częścią całego procesu zarządzania ryzykiem. W literaturze przedmiotu metody reagowania na ryzyko dzieli się na następujące grupy [11,5]:

1. Unikanie ryzyka - w wielu sytuacjach możliwy jest wybór działania obarczonego mniejszym ryzykiem niż pozostałe, jego akceptacja zwykle następuje, ponieważ wtedy wyniki są mniej niekorzystne (lub bardziej korzystne) od innych.
2. Transfer ryzyka - są to działania polegające na podziale ryzyka całkowitego pomiędzy kilka różnych podmiotów i przejęcie przez nich negatywnych skutków ryzyka. Transfer ryzyka rzadko prowadzi do eliminacji ryzyka, zmusza natomiast podmioty przejmujące do realizacji procedur łagodzenia, akceptacji lub unikania ryzyka. Do podmiotów tych zalicza się:
   a) ubezpieczycieli, poręczycieli, żyrantów,

b) kontrahentów, dostawców, usługodawców, podwykonawców,
c) partnerów biznesowych, uczestników konsorcjów,
d) klientów.

3. Łagodzenie ryzyka – jest to najpowszechniej stosowana metoda reagowania na ryzyko. Jej sens sprowadza się do podejmowania działań prowadzących do zmniejszenia prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub minimalizacji skutków jego wystąpienia. Wybór działania oraz jego skuteczność zależy od rodzaju ryzyka.
4. Akceptacja ryzyka – polega na przyjęciu wszelkich skutków ewentualnego wystąpienia ryzyka. Istnieją dwa podstawowe modele akceptacji ryzyka. Są to:
   a) model pasywny, polegający na przyjęciu skutków ryzyka bez podejmowania działań zmierzających do rozwiązania problemów związanych z jego wystąpieniem,
   b) model aktywny, polegający również na przyjęciu wszelkich skutków ryzyka, ale dodatkowo tworzone są procedury postępowania na wypadek jego wystąpienia łącznie z tzw. procedurami odwrotu. Często podstawowym sposobem działania jest tworzenie rezerw, które uruchamiane są w momencie wystąpienia ryzyka.

Przedsiębiorstwo budowlane dokonuje outsourcingu usług budowlanych zasadniczo z trzech przyczyn [2]:

1. Potrzeby wykonania rodzaju robót, który nie jest możliwy do wykonania siłami własnymi (brak odpowiednich kwalifikacji, sprzętu, umiejętności),
2. Konieczność powiększenia własnego potencjału w zakresie robót wykonywanych siłami własnymi przedsiębiorstwa,
3. Konieczność wykonania obiektu budowlanego w sytuacji braku własnych sił wytwórczych.

W przypadku pierwszym, następuje klasyczny transfer ryzyka na podwykonawcę. Jego umiejętności, specjalistyczne wyposażenie w sprzęt i maszyny oraz posiadana kadra umożliwiają przejęcie i redukcję części ryzyka, jakie wiąże się z podzlecanymi robotami. W wyniku podzlecenia następuje zmniejszenie ryzyka całkowitego projektu oraz dodatkowo następuje zmniejszenie kosztów realizacji całego zadania. Oszczędność kosztowa jest wynikiem mniejszej oczekiwanej zapłaty za przejmowane ryzyko przez podwykonawcę, ponieważ w jego ocenie to ryzyko jest rzeczywiście mniejsze.

Drugi przypadek jest wynikiem pozyskania takiej ilości robót przez przedsiębiorstwo zlecające, że aby wykonać je w założonych terminach, konieczne jest podzlecenie części robót. Następuje poszerzenie potencjału zlecającego. W tym przypadku, realizowany transfer ryzyka nie powoduje jego zmniejszenia, a uzyskana marża jest zapłatą za odstąpienie części robót, które zostały pozyskane na rynku dzięki posiadaniu odpowiednich referencji, dobrego marketingu czy możliwości przedstawienia zabezpieczeń finansowych na wymaganym poziomie. Nie można wykluczyć, że marża

ta stanowi dodatkowe źródło zysku dla zlecającego, który wykorzystuje swoją pozycję rynkową wobec podwykonawców [9].

W ostatnich latach na rynku usług budowlanych pojawiły się podmioty realizujące wielkie, złożone budowy tylko przy pomocy wynajętych podwykonawców. Same zajmują się organizowaniem i zarządzaniem procesem budowlanym. Są to najczęściej firmy dysponujące dużymi zasobami finansowymi, rozległym doświadczeniem w realizowaniu określonych typów obiektów budowlanych i posiadające dobrze wykwalifikowane kadry zarządzające [9]. W tym przypadku następuje podział i transfer ryzyka w czystej postaci. Firma zlecająca żąda odpowiednich gwarancji i zabezpieczeń, które w zasadzie ograniczają jej ryzyko w wykonaniu obiektu. Sama natomiast przejmuje i zabezpiecza ryzyko całkowite kontraktu wobec inwestora, za co otrzymuje odpowiednią prowizję.

4. OUTSOURING W ZARZĄDZANIU RYZYKIEM PROJEKTOWYM – WYNIKI BADAŃ

Outsourcing usług budowlanych powoduje zmniejszenie ryzyka związanego z realizowanym projektem budowlanym u zlecającego. W celu zweryfikowania tej tezy dokonano szczegółowej analizy rentowności brutto kontraktów budowlanych zrealizowanych przez przedsiębiorstwo budowlane w latach 2002 do 2005. Jako miarę ryzyka projektowego przyjęto odchylenie standardowe stopy marży brutto zrealizowanych kontraktów w poszczególnych latach. Dodatkowo obliczono wartość oczekiwaną stopy marży brutto. Wyniki obliczeń zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka ryzyka projektowego w latach 2002 do 2005
Table 2. Characterization of the project-risk in years 2002 to 2005

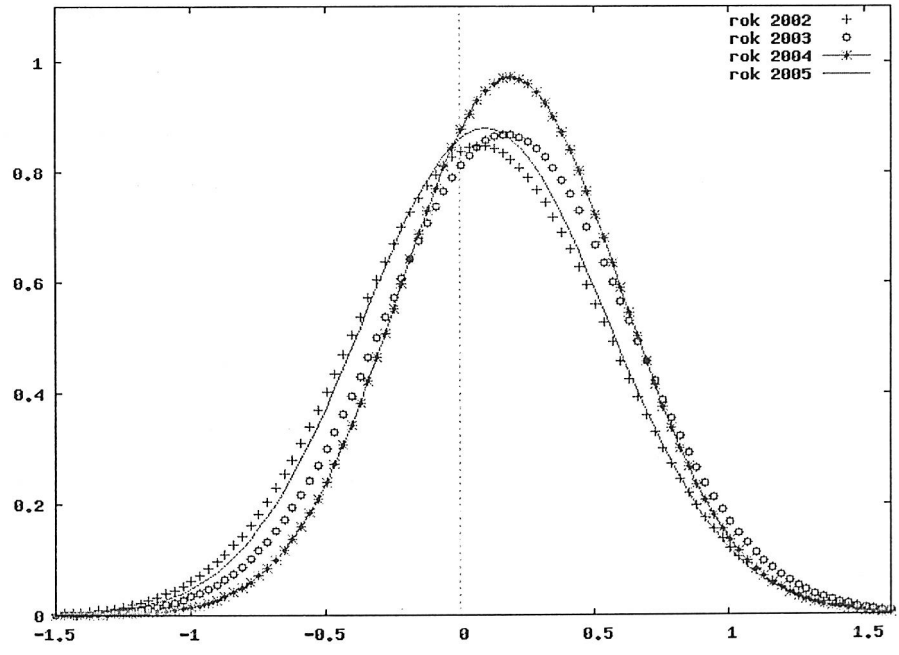
Lp.	Treść	2002	2003	2004	2005
1.	Udział podwykonawstwa w kosztach realizacji budowy	40,5%	42,3%	49,1%	57,6%
2.	Odchylenie standardowe stopy marży brutto	0,2217	0,2110	0,1687	0,2057
3.	Wartość oczekiwana stopy marży brutto	0,0761	0,1717	0,1885	0,0938
4.	Standaryzowana zmienna losowa dla marży brutto = 0	–0,343	–0,814	–1,118	–0,456
5.	Prawdopodobieństwo osiągnięcia ujemnej marży brutto	0,3657	0,2079	0,1319	0,3242

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzone obliczenia pozwalają przedstawić ryzyko projektowe dla poszczególnych lat za pomocą wykresu krzywej rozkładu normalnego [6] (rys. 1). Jak widać, w miarę zwiększania udziału wartości robót podzlecanych w całości kosztów, następuje zmniejszenie ryzyka projektowego. Znajduje to wyraz w większej smukłości krzywej rozkładu normalnego, co jest efektem większego skupienia możliwych realizacji stóp marży brutto wokół wartości oczekiwanej. Proces zmniejszania ryzyka pro-

jektowego następował w latach 2002 do 2004. W roku 2005 przedsiębiorstwo osiągnęło taki poziom usług podzlecanych (outsourcing), że proces ten uległ odwróceniu, odchylenie standardowe uległo zwiększeniu przy jednoczesnym zmniejszeniu wartości oczekiwanej stopy marży brutto.

Wiersz 4 tabeli 2. przedstawia standaryzowaną zmienną losową do rozkładu normalnego standardowego dla zerowej marży brutto, natomiast wiersz następny zawiera skumulowane prawdopodobieństwa osiągnięcia ujemnej marży. Dane te potwierdzają odwrócenie w roku 2005 korzystnych tendencji kształtowania się ryzyka projektowego z lat 2002 do 2004. Prawdopodobieństwo zrealizowania ujemnej marży brutto wróciło do poziomu z roku 2002.



Rys. 1. Charakterystyka ryzyka projektowego w latach 2002 do 2005
Fig. 1. Characterization of the project-risk in years 2002 to 2005

5. WNIOSKI

Outsourcing usług budowlanych jest jednym z narzędzi zarządzania ryzykiem projektowym kontraktów budowlanych. Jego skuteczność zależy od celu i zakresu podzlecania usług. Z przedstawionej analizy widać, że istnieje pewne optimum korzystania z usług obcych. Jego przekroczenie powoduje zwiększenie średniego ryzyka realizacji kontraktów budowlanych.

Analiza metodami statystycznymi wpływu poziomu udziału podzlecania usług w całości kosztów bezpośrednich, na marżę brutto kontraktów budowlanych może mieć zastosowanie w zarządzaniu operacyjnym ryzykiem projektowym. Jednakże przedstawiona metoda nie uwzględnia wielu innych czynników, które mogą mieć nawet decydujący wpływ na zrealizowaną marżę brutto. Tym samym nie można przedstawionej analizy statystycznej traktować jako podstawowej metody określania ryzyka projektowego, a jedynie jako próbę ujęcia istoty problemu i orientacji przedsiębiorstwa, w jakim kierunku zmierza jego gra rynkowa.

LITERATURA

[1] *A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK Guide, 2000 Edition, tłumaczenie na język polski.* MT&DC, Warszawa 2003.

[2] *Raport o firmach drogowych 2004.* Arcata Partners sc., Warszawa, Luty 2005.

[3] BRILMAN J. *Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania.* PWE, Warszawa 2002.

[4] BRYL A. *Dlaczego w każdym projekcie warto zarządzać ryzykiem?* W: Harvard Business Review Polska, 2006, nr 02, 18–21.

[5] CHONG Y.Y., BROWN E.M., *Zarządzanie ryzykiem projektu.* Dom Wydawniczy ABC, Kraków 2001.

[6] DUDYCZ T., *Zarządzanie wartością przedsiębiorstwa.* PWE, Warszawa 2005.

[7] JAWORSKI K.M., *Podstawy organizacji budowy.* PWN, Warszawa 2004.

[8] KERZNER H., *Advanced Project Management. Edycja polska.* Wydawnictwo HELION, Gliwice 2005.

[9] MATWIEJCZUK W., *Realizacja inwestycji – praktyki wykonawstwa budowlanego.* W: Ekologia w inżynierii procesów budowlanych. Referaty z konferencji naukowo-technicznej, Lublin–Kazimierz Dolny, 24–26 kwietnia 2003 r. Instytut Budownictwa i Architektury, Lublin 2003, 139–142.

[10] MINGUS N., *Zarządzanie projektami.* Wydawnictwo HELION, Gliwice 2002.

[11] PRITCHARD C.L., *Zarządzanie ryzykiem w projektach – teoria i praktyka.* WIG-Press, Warszawa 2002.

OUTSOURCING OF BUILDER'S SERVICES IN THE PROJECT-RISK MANAGEMENT IN THE BUILDING COMPANY

The activity of every building company is subject on the additional operating-consequential risk from oddities of the builder's process, which are relative to accepted solutions technological-organizational and the manner of the control and the management with each components of this process. For the purpose of the rationalization of the management in these firms one began the respect to consider and to use proper techniques to the management with projects, whose an element is the management a risk. It relies on the usage of well ordered methods of the identification, the measurement of risks and on the elaboration and the management with suitable permissive solutions on the reduction negative and the strengthening of affirmative results of their pronouncement. The collection of all connected risks with the realization of the given project called the project-risk. On purpose of the paper is the proof of the argument that enlarging of the range outsourcing of builder's services causes the diminution of the project- risk of realized builder's contracts.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

rzeczoznawca przeciwpożarowy,
prezentysta-przedstawiciel Państwowej Straży Pożarnej,
uczestnicy procesu inwestycyjnego w ochronie,
przeciwpożarowej obiektów budowlanych

Elżbieta ZIELIŃSKA-KAŁA*

BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE W REALIZACJI PROCESU INWESTYCYJNEGO

Artykuł poświęcony jest zagadnieniom ochrony przeciwpożarowej występującym w procesie inwestycyjnym i użytkowaniu obiektów budowlanych. Przedstawiony został stan obecny współpracy rzeczoznawców przeciwpożarowych z uczestnikami procesu inwestycyjnego i jego negatywne konsekwencje. Zaproponowano schemat organizacyjny prawidłowego współdziałania wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego z rzeczoznawcami przeciwpożarowymi, omówiono przedmiot i zakres ich współpracy oraz możliwą do uzyskania poprawę istniejącego stanu.

1. WPROWADZENIE

Do czego sprowadza się optymalizacja procesu inwestycyjnego? Cel, jaki przyświeca każdemu inwestorowi planującemu nowe zadanie inwestycyjne bądź modernizację zużytego obiektu jest jeden: osiągnięcie optymalnych warunków użytkowych w doskonałej formie architektonicznej z równoczesnym zapewnieniem bezpieczeństwa użytkowania obiektu przy minimalnym wydatku finansowym. Polskie prawo budowlane zapewnia inwestorowi powyższe w Art. 5 [1].

Jednym z głównych elementów warunkującym osiągnięcie celu jest poprawne zaplanowanie, zaprojektowanie, zrealizowanie systemu bezpieczeństwa przeciwpożarowego zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa w Polsce ([1], [2], [3]) oraz rozsądkiem chroniącym interes inwestora. Doświadczenie wynikające ze zdarzeń losowych (pożary, katastrofy budowlane) ostatnich lat, a także świadomość ilości niepowodzeń w ocenie stopnia bezpieczeństwa przeciwpożarowego już zrealizowanych obiektów oraz dodatkowych wydatków ponoszonych przez inwestora w celu otrzymania pozytywnej opinii Państwowej Straży Pożarnej (PSP), nakazują zwrócić

* Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych, Zakład Technologii Materiałów i Produkcji Budowlanej, Gliwice, ul. Akademicka 5

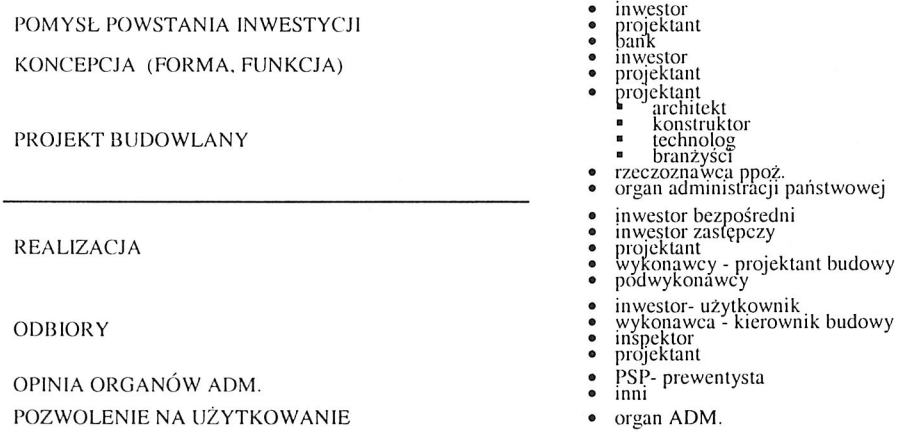
szczególną uwagę wszystkim uczestnikom procesu inwestycyjnego na znaczenie bezpieczeństwa przeciwpożarowego obiektu we wszystkich fazach jego realizacji, a także rolę, jaką winni pełnić w procesie inwestycyjnym rzeczoznawcy do spraw przeciwpożarowych i prewentyści z PSP.

Autor artykułu analizując obecne standardy realizacji procesu inwestycyjnego proponuje zasadnicze zmiany mające na celu optymalizację procesu. Należy równocześnie zaznaczyć, że sytuacja opisana w artykule stanowi o większości realizowanych inwestycji, uznając równocześnie fakt inwestycji prowadzonych wzorcowo wg schematu proponowanego przez autora.

2. PROCES INWESTYCYJNY, JEGO UCZESTNICY, ICH PRAWA I OBOWIĄZKI W ODNIESIENIU DO OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ OBIEKTÓW – STAN OBECNY

Zgodnie z obowiązującymi przepisami dotyczącymi projektowania, realizacji i użytkowania obiektów budowlanych [1], [2], [3] przedstawiono schemat kolejnych etapów procesu inwestycyjnego (schemat 1). Zastanówmy się, wykorzystując zdobyte doświadczenia przy projektowaniu, realizacji i uzyskiwaniu pozwoleń na użytkowanie obiektów budowlanych, w którym miejscu przedstawionego schematu spotykamy się z określeniami: **„bezpieczeństwo pożarowe"**, **„ochrona przeciwpożarowa"**, **„rzeczoznawca ds. przeciwpożarowych"**, **„Państwowa Straż Pożarna"**.

Należy pamiętać, że nie zawsze mamy do czynienia z obiektami nowopowstającymi, często są to obiekty remontowane, modernizowane, przebudowywane ze zmianą funkcji użytkowych.



Schemat 1. Etap realizacji inwestycji

Projektant-uczestnik procesu inwestycyjnego odpowiedzialny jest za wykonanie pełnej dokumentacji projektowej w fazie projektu budowlanego i uzyskanie pozwolenia na budowę za upoważnieniem **inwestora-uczestnika procesu inwestycyjnego**. Na życzenie **klienta-inwestora** przygotowuje on koncepcję programowo-przestrzenną, dbając o spełnienie odpowiedniej formy i funkcji projektowanego obiektu. Uzgadnia i współpracuje na tym etapie z architektami, konstruktorami, technologami, branżystami. Projekt budowlany projektant dołącza do wniosku o wydanie pozwolenia na budowę i kieruje do właściwego dla danej inwestycji organu samorządowego. Mówiąc o branżystach mamy na myśli m.in. rzeczoznawcę ds. przeciwpożarowych. Po uzyskaniu pozwolenia na budowę rozpoczyna się faza realizacji inwestycji. Może być ona poprzedzona opracowaniem kompletnego projektu wykonawczego uściślającego rozwiązania z projektu budowlanego. Drugim modelem działania jest rozpoczęcie wykonywania robót z równoczesnym uściślaniem przez projektanta rozwiązań ujętych w procesie budowlanym dostosowując je do wymagań wykonawcy (tworząc projekt wykonawczy). W trakcie realizacji następują odbiory częściowe zakończonych etapów inwestycji i w fazie końcowej – odbiór końcowy inwestycji. Umożliwia to inwestorowi zawiadomienie wg [1] Art. 56 właściwych organów administracyjnych, wśród nich PSP o zakończeniu budowy obiektu budowlanego i zamiarze przystąpienia do jego użytkowania. Ostatnim etapem przed rozpoczęciem użytkowania obiektu jest uzyskanie decyzji o pozwoleniu na użytkowanie, wydanej przez właściwy organ administracyjny.

Często wizyta przedstawicieli PSP oceniających zgodność wykonania obiektu budowlanego z projektem budowlanym [1], a także poprawność przyjętych rozwiązań przez rzeczoznawcę na etapie projektu budowlanego w zakresie zabezpieczeń przeciwpożarowych [3], uświadamia wszystkim uczestnikom procesu inwestycyjnego skalę poprawności przyjętych i wykonanych systemów przeciwpożarowych. Ilość negatywnych opinii, wprowadzonych odstępstw, wykonywanych zmian i uzupełnień, a w ślad za tym idących olbrzymich wydatków jest ogromna.

Z własnego doświadczenia zdobytego podczas: wieloletniej współpracy z rzeczoznawcami ppoż. i uczestnikami procesu inwestycyjnego, osobistego uczestniczenia w realizacji inwestycji, zbierania danych z zakresu ochrony przeciwpożarowej, czynnej działalności w strukturach Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa (**SITP**) wynika, że tylko **20% realizowanych obiektów otrzymuje** (bez uwag) **dopuszczenie do użytkowania przez PSP.** A koszt wprowadzonych dodatkowych zabezpieczeń warunkujących dopuszczenie do użytkowania, a nie przewidzianych w fazie planowania kosztów inwestycji **często przekracza 10% nakładów ogółem.** Świadczy to o skali problemu i bezwzględnej konieczności zmiany podejścia do tematyki bezpieczeństwa przeciwpożarowego obiektów we wszystkich fazach i na wszystkich etapach procesu inwestycyjnego z równoczesną koniecznością podniesienia poziomu wykształcenia w tym zakresie u wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego, w szczególności: projektanta, inspektora nadzoru, kierownika budowy, rzeczoznawcy ppoż.

Powróćmy do podstawowych przyczyn powodujących powstałe nieprawidłowości najczęściej zauważane przez przedstawicieli PSP:

- Brak uczestnictwa rzeczoznawcy ppoż. z odpowiednimi przygotowaniami zawodowymi w kolejnych fazach procesu inwestycyjnego: pomysłu i koncepcji, projektu wykonawczego, realizacji inwestycji, projektu aranżacji wnętrz i wyposażenia, w wprowadzaniu zmian funkcjonalnych, w procedurze odbiorów częściowych i odbioru końcowego.
- Ograniczony budżet finansowy inwestora skłaniający do przyjmowania rozwiązań zastępczych.
- Niewłaściwy dobór przez projektantów, konsultantów, technologów rozwiązań projektowych.
- Zmiana funkcji przez użytkownika w trakcie realizacji.
- Niewłaściwy, niezgodny z przepisami przeciwpożarowymi dobór przez projektantów materiałów wykończeniowych, instalacyjnych.
- Niespójność wymagań architektoniczno-konstrukcyjno-technologicznych z wymaganiami przeciwpożarowymi.
- Niewłaściwy dobór przez wykonawcę urządzeń do zabezpieczeń ppoż.
- Wprowadzenie indywidualnych urządzeń technicznych zakłócających prace centralnych systemów przeciwpożarowych przez indywidualnych użytkowników części obiektu.
- Brak uzgodnień w zakresie współdziałania systemów ochrony przeciwpożarowej z przygotowaniami do akcji gaszenia pożaru przez PSP.
- Zbyt późne pojawienie się w procesie realizacji inwestycji ubezpieczyciela narzucającego odmienne, często bardzo wymagające warunki zabezpieczeń ppoż. obiektu.

Wymienione powyżej nieprawidłowości wymagają skutecznych zmian zarówno w procesie inwestycyjnym jak i w poziomie kształcenia jego uczestników, a także należy rozważyć konieczność zmian w przepisach zarówno prawa budowlanego, jak i w przepisach dotyczących ochrony przeciwpożarowej obiektów budowlanych.

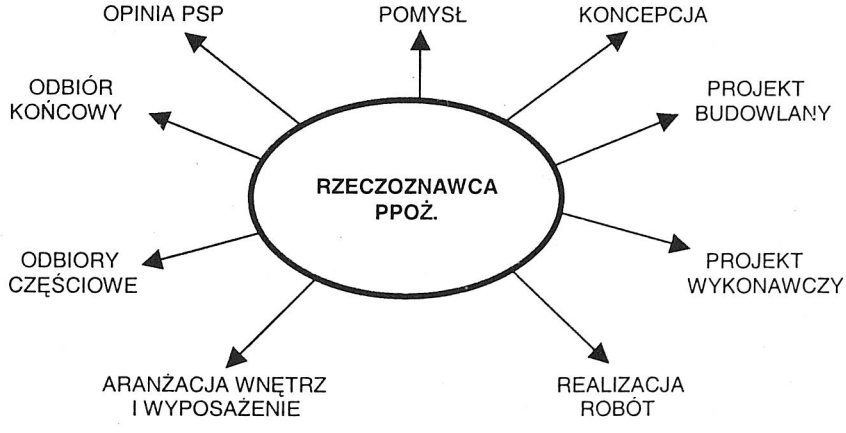
3. PROCES INWESTYCYJNY Z PROPONOWANYMI ZMIANAMI W ZAKRESIE OCHRONY PRZECIWPOŻARPOWEJ

Analizując nieprawidłowości opisane w poprzednim rozdziale autor artykułu proponuje przyjęcie schematu organizacyjnego procesu inwestycyjnego uzupełnionego o funkcje **rzeczoznawcy ds. ppoż.** (wg [3]) **i prewentysty-przedstawiciela PSP.**

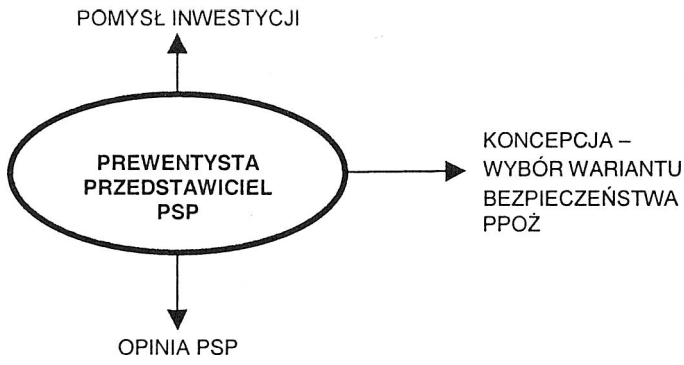
POMYSŁ INWESTYCJI	• bank • inwestor • użytkownik • projektant • ubezpieczyciel • rzeczoznawca ppoż. • prewentysta- przedstawiciel PSP
KONCEPCJA (FORMA, KONSTRUKCJA, TECHNOLOGIA, WYBÓR WARIANTÓW BEZPIECZEŃSTWA PPOŻ.)	• projektant • inwestor • użytkownik • bank • ubezpieczyciel • rzeczoznawca ppoż.
PROJEKT BUDOWLANY	• projektant ▪ architekt ▪ konstruktor ▪ technolog ▪ branżyści • inwestor • rzeczoznawca ppoż.
PROJEKT WYKONAWCZY	• projektanci wszystkich branż • rzeczoznawcy ppoż. branżowi
REALIZACJA ODBIORY CZĘŚCIOWE ODBIÓR KOŃCOWY	• Inwestor • projektant • wykonawca • rzeczoznawca ppoż.
OPINIA WŁAŚCIWYCH ORGANÓW ADMINISTRACYJNYCH W SPRAWIE ZGODNOŚCI WYKONANIA OBIEKTU Z PROJEKTEM BUDOWLANYM	• inwestor • projektant • inspektor nadzoru inwestorskiego • kierownik budowy • Państwowa Straż Pożarna- prewencja
DECYZJA W SPRAWIE UŻYTKOWANIA OBIEKTU BUDOWLANEGO	• właściwy organ administracyjny • inwestor

Schemat 2. Schemat organizacji procesu inwestycyjnego z proponowanymi przez autora zmianami

Przyglądając się powyższemu schematowi dochodzimy do wniosku, że udział rzeczoznawcy ds. przeciwpożarowych i prewentysty powinien przewijać się we wszystkich etapach realizacji procesu inwestycyjnego, co zobrazowano poniżej (schemat 3, schemat 4).



Schemat 3. Rzeczoznawca ppoż. w procesie inwestycyjnym



Schemat 4. Prewentysta-przedstawiciel PSP w procesie inwestycyjny

Zaproszenie rzeczoznawcy ppoż., prewentysty-przedstawiciela PSP, ubezpieczyciela, przedstawiciela banku w początkowych fazach projektu inwestycyjnego, jakimi są pomysł na inwestycję i koncepcja inwestycji, pozwala projektantowi i inwestorowi na w miarę precyzyjne i dokładne określenie kosztów przedsięwzięcia inwestycyjnego z uwzględnieniem wymagań bezpieczeństwa pożarowego, wymagań ubezpieczycieli oraz banków gwarantujących i finansujących przyszłą inwestycję. Obecność przedstawiciela PSP na tym etapie narzuca projektantowi- urbaniście optymalne rozlokowanie budowli na działce, dopasowując układ drogowy i sieciowy do wymagań akcji gaszenia pożaru przez PSP.

Klasyfikując inwestycje wg sposobu ich zagospodarowania i użytkowania możemy podzielić je na dwie grupy:

1) inwestycje o z góry określanym sposobie użytkowania i funkcji. Do nich zaliczamy: szpitale, hotele, banki, szkoły, biblioteki, obiekty sportowe, inwestycje przemysłowe, itp.,
2) biurowce z przestrzeniami „open space", centra handlowe realizowane pod wynajem dowolnym użytkownikom, centra rozrywkowe z możliwością zmiany funkcji.

Szczególnie w drugiej grupie obiektów niezmiennie ważnym elementem zapewniającym równoczesne warunki bezpieczeństwa przeciwpożarowego oraz swobodę kształtowania zagospodarowania obiektów przez nieznanych (w fazie projektowania) użytkowników jest stałe uczestniczenie w przygotowaniu i realizacji inwestycji, a następnie w zagospodarowaniu przestrzeni odpowiedzialnych rzeczoznawców, branżystów ppoż. Pozwala to uniknąć ponoszenia dodatkowych kosztów na przebudowę przyjętych wcześniej rozwiązań, a co najważniejsze pozwala uniknąć zaburzenia w pracy zaprojektowanych wcześniej systemów ppoż. i ewakuacji ludzi. Chroni to użytkownika przed naruszeniem warunków udzielonego pozwolenia na użytkowanie oraz negatywnymi wynikami podczas rutynowych kontroli PSP w trakcie użytkowania obiektu.

Szybki rozwój technologii i materiałów budowlanych, a także powstawanie nowej generacji urządzeń, komputerowego sterowania i zarządzania nie zawsze jest w zgodzie z przepisami pożarowymi.

Wymaga to ze strony rzeczoznawcy ppoż. i prewentysty-reprezentanta PSP stosowania uzasadnionych odstępstw od obowiązujących prawem przepisów [3].

Naturalną rzeczą jest dążenie wykonawcy robót do minimalizacji kosztów poprzez stosowanie materiałów i rozwiązań zastępczych, zamianę technologii wykonywania robót, wprowadzanie zmian aranżacyjnych w trakcie realizacji. Rolą rzeczoznawcy ppoż. jest kwalifikowanie poprawności rozwiązań zastępczych oraz ocena równorzędności stosowanych zamienników i dopuszczenie ich do zastosowania.

4. WNIOSKI

1. Rzeczoznawca ppoż. w każdym etapie procesu inwestycyjnego; prezentysta-uczestnik tworzenia pomysłu i koncepcji inwestycji.
2. Uwzględnienie wymagań ubezpieczyciela w systemie bezpieczeństwa ppoż.
3. Precyzyjne określenie funkcji i przedmiotów inwestycji.
4. Podniesienie poziomu wykształcenia w zakresie ochrony ppoż. w budownictwie u wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego.
5. Optymalizacja przy wyborze wariantu systemu bezpieczeństwa ppoż.
6. Uzgodnienie rozwiązań bezpieczeństwa pożarowego obiektu z PSP,
7. Uwzględnienie w planowanej wartości zadania inwestycyjnego wszystkich kosztów związanych z bezpieczeństwem ppoż. obiektów.

Reasumując powyższe wnioski należy poddać rozwadze ewentualne wprowadzenie zmian ustawowych głównie w zakresie roli rzeczoznawcy przeciwpożarowego w procesie inwestycyjnym oraz określenie ustawowe zakresu i stopnia szczegółowości projektu wykonawczego.

Powyższe wnioski i propozycje z uwagi na swoją wagę wymagają przedyskutowania w gronie specjalistów z zakresu:

- procesu inwestycyjnego,
- prewencji przeciwpożarowej,
- rzeczoznawstwa przeciwpożarowego,
- ubezpieczeń majątkowych,
- bankowości inwestycyjnej.

Pozwoli to na zajęcie stanowiska przez wszystkich uczestników realizowanych inwestycji, których udział w procesie inwestycyjnym ma zasadniczy wpływ na jego efektywność użytkową, architektoniczną i finansową, a także bezpieczeństwo pożarowe obiektu budowlanego.

LITERATURA

[1] Prawo budowlane, 6. wydanie 2006 r.
[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12.04.2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z obowiązującymi zmianami.
[3] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dn. 16. czerwca 2003 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej.
[4] Ochrona Przeciwpożarowa, czasopismo Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa.

THE FIRE – SAFETY FOR INVESTMENT PROCESS REALIZATION

In the paper the fire – safety problems for investment process realization and building object utilization were presented. The present status of fire – safety experts and investment process participants cooperation with negative consequences were presented. The organization chart of correctly cooperation the all investment process participants with fire – safety experts and the range of cooperation and obtainable improvement of actual status was also proposed.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

ocena inwestycji budowlanej, ocena rozmyta, planowanie, podejmowanie decyzji.

Krzysztof ZIMA*

OCENA INWESTYCJI BUDOWLANEJ Z WYKORZYSTANIEM INFORMACJI NIEDOKŁADNYCH

Artykuł przedstawia model matematyczny oceny inwestycji budowlanej. Kryteria opisujące inwestycję budowlaną często są nieprecyzyjne (rozmyte), zwłaszcza w fazie planowania lub przygotowania takiej inwestycji. Przykładowo, oceniając standard wykończenia obiektu budowlanego powiemy, że jest wysoki, średni lub niski. Planując czas realizacji inwestycji można określić go z pewnym przybliżeniem. Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych pozwala dokładniej opisać kryteria oceny inwestycji. Autor przedstawia także krótki przykład obliczeniowy, którego celem jest hierarchizacja wariantów rozwiązań planowanej inwestycji budowlanej. Skonstruowanie hierarchii ocenianych wariantów, pomoże decydentowi wybrać wariant planowanej inwestycji. W tym celu dokonano „wyostrzenia" (defuzyfikacji) analizowanych wariantów rozwiązań metodą środka ciężkości.

1. WPROWADZENIE

Ocena przedsięwzięć inwestycyjnych ze względu na ich złożoność jest szczególnie trudna. Analizując inwestycję budowlaną, w fazie planowania i jej przygotowania, zdarza się, że wartości dla niektórych zmiennych mają charakter przybliżony, subiektywny. W celu oceny wartości przybliżonych (nieostrych), wykorzystywane są metody bazujące na teorii zbiorów rozmytych.

W rzeczywistości eksperci często opisują zjawiska w sposób bardzo niedokładny. Wyraża się to w takich stwierdzeniach jak np. „znacznie", „dobry", „większość" itp. Przykładowo, opisując lokalizację inwestycji ekspert może powiedzieć, że: *Lokalizacja jest* ***dobra*** lub porównując inwestycje: *Standard wykończenia inwestycji A jest* ***znacznie*** *wyższy niż inwestycji B.* Częściowo wynika to z faktu, że eksperci, aby nie pomylić się wolą dawać rady wyłącznie na jakościowym poziomie i przy tym bardzo często nieprecyzyjne.

Takie określenia są jednak bardzo trudne do zdefiniowania. Ich nieprecyzyjność jest przyczyną utrudniającą wystarczająco dokładne określenie wartości poszczegól-

* Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

nych kryteriów oceny. Problem polega na szczegółowym ustaleniu, co to właściwie znaczy „lokalizacja jest dobra" czy „znacznie wyższy standard" dla danego eksperta. Taki rodzaj braku precyzji nazywany jest „rozmyciem".

Celem artykułu jest zaprezentowanie metody oceny inwestycji budowlanej, wykorzystującej przedziały rozmyte. Metoda ta może być pomocna w procesie podejmowania decyzji dotyczących wyboru najlepszego wariantu rozwiązania planowanej, np. przez deweloperów, inwestycji budowlanej.

2. OCENA ROZMYTA INWESTYCJI BUDOWLANEJ

Powstanie interesującej i dziś bardzo szybko rozwijanej dziedziny matematyki – teorii zbiorów rozmytych – zawdzięczamy Lotfi A. Zadehowi [6], który wprowadził podstawowe pojęcia tej teorii. Za rok jej narodzin należy przyjąć rok 1964, w którym Lotfi Zadeh zdefiniował pojęcie zbioru rozmytego. Pojęcie zbioru rozmytego jest uogólnieniem pojęcia zbioru ostrego, polegającym na dopuszczeniu, aby funkcja charakterystyczna (przynależności) zbioru przyjmowała obok stanów krańcowych „0" oraz „1" również wartości pośrednie. Umożliwia to odejście od binarnego widzenia świata. W przeciwieństwie do zbiorów ostrych, stanowiących jedynie pewne przybliżenie zjawisk rzeczywistego świata, zbiory rozmyte modelują owe zjawiska wierniej i dokładniej.

Tak jak już zostało wspomniane wcześniej, kryteria oceny inwestycji są opisywane często w sposób niedokładny. Zwłaszcza, jeśli inwestycja znajduje się w fazie koncepcji lub planowania. Część kryteriów opisujących inwestycję nawet we wczesnej fazie inwestycji budowlanej można jednak wyznaczyć dokładnie (ostro). Powstaje więc pytanie: jak ocenić planowaną inwestycję budowlaną korzystając z informacji zarówno ostrych, jak i rozmytych?

Ocena przedsięwzięć inwestycyjnych ze względu na ich złożoność jest szczególnie trudna. Trudność tego zagadnienia polega na określeniu cech inwestycji budowlanej, ocenianych ilościowo lub jakościowo, dokładne lub niedokładne, podczas gdy ostateczny wybór wariantu planowanej inwestycji powinien być dokonany na podstawie oceny ilościowej. Decydent powinien dostać jasną odpowiedź, które warianty rozwiązania są efektywne z punktu widzenia wielu kryteriów. Celem analizy powinna więc być hierarchizacja planowanych przez inwestora wariantów rozwiązań od najlepszego do najgorszego.

Poszczególne kryteria różnią się od siebie wielkością wpływu na ocenę globalną. Opisane wcześniej metody ustalania ważności poszczególnych kryteriów prowadzą do wniosku, że otrzymane wartości również mogą być nieostre (rozmyte). Tak więc, do wyznaczenia oceny globalnej inwestycji można zastosować metodę proponowaną przez S.M. Baasa i H. Kwakernaka [1], bazującą na ocenie rozmytej, zarówno do cech opisujących przedmiot analizy, jak i do ważności kryteriów. Zgodnie z tą metodą trzeba wyznaczyć wartość kryterium zastępczego ze wzoru:

$$\tilde{Z} = \sum_{i=1}^{m} (\tilde{v}_i * \tilde{K}_i(X)) \rightarrow MAX \qquad (1)$$

gdzie:

$\tilde{Z}$ – kryterium zastępcze,

$\tilde{v}_i$ – rozmyta ważność (waga) kryterium i-tego,

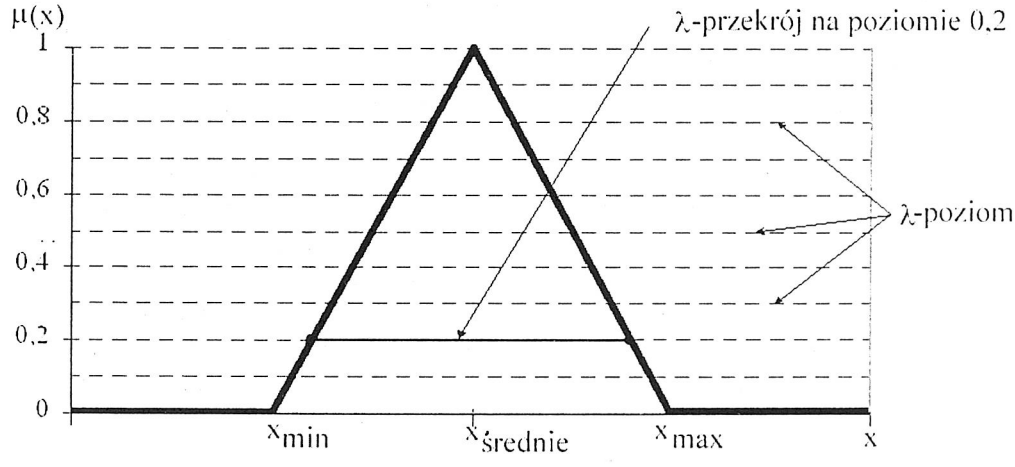
$\tilde{K}_i$ – rozmyta ocena kryterium i-tego,

X – wariant rozwiązania,

m – ilość kryteriów oceny inwestycji.

Zmodyfikowana metoda S.M. Baasa i H. Kwakernaka wykorzystana zostanie przy doborze optymalnego wariantu rozwiązania dla planowanej inwestycji.

Zarówno wagi, jak i oceny poszczególnych kryteriów, w przypadku gdy są one rozmyte można zamodelować np. za pomocą trójkątnych funkcji przynależności $\mu(K_i)$ – rys. 1.



Rys. 1. Trójkątna funkcja przynależności i jej dekompozycja na α-przekroje
Fig. 1. Triangular membership function and it's decomposition on α-section

Wartości punktów charakterystycznych x_{min}, $x_{średnie}$, x_{max} dla określenia ważności kryteriów określa np. grono ekspertów, a wartości punktów charakterystycznych dla oceny wariantów rozwiązań względem poszczególnych kryteriów określa decydent.

Przy założeniu, że wartości ocen rozwiązań oraz ważności kryteriów są znormalizowane i określone w przedziale [0, 1], wartość kryterium zastępczego dla każdego wariantu rozwiązania jest liczbą rozmytą. Można ją opisać za pomocą funkcji przynależności zgodnie ze wzorem:

$$\mu_{Zk}(Zk) = \frac{\sum_{i=1}^{m} (\mu_{V_i}(v_i) \cdot \mu_{K_i}(K_i))}{\sum_{i=1}^{m} \mu_{V_i}(v_i)}, \tag{2}$$

co zgodnie z ogólnymi zasadami działań na liczbach rozmytych prowadzi do zależności:

$$\mu_{Zk}(Zk) = \sup \min[\min_{i=1,\ldots,m} \mu_{V_i}(v_i), \min_{i=1,\ldots,m} \mu_{K_i}(K_i)] \tag{3}$$

$$Z_k = \frac{\sum_{i=1}^{m} (v_i \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^{m} v_i}$$

gdzie:

$\mu(v_i)$ – funkcja przynależności ważności kryteriów;

$\mu(K_i)$ – funkcja przynależności oceny wariantu rozwiązania wg i-tego kryterium.

Skorzystanie bezpośrednio z zależności (3) nie jest proste, stąd korzysta się z uproszczonych metod działań na liczbach rozmytych, wykorzystujących α-przekroje zbiorów rozmytych (rys. 1).

W przypadku, gdy tylko część kryteriów jest rozmyta, a pozostałe są ostre można obliczyć wartość rozmytą kryterium zastępczego i „wyostrzyć" ocenę globalną inwestycji, czyli przekształcić wynikowy zbiór rozmyty na zbiór liczb rzeczywistych i dodać do wartości uzyskanej z wielokryterialnej analizy porównawczej kryteriów ostrych.

Drugim sposobem jest zapisanie ocen ostrych w postaci tzw. singletonów. Singleton jest to wartość ostra v_i, której przypisuje się zbiór rozmyty o stopniu przynależności 1 dla v_i i 0 dla pozostałych elementów. W tym przypadku wyliczając wartość oceny globalnej dla kolejnych wariantów inwestycji stosuje się algorytm obliczeniowy zgodny z metodą Baasa–Kwakernaka, korzystając ze wzoru (1).

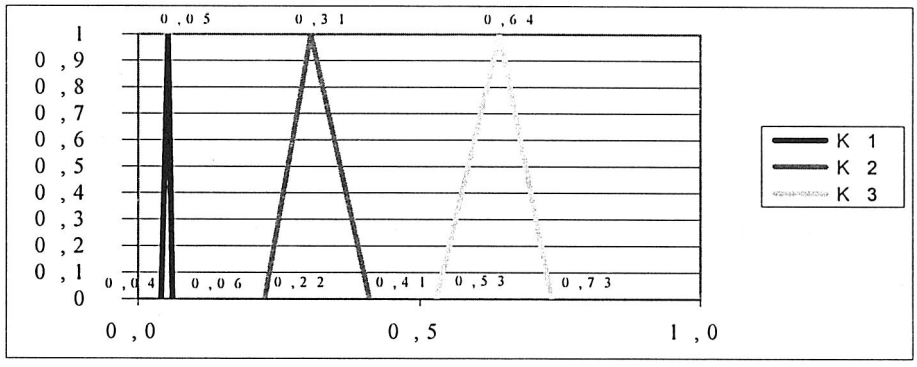
3. PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

Przeanalizujmy przykładowo zbiór dwóch wariantów planowanej inwestycji deweloperskiej $A=\{A_1; A_2\}$.

Dokonany zostanie wybór wariantu optymalnego przy pomocy zbioru kryteriów $K(A) = \{K_1, K_2, K_3\}$, gdzie:

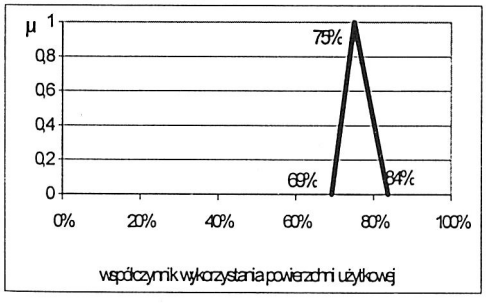
- kryterium K_1 – tempo realizacji inwestycji (czas realizacji/kubatura),
- kryterium K_2 – współczynnik wykorzystania powierzchni użytkowej (pow. użytkowa mieszkań/pow. użytkowa budynku),
- kryterium K_3 – koszt wykonania m^2 powierzchni użytkowej budynku.

Dla przykładu została wyznaczona ważność kryteriów K_1, K_2 i K_3 – wykres 1.

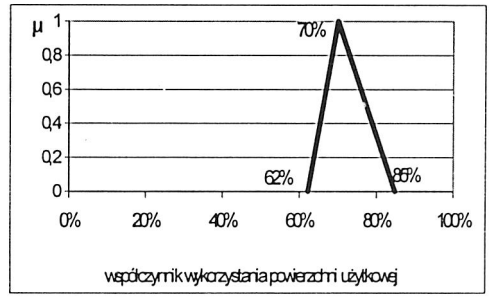


Wykres 1. Oceny rozmyte ważności kryteriów
Graph 1. Fuzzy appraisal of importance criterion

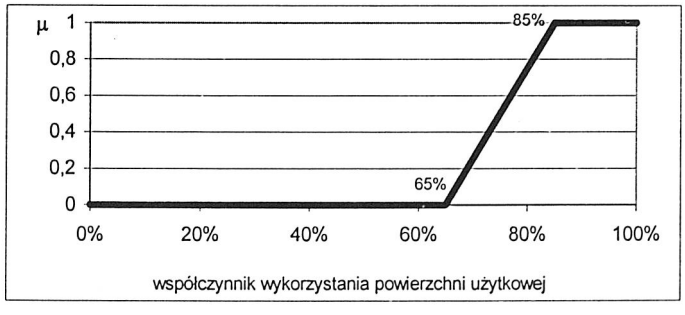
Oceny rozmyte wariantów rozwiązań A_1 i A_2 dla wybranego kryterium pokazują wykresy 2a i 2b.



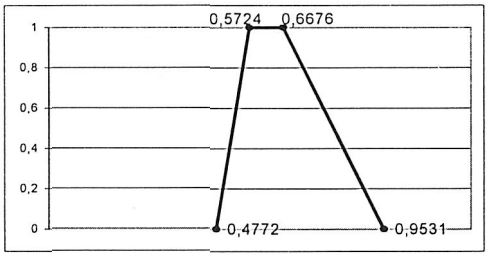
Wykres 2a. Ocena wariantu A_1 wg kryterium K_2
Graph 2a. Variant A_1 estimation by K_2



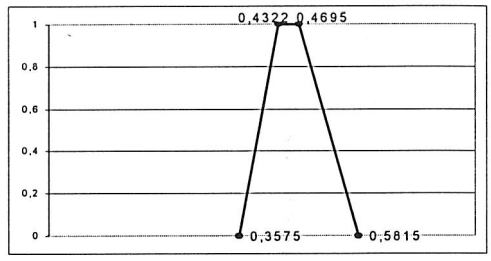
Wykres 2b. Ocena wariantu A_2 wg kryterium K_2
Graph 2b. Variant A_2 estimation by K_2



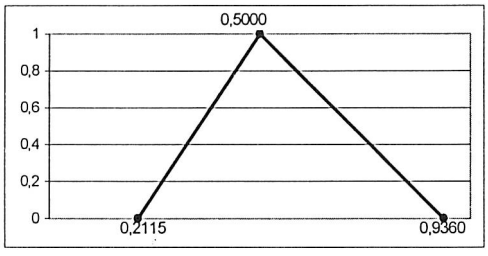
Wykres 3. Funkcja wartości kryterium K_2 pożądanych przez decydenta
Graph 3. Value function of eligible criterion K_2



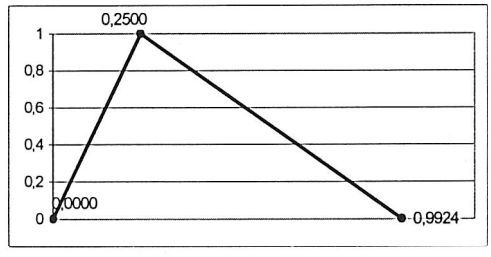
Wykres 4a. Unormowana ocena rozmyta wariantu A_1 względem kryterium K_1
Graph 4a. Normalized fuzzy estimation of variant A_1 by K_1



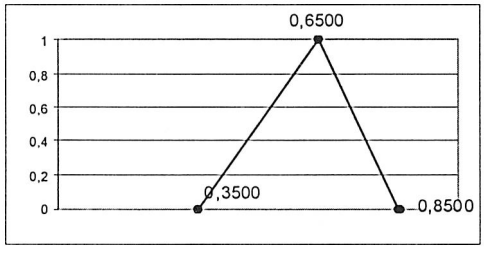
Wykres 4b. Unormowana ocena rozmyta wariantu A_2 względem kryterium K_1
Graph 4b. Normalized fuzzy estimation of variant A_2 by K_1



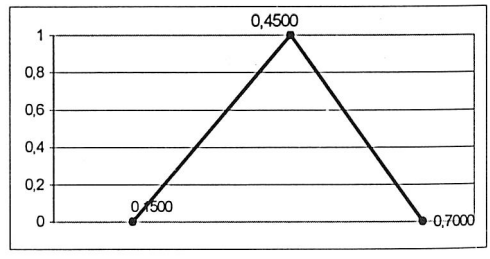
Wykres 5a. Unormowana ocena rozmyta wariantu A_1 względem kryterium K_2
Graph 5a. Normalized fuzzy estimation of variant A_1 by K_2



Wykres 5a. Unormowana ocena rozmyta wariantu A_1 względem kryterium K_2
Graph 5a. Normalized fuzzy estimation of variant A_1 by K_2



Wykres 6a. Unormowana ocena rozmyta wariantu A_1 względem kryterium K_3
Graph 6a. Normalized fuzzy estimation of variant A_1 by K_3



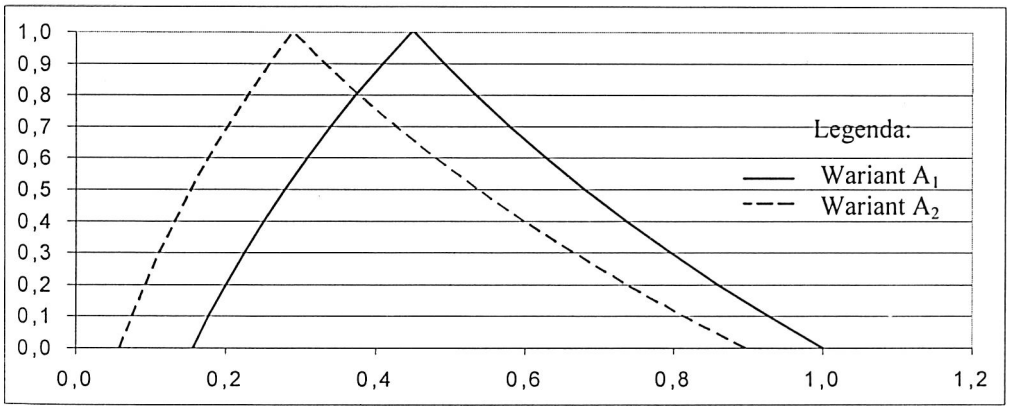
Wykres 6b. Unormowana ocena rozmyta wariantu A_2 względem kryterium K_3
Graph 6b. Normalized fuzzy estimation of variant A_2 by K_3

Dla każdego kryterium zostały określone wartości pożądane przez decydenta (dla kryterium K_2 pokazuje je wykres 3) i na tej podstawie zostały wyznaczone oceny rozmyte kryteriów dla poszczególnych wariantów rozwiązań (wykresy 4, 5, 6). Wyznaczenie wartości oceny wariantów rozwiązań dokonano przekształcając rozmyte oceny

wariantów rozwiązań dla poszczególnych kryteriów względem odpowiadających im funkcji wartości pożądanych przez decydenta.

Postać funkcji przynależności kryteriów zastępczych dla wariantów rozwiązań A_1 i A_2 wyznaczamy obliczając wartości graniczne α-przekrojów. Obliczenia zostały wykonane dla jedenastu α-przekrojów.

Korzystając z uproszczonych metod działań na liczbach rozmytych wynikających z (3), wykorzystując jedenaście α-przekrojów, wyznaczono funkcję przynależności kryterium zastępczego dla wariantów A_1 i A_2 (wykres 7). Na podstawie otrzymanych wykresów funkcji można stwierdzić, że lepszym rozwiązaniem prawdopodobnie będzie wariant A_1. Celem analizy jest hierarchizacja rozwiązań od najlepszego do najgorszego. Ponadto decydent będzie wymagał precyzyjnej informacji dotyczącej oceny analizowanych wariantów rozwiązań planowanej inwestycji.



Wykres 7. Otrzymane wartości kryterium zastępczego dla analizowanych wariantów rozwiązań
Graph 7. Received value of replacement criterion for analyzed solution variants.

Tabela 1. Ocena wariantów rozwiązań po „wyostrzeniu"
Table 1. Solution variants estimation after defuzzyfication

Wariant rozwiązania	Ocena względem kryterium zastępczego	Unormowana ocena względem kryterium zastępczego
A_1	0,5128	1,00
A_2	0,3915	0,76

W tym celu dokonano „wyostrzenia" (defuzyfikacji) analizowanych wariantów ze zbioru A metodą środka ciężkości. Metoda ta polega na wyznaczeniu środka ciężkości pola pod wykresem funkcji przynależności. Jeżeli wyznaczyć położenie środka ciężkości i wartość siły ciężkości dla wszystkich pól składowych P_1, P_2, ..., P_{10} całego pola pod wykresem funkcji, to możliwe jest wyznaczenie wypadkowego położenia środka ciężkości korzystając z równania momentów sił ciężkości pól. Pola P_1, P_2, ...,

P_{10} są trapezami wyznaczonymi przez linie wykresu wartości kryterium zastępczego dla poszczególnych rozwiązań oraz kolejne α-przekroje. Wynik defuzyfikacji dla wariantów A_1 i A_2 został zamieszczony w tabeli 1.

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że lepszym rozwiązaniem jest oczywiście wariant A_1, co można zauważyć również na wykresie 7. Jednak ocena zawarta w tabeli 1 jest dokładniejsza (w porównaniu do wykresu funkcji przynależności) oraz pozwala w łatwy sposób dokonać hierarchizacji rozwiązań.

4. WNIOSKI

Proponowany model wspomagania decyzji inwestycyjnej pozwoli inwestorowi ocenić i porównać warianty realizacji inwestycji oraz uprościć schematy podejmowania decyzji, czyniąc ją zarazem właściwszą w sensie opłacalności inwestycji i wyboru rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych.

Ocena planowanej inwestycji jest związana z wykorzystaniem informacji subiektywnych oraz niepewnych. Wykorzystanie teorii zbiorów rozmytych do optymalizacji wielokryterialnej sformalizuje kryteria wyboru rozwiązania. Skonstruowanie hierarchii ocenianych wariantów, pomoże decydentowi wybrać wariant planowanej inwestycji.

LITERATURA

[1] BAAS S.M., KWAKERNAAK H., *Rating and Raking of Multiple-Aspects Alternatives Using Fuzzy Sets*, Automatica, 1977, Vol. 13, p. 47–58.

[2] KACPRZYK J., *Zbiory rozmyte w analizie systemowej*, PWN, Warszawa 1986.

[3] NIKIEL G., *Optymalizacja wielokryterialna w projektowaniu procesów wytwarzania – wybrane zagadnienia*, Raport z badań własnych, Bielsko-Biała 2004 r.

[4] STARZYK E., KOŁTON A., *Ocena jakości obiektów budowlanych w kategoriach zbiorów rozmytych*, Konferencja naukowa „Działalność budowlana w warunkach gospodarki rynkowej", Janowice, 8–10.12.1993 r.

[5] SZWABOWSKI J., DESZCZ J., *Metody wielokryterialnej analizy porównawczej*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.

[6] ZADEH L.A., *Fuzzy Sets*, Information and Control, 1965, Vol. 8, p. 338–353.

ESTIMATE BUILDING INVESTMENT WITH APPROXIMATE INFORMATION USE

Article presents mathematical model of estimate building investment. Criterion, which describe building investment often are imprecise (fuzzy), especially in predevelopment or development phase that investment. For exemple, estimate finishing standard of buildnig, we can say – high, average or low. Time of investment we can define with approximation. Fuzzy set theory allow precisely described estimation criterion. Author presents short calculate also, which aim was hierarchization of planning variants of investment solution. Hierarchy of solution can help choose variant of building investment. To achieve this aim defuzzyfication of analizing solution by center of gravity method was accomplished.

IV. UTRZYMANIE I UŻYTKOWANIE OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

obiekt budowlany,
eksploatacja, niezawodność,
łańcuchy Markowa

Robert BUCOŃ*
Anna SOBOTKA**

NIEZAWODNOŚĆ EKSPLOATACYJNA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Właściwe zarządzanie nieruchomościami budynkowymi w technicznym aspekcie tego zagadnienia wiąże się z określaniem niezawodności obiektów budowlanych. Wyzwanie, jakie stanowi określanie niezawodności, zmusza badaczy do poszukiwania wciąż nowych metod, które w prosty i skuteczny sposób pozwoliłyby na jej wyznaczanie. Próby, jakie podjęto w związku z tym zaowocowały licznymi badaniami a zastosowana przez autorów w artykule metoda wykorzystująca łańcuchy Markowa do prognozowania eksploatacji obiektów budowlanych, stanowi jedną z obecnie rozwijanych. Badania literaturowe wskazują na dużą przydatność tej metody w rozwiązywaniu zagadnień z zakresu eksploatacji obiektów budowlanych. W artykule zaprezentowano dotychczasowe badania nad jej zastosowaniem wraz z podaniem praktycznego przykładu jej zastosowania w budownictwie.

1. WPROWADZENIE

Wyznaczanie niezawodności obiektów budowlanych stanowi istotny problem z punktu widzenia zarządzania nieruchomościami budowlanymi. Zainteresowanie, jakim cieszy się ta problematyka w krajach zachodnich znajduje swoje uzasadnienie w ponoszonych kosztach powodowanych brakiem właściwego utrzymania obiektów budowlanych. Szczególną uwagę zwrócono na proces eksploatacji obiektów, który pomimo wysokich kosztów związanych z utrzymaniem jest okresem najmniej oszacowanym (rozpoznanym). Brak technik umożliwiających wyznaczanie istotnych parametrów określających niezawodność obiektu nie pozwala trafnie diagnozować stanu obiektu a co za tym idzie, nie jest możliwe określenie czasu, po jakim budynki

* Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 40
** Akademia Górniczo-Hutnicza, 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30

powinny być poddawane remontom oraz likwidacji. Taki stan przyczynia się do zwiększenia kosztów związanych z utrzymaniem i konserwacją obiektów budowlanych. Problem przewidywania okresu użytkowania obiektów budowlanych jest dość skomplikowany z uwagi na długotrwałe i zmienne warunki, w jakich obiekt budowlany jest eksploatowany. Wiele z metod stosowanych w innych dziedzinach nauki w zastosowaniu do obiektów budowlanych ma bardzo ograniczone zastosowanie bądź jest zupełnie nieprzydatnych. Próby opracowania nowych metod służących do określania niezawodności obiektów budowlanych nie przyniosły jak dotychczas usystematyzowanej metodyki, która pozwoliła by w sposób jednoznaczny określić okres użytkowania obiektu. Wiele czynników składa się na taki stan rzeczy, ale szczególnie odczuwalny obecnie jest brak podstawowej wiedzy dotyczącej opisu zachowania obiektów budowlanych w czasie. Utrudnia to zweryfikowanie uzyskanych wyników z rzeczywistym zachowaniem się obiektów budowlanych w czasie oraz dobór, na tej podstawie, odpowiednich metod obliczeniowych. Należy zaznaczyć, że z wielu obecnie dyskutowanych metod najdokładniejsze wyniki pozwalają uzyskiwać te które, opierają się na rachunku probabilistycznym. Artykuł zawiera omówienie zastosowania łańcuchów Markowa do prognozowania niezawodności obiektów budowlanych oraz przykład obliczeniowy.

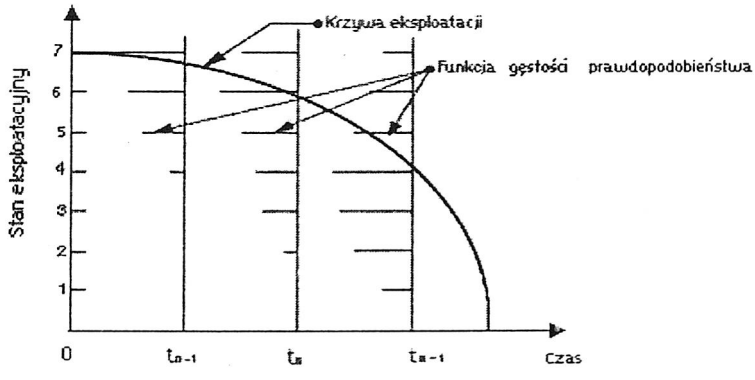
2. NIEZAWODNOŚĆ OBIEKTU BUDOWLANEGO

Niezawodność rozumiana jest jako prawdopodobieństwo, że wartości parametrów określających istotne właściwości obiektu nie przekroczą w ciągu pewnego okresu dopuszczalnych granic w określonych warunkach życia obiektu [11]. W przypadku obiektów budowlanych parametry te mogą być wyznaczane przez zespół cech określających stan eksploatacyjny obiektu. Określanie niezawodności obiektu budowlanego wymaga uwzględnienia specyficznych cech charakteryzujących każdy obiekt budowlany oraz faktu, że obiekty budowlane są obiektami odnawialnymi a zatem sprowadzanie niezawodności wyłącznie do określenia czasu, po jakim, nastąpi utrata sprawności technicznej obiektu nie dostarcza niezbędnych informacji potrzebnych do prawidłowego zarządzania i eksploatowania obiektów budowlanych. Poprawnym rozwiązaniem wydaje się być określenie prawdopodobieństwa przyszłych zdarzeń tj. stanów eksploatacyjnych, które mogłyby być opisywane przez stopień uszkodzenia. Prognozowanie stanu obiektu w czasie możliwe jest dzięki zastosowaniu łańcuchów Markowa. Metoda ta przy wykorzystaniu dostępnych informacji dotyczących eksploatacji, pozwala opisać proces niszczenia obiektu w czasie jako prawdopodobieństwo, z jakim obiekt znajdzie się w poszczególnym roku użytkowania w określonym stanie eksploatacyjnym. [2, 3, 8, 9].

3. WYZNACZANIE NIEZAWODNOŚCI ZA POMOCA ŁAŃCUCHÓW MARKOWA

3.1. PRZEGLĄD ZASTOSOWAŃ ŁAŃCUCHÓW MARKOWA

Łańcuchy Markowa są powszechnie stosowanym narzędziem służącym do przewidywania okresu użytkowania oraz kosztów eksploatacji obiektów budowlanych. W większości opisywanych przypadków zastosowanie łańcuchów Markowa dotyczy opisu procesu niszczenia mostów, infrastruktury technicznej oraz pojedynczych komponentów budowlanych. I tak w pracy [5] autorzy Kallen, Noortwijk przedstawili analizę porównawczą zastosowania dyskretnych oraz ciągłych łańcuchów Markowa w oparciu o dane z przeprowadzonych inspekcji mostów w Holandii. Kolejny badacz Kleiner, w swojej pracy [7] opisuje zastosowanie łańcuchów Markowa do opisu procesu niszczenia infrastruktury technicznej wraz z przedstawieniem spodziewanych kosztów eksploatacji. Bardzo ciekawe badania procesu niszczenia systemu kanalizacji opisywane są przez Kaempfera i innych [4]. Badania te pozwoliły na znalezienie zależności pomiędzy stanem zniszczenia a wiekiem konstrukcji, wydajnością, zastosowanym materiałem, geometrią oraz miejscem usytuowania w sieciach ulicznych. W innym ujęciu przedstawił zastosowanie łańcuchów Markowa Kasprowicz [6] opisując proces eksploatacji obiektu budowlanego jako pewien cykl zawierających osiem stanów eksploatacyjnych, które rozpoczyna odbiór i przekazanie obiektu do eksploatacji, a kończy rozbiórka. Część prac dotyczy również opisu procesu uszkodzeń elementów budownictwa mieszkaniowego. Przykładem tego jest praca Z. Lounis, Vanier, Lacasse [10], którzy przedstawili model zastosowania dyskretnych łańcuchów Markowa do przewidywania okresu eksploatacji systemów dachowych.



Rys. 1. Przewidywanie niszczenia systemu dachowego za pomocą łańcuchów Markowa [8]
Fig. 1. Markov chain prediction of roofing system deterioration [8]

Stopień uszkodzenia opisali za pomocą siedmiu dyskretnych wskaźników uszkodzenia, które posłużyły do dalszej analizy okresu użytkowania. Autorzy zaprezentowali zależność pomiędzy krzywą opisującą proces eksploatacji obiektu a funkcją gęstości prawdopodobieństwa opisującą prawdopodobieństwo przebywania obiektu w określonym stanie eksploatacyjnym podczas kolejnych lat użytkowania rys. 1.

3.2. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA DYSKRETNYCH ŁAŃCUCHÓW MARKOWA

Prezentowany przykład zastosowania łańcuchów Markowa przedstawia opis procesu niszczenia budynku mieszkalnego reprezentowanego przez 4 stany (tab. 1).

Tabela 1. Ocena stanu budynku mieszkalnego
Table 1. Condition assessment of building

Stan	Opis stanu	Uszkodzenie (%)
0	Znakomity: brak jakichkolwiek uszkodzeń.	0-30
1	Dobry: drobne uszkodzenia o małym wpływie na użytkowanie.	30-60
2	Dostateczny: zauważalne uszkodzenia nie eliminujące obiektu z użytkowania	60-85
3	Krytyczny: duże uszkodzenia eliminujące obiekt z użytkowania.	>85

Z uwagi na brak dostępnych danych historycznych dotyczących użytkowania obiektów mieszkalnych założono fikcyjne macierze prawdopodobieństw przejścia dla poszczególnych lat. Macierze te mogą być pozyskiwane w oparciu o wyniki przeprowadzonych kontroli lub z zastosowaniem technik symulacyjnych.

$$P(1)=\begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P(5)=\begin{bmatrix} 0,8 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,6 & 0,3 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,4 & 0,6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P(10)=\begin{bmatrix} 0,7 & 0,2 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0,3 & 0,7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P(15)=\begin{bmatrix} 0,6 & 0,3 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0,4 & 0,6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P(20)=\begin{bmatrix} 0,5 & 0,4 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0,4 & 0,4 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0,3 & 0,7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P(25)=\begin{bmatrix} 0,4 & 0,5 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0,3 & 0,4 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0,2 & 0,8 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Założono prawdopodobieństwa stanu początkowego w stanie 0, tj. w chwili oddania nowego obiektu do użytkowania q_i = [0,9; 0,1; 0; 0] dla i = 0; 1; 2; 3. Następnie korzystając z poniższego równania (wzór 1), obliczono prawdopodobieństwa przejścia do poszczególnych stanów w m krokach, wyniki zestawiono w tab. 2.

$$p_{ij}^{m}(n)=\sum_{k=1}^{r} p_{ik}^{(m-1)}(n)p_{kj}(n+m) \tag{1}$$

Tabela 2. Prawdopodobieństwa przejścia dla poszczególnych okresów czasu
Table 2. Transition probability for particular time periods

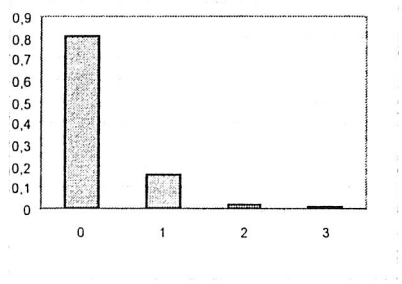
Prawdopodobieństwo $p_{ij}^{m}(n)$ przejścia ze stanu *i* w chwili *(n)* do stanu *j* w *(m)* krokach						
m	*1*	*5*	*10*	*15*	*20*	*25*
$p_{00}^{m}(0)$	0,9	0,72	0,504	0,302	0,151	0,060
$p_{01}^{m}(0)$	0,1	0,24	0,264	0,283	0,234	0,146
$p_{02}^{m}(0)$	0	0,03	0,153	0,191	0,201	0,149
$p_{03}^{m}(0)$	0	0,01	0,079	0,224	0,414	0,645
$p_{11}^{m}(0)$	0,7	0,42	0,21	0,105	0,042	0,013
$p_{12}^{m}(0)$	0,2	0,29	0,213	0,148	0,086	0,034
$p_{13}^{m}(0)$	0,1	0,29	0,577	0,747	0,872	0,953
$p_{22}^{m}(0)$	0,5	0,2	0,06	0,024	0,007	0,001
$p_{23}^{m}(0)$	0,5	0,8	0,94	0,976	0,992	0,998
$p_{33}^{m}(0)$	1	1	1	1	1	1

Na podstawie obliczonych prawdopodobieństw $p_{ij}^{(m)}(n)$ określono prawdopodobieństwa bezwarunkowe $q_j(n)$ (wzór 2), czyli brzegowe prawdopodobieństwa opisujące stan obiektu w danym roku. Wyniki zestawiono w tab. 3 a rysunki 2–7 stanowią graficzną ilustrację przedstawionych wyników.

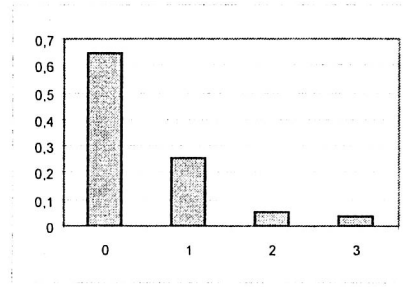
$$q_j(n)=\sum_{i=1}^{r} q_j(0)p_{ij}^{n}(0) \tag{2}$$

Tabela 3. Prawdopodobieństwa bezwarunkowe stanu *j* w poszczególnych latach
Table 3. Unconditional probability of *j* state in particular years

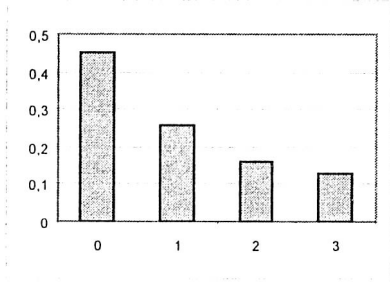
$q_j(n)$	Lata użytkowania					
	1	5	10	15	20	25
q_0	0,81	0,648	0,454	0,272	0,136	0,054
q_1	0,16	0,258	0,258	0,265	0,215	0,133
q_2	0,02	0,056	0,159	0,187	0,189	0,137
q_3	0,01	0,038	0,129	0,276	0,460	0,676



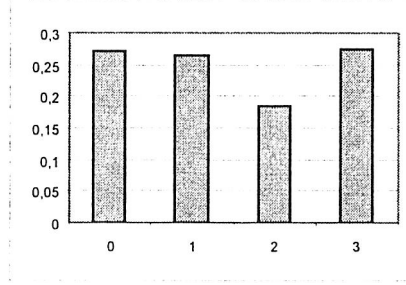
Rys. 2. Prawdopodobieństwo stanu *j* po 1 roku
Fig. 2. Probability of *j* state after 1 year



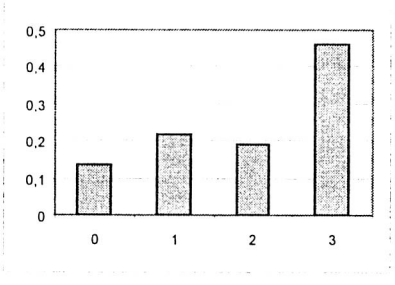
Rys. 3. Prawdopodobieństwo stanu *j* po 5 latach
Fig. 3. Probability of *j* state after 5 years



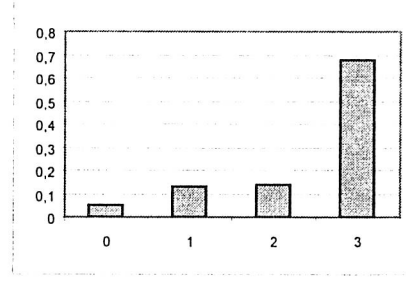
Rys. 4. Prawdopodobieństwo stanu *j* po 10 latach
Fig. 4. Probability of *j* state after 10 year



Rys. 5. Prawdopodobieństwo stanu *j* po 5 latach
Fig. 5. Probability of *j* state after 5 years



Rys. 6. Prawdopodobieństwo stanu *j* po 20 latach
Fig. 6. Probability of *j* state after 20 years



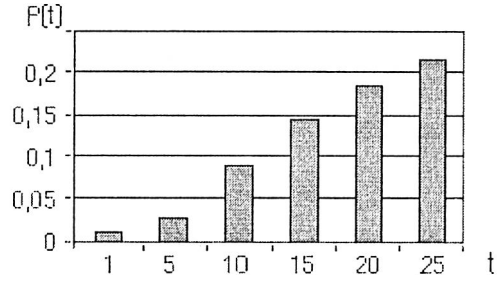
Rys. 7. Prawdopodobieństwo stanu *j* po 25 latach
Fig. 7. Probability of *j* state after 25 years

Przedstawiono również rozkład zmiennej losowej *T*, tj. czasu jaki upływa do momentu, od którego obiekt nie będzie nadawał się do eksploatacji. Wyniki zestawiono w tab. 4.

Tabela 4. Rozkład zmiennej losowej T określający prawdopodobieństwo stanu 3
Table 4. Distribution of T random variable describing probability to state 3

Lata użytkowania	1	5	10	15	20	25
$F_3(t)$	0,01	0,038	0,129	0,276	0,460	0,676
$P_3(t)$	0,01	0,028	0,091	0,147	0,184	0,216

Natomiast na rys. 9 przedstawiono wykres funkcji określającej prawdopodobieństwo wystąpienia stanu 3 po każdym roku użytkowania.



Rys. 9. Prawdopodobieństwa wystąpienia stanu 3
Fig. 9. Probability of appearance 3-th state

4. PODSUMOWANIE

Zainteresowanie problematyką określania niezawodności obiektów budowlanych zaowocowało licznymi badaniami nad przydatnością różnych metod badawczych. Większość z obecnie rozwijanych metod jest w fazie eksperymentalnej. Obserwuje się rozwijanie zastosowania do tej problematyki łańcuchów Markowa. Dzieje się tak z uwagi na możliwości ich zastosowania, począwszy od prognozowania zachowania obiektu w czasie po możliwość oszacowania kosztów związanych z ich eksploatacją. Badania nad wykorzystaniem łańcuchów Markowa jak na razie koncentrują się głównie na obiektach budownictwa betonowego takich jak mosty, drogi, infrastruktura techniczna, tylko nieliczne badania poświęcone są materiałom stosowanym w budownictwie mieszkaniowym. Wymagania związane ze znajomością charakterystyk eksploatacyjnych są powodem, dla których brak jest zastosowań łańcuchów Markowa w budownictwie mieszkaniowym. Nie oznacza to jednak nieprzydatności tej metody do stosowania w prognozowaniu niezawodności obiektów tego typu. Zastosowanie tej metody w przypadku obiektów, dla których odpowiednich danych wiązać się będzie z koniecznością stosowania dodatkowych technik w celu ich pozyskania. Pomimo tych ograniczeń metoda ta stanowi alternatywne rozwiązanie do takich technik wyznaczania niezawodności obiektów budowlanych jak metody deterministyczne [12].

LITERATURA

[1] BENIAMIN J.R., CORNELL C.A. *Rachunek prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna i teoria decyzji dla inżynierów*, WNT, Warszawa 1977.

[2] CHASE S.B., LASZLO G., *Modeling the reduction in load capacity of highway bridges with age.*, Journal of bridge engineering, November 2000.

[3] HALLBERG D., *Development and Adaptation of a life cycle management system for constructed works.*, Centre for Built Environment, University of Gavle, 2005.

[4] KAEMPFER H.W., BERNDT M., VOIGTLAENDER G., *Estimation of residual service life for existing sewerage systems.*, Proc., 9DBMC, 2002, paper 164.

[5] KALLEN M.J., NOORTWIJK J.M., *A study towards the application of markovian deterioration processes for bridge maintenance modeling in the Netherlands.*, European Safety and Reliability Conference, June 27–30, 2005, Tri City (Gdynia–Sopot–Gdańsk), Poland.

[6] KASPROWICZ T., *Eksploatacja obiektów budowlanych.*, Konferencja Naukowa Gdańsk–Krynica 2005, 171–178.

[7] KLEINER Y., *Optimal scheduling of rehabilitation and inspection/condition assessment in large buried pipes.*, 4th International Conference on Water Pipeline Systems Managing Pipeline Assets in an Evolving Market, 2001, pp. 181–197.

[8] LOUNIS Z., LACASSE M.A., VANIER D.J., KYLE B.R., *Towards standardization of service life prediction of roofing membranes.*, ASTM STP 1349, American Society for Testing and Materials, 1998, 3–18

[9] LOUNIS, Z., VANIER, D.J., *Optimization of bridge maintenance management using markovian models.*, International Conference on Short and Medium Span Bridges, 1988, Calgary, Alberta, pp. 1045–1053, v. 2.

[10] LOUNIS Z., VANIER D.J., LACASSE M.A., *A discrete stochastic model for performance prediction of roofing systems.*, Proc., CIB World Building Congress, Construction and the Environment, June 7–12, 1998, Gavle, Sweden.

[11] MIGDALSKI J., (1982)., *Poradnik niezawodności – podstawy matematyczne*, WEMA, Warszawa, 1982.

[12] SOBOTKA A., BUCOŃ R., *Kierunki rozwoju metod przewidywania okresu użytkowania obiektów budowlanych.*, Problemy rozwoju miast, 2005/4.

OPERATING RELIABILITY OF BUILDINGS

Proper management of buildings in technical aspect involves buildings reliability determination. Challenge, that is to determine reliability forces researchers to find new methods which would allow for completing this task in an easy and effective way. Efforts that have been undertaken resulted in numerous research. The method, presented in this paper, applying Markov chains in order to predict structure building operate makes for one of these methods that currently raises great interest. Literature research showed large usefulness of this method in solving problems connected with building operate (maintenance). In the paper, research that have been already done in applying the method have been presented together with its practical application example in construction.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

podejmowanie decyzji, selekcja wariantów
Analytical Hierarchy Process, kryteria wyboru

Agnieszka DZIADOSZ*

METODA WYBORU WARIANTU REALIZACJI INWESTYCJI DEWELOPERSKIEJ

Sprawny przebieg realizacji inwestycji deweloperskiej zależy w głównej mierze od decyzji podejmowanych w trakcie całego procesu inwestycyjnego. Niemniej jednak najważniejsze decyzje powinny być podejmowane we wstępnej fazie planowania i przygotowania inwestycji do realizacji, gdyż ich skutki w kolejnych etapach mogą być nieodwracalne i pociągać za sobą znaczne wydatki. Zatem znaczenie analiz przeprowadzanych we wstępnej fazie przygotowania inwestycji jest ogromne i dlatego też poniższy artykuł został poświęcony zaprezentowaniu sposobów ułatwiających deweloperowi podejmowanie decyzji i oparcie ich na większej liczbie przesłanek. Zamieszczone w artykule sposoby opierają się na metodzie Analytical Hierarchy Process i mogą stanowić wstęp do dalszych analiz przy planowaniu inwestycji deweloperskiej.

1. WSTĘP

Inwestycje deweloperskie charakteryzują się nie tylko kapitałochłonnością oraz wysokim poziomem ryzyka, ale również czasochłonnością. Planowanie przyszłej inwestycji rozpoczyna się znacznie wcześniej, często na etapie realizacji inwestycji poprzedniej. Oczywiście ma to związek z długością trwania poszczególnych etapów planowania i przygotowania inwestycji od momentu zakupu terenu po uzyskanie niezbędnych pozwoleń, opinii i uzgodnień. Jak wynika z badań pilotażowych [1] przeprowadzonych na krakowski rynku budowlanym wśród 15 firm deweloperskich ogromne znaczenie dla sprawnego przebiegu realizacji inwestycji ma nie tylko sam etap budowy obiektu, ale przede wszystkim właściwa organizacja całego procesu inwestycyjnego. Zatem należy zwrócić uwagę na przygotowanie inwestycji we wstępnych fazach procesu, gdyż poprzedzające etap realizacji decyzje stanowią podstawę do podjęcia kolejnych kroków. Deweloper dokonuje wyboru na każdym

* Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie, ul. Warszawska 24, Kraków

etapie procesu inwestycyjnego m.in. wybór jednej z wielu możliwości inwestycyjnych, wybór ostatecznego wariantu realizacji inwestycji, wybór wykonawcy robót budowlanych itp. [5]. Dlatego też, wydaje się właściwe opracowanie metod umożliwiających deweloperowi podjęcie racjonalnej decyzji w oparciu nie tylko o dane ilościowe, ale również dane jakościowe. Ponieważ decyzja o przyjęciu ostatecznego wariantu realizacji przyszłej inwestycji ma zasadnicze znaczenie dla dalszych działań dewelopera, dlatego też stanowi ona motyw przewodni niniejszego artykułu.

Celem artykułu jest zaprezentowanie metody Analytical Hierarchy Process (AHP) na przykładach i zwrócenie uwagi na jej zalety. W gestii dewelopera leży nie tylko wyszczególnienie możliwych wariantów przedsięwzięcia we wstępnej fazie planowania, ale ich selekcja według ustalonych uprzednio kryteriów (wynikających nie tylko z wymagań inwestora ale również z charakteru i rozmiarów inwestycji) oraz wybór wariantu najkorzystniejszego.

2. ISTOTA ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS[1]

Podstawowym celem metody AHP opracowanej w latach osiemdziesiątych przez T. Saaty'ego[2] jest wspomaganie wielokryterialnych problemów decyzyjnych. Metoda ta umożliwia uszeregowanie wariantów realizacji przedsięwzięcia od najlepszego do najgorszego, pozwala wziąć pod uwagę nie tylko zmienne ilościowe, ale również jakościowe, oraz pomaga inwestorowi podjąć właściwą decyzję. Podstawowa zasada tej metody dotyczy ustalenia hierarchii ważności dla poszczególnych kryteriów porównując je parami. Porównanie następuje poprzez przypisanie rozpatrywanej parze kryteriów wartości z przedziału (1, 9), gdzie 1 oznacza jednakową ważność dwóch kryteriów, natomiast 9 – zdecydowaną ważność danego kryterium. Poszczególne kryteria umieszczamy w tabeli (zwanej macierzą) w taki sposób, aby możliwe było porównanie parami. Porównujemy zawsze lewą kolumnę z górnym wierszem. Jak widać z załączonego poniżej przykładu na przekątnej znajduje się wartość 1, ponieważ porównujemy kryterium same z sobą. Natomiast czas realizacji został oceniony znacznie wyżej (wartość 4) w stosunku do możliwości etapowania, zatem przy kryterium możliwość etapowania wpisujemy automatycznie wartość 1/4.

Kryteria	Czas realizacji	Możliwość etapowania inwestycji
Czas realizacji	1	4
Możliwość etapowania inwestycji	1/4	1

[1] W polskiej literaturze możemy odnaleźć niezbyt rozpowszechnioną, aczkolwiek spotykaną nazwę omawianej metody, a mianowicie – analityczny proces hierarchiczny, jednakże w dalszej części artykułu będzie wykorzystywany skrót AHP

[2] T. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, MaGraw-Hill, NewYork 1980, cytowana przez autorów [3]

3. PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA AHP DO WYBORU WARIANTU REALIZACJI INWESTYCJI

Schemat postępowania:

1. Ustalenie zbioru kryteriów.
2. Obliczenie wag dla poszczególnych kryteriów.
3. Wykonanie stosownych obliczeń, na podstawie których możliwe będzie uszeregowanie poszczególnych wariantów od najlepszego do najgorszego.

Ustalenie zbioru kryteriów

Inwestor powinien w pierwszym etapie ustalić zbiór kryteriów, według których będzie porównywał między sobą poszczególne warianty realizacji. Bez wątpienia jednym z istotniejszych kryteriów jest oczekiwana stopa zwrotu, ale również inwestor może brać pod uwagę takie kryteria, jak: technologia wykonania, ograniczenie ryzyka finansowego, prestiż inwestycji, zapewnienie płynności finansowej, doświadczenie w wykonywaniu danego typu obiektów, możliwość etapowania inwestycji itp. Następnie należy wyznaczyć podkryteria. W zamieszczonym przykładzie ustalono podkryteria dla kryterium głównego – technologia wykonania.

Ustalenie wag kryteriów

Wagi dla każdego kryterium mogą być ustalone,
1. arbitralnie przez inwestor,
2. przy wykorzystaniu AHP.

W zamieszczonej poniżej tabeli zestawiono kryteria, które następnie porównano parami celem wyznaczenia wagi dla każdego z nich zgodnie z ideą AHP, czyli tzw. wagi globalne.

Tabela 1. Kryteria i wagi globalne
Table 1. Criteria and global priorities

Kryteria	spodziewany zysk	ograniczenie ryzyka finansowego	prestiż inwestycji	technologia wykonania	**Waga**
spodziewany zysk	1	2	3	2	**0,39**
ograniczenie ryzyka finansowego	½	1	1	3	**0,26**
prestiż inwestycji	1/3	1	1	1/3	**0,14**
technologia wykonania	½	1/3	3	1	**0,21**

Poniższa tabela zawiera wagi dla podkryteriów tzw. wagi lokalne.

Tabela 2. Podkryteria i wagi lokalne
Table 2. Subcriteria and local priorities

Podkryteria	oczekiwania klientów	czas realizacji inwestycji	posiadana baza sprzętowa i maszynowa	Waga
oczekiwania klientów	1	1/2	2	**0,32**
czas realizacji inwestycji	2	1	2	**0,45**
posiadana baza sprzętowa i maszynowa	1/2	1/2	1	**0,23**

Wagę globalną dla danego kryterium wyliczamy sumując ilorazy (wartości z wiersza podzielone przez sumę elementów z danej kolumny), następnie całość dzielimy przez liczbę kryteriów (w tym przypadku jest to 4). Analogicznie obliczmy wagi lokalne dla podkryteriów.

Aby otrzymać wagi globalne dla poszczególnych podkryteriów dotyczących wyboru technologii wykonania należy przemnożyć wagi lokalne każdego z nich przez wagę globalną dla kryterium podstawowego, a mianowicie dla czasu realizacji inwestycji waga globalna wyniesie $0{,}21 \times 0{,}45 = \mathbf{0{,}09}$. Poniższa tabela zawiera zestawienie wag globalnych.

Tabela 3. Wagi globalne
Table 3. Global priorities

Oznaczenie	Kryteria	Podkryteria	Waga
K1	spodziewany zysk		**0,39**
K2	ograniczenie ryzyka finansowego		**0,26**
K3	technologia wykonania	oczekiwania klientów	**0,07**
K4		czas realizacji inwestycji	**0,09**
K5		posiadana baza sprzętowa i maszynowa	**0,05**
K6	prestiż inwestycji		**0,14**

Przykład

Firma deweloperska posiada teren na obrzeżach miasta. Zarząd firmy bierze pod uwagę kilka możliwych wariantów realizacji planowanej inwestycji, niemniej jednak ze względu na objętość artykułu do analizy przyjęto tylko dwa.

Sposób 1

Sposób 1 polega na porównaniu wariantów realizacji parami według danego kryterium wykorzystując metodę AHP. Rozpatrując np. kryterium K1 – spodziewany zysk, wyżej przez inwestora został oceniony wariant A (wartość 3), uzyskując w konsekwencji ocenę równą **0,75**. Suma iloczynów (ocena × waga danego kryterium) dla danego wariantu stanowi jego ocenę ostateczną.

Tabela 4. Zestawienie wyników dla sposobu 1
Table 4. Calculations for example 1

K1	Wariant A	Wariant B	Ocena
Wariant A	1	3	0,75
Wariant B	1/3	1	0,25
K3	Wariant A	Wariant B	**Ocena**
Wariant A	1	2	0,67
Wariant B	1/2	1	0,33
K5	Wariant A	Wariant B	**Ocena**
Wariant A	1	1	0,50
Wariant B	1	1	0,50

K2	Wariant A	Wariant B	Ocena
Wariant A	1	1/3	0,25
Wariant B	3	1	0,75
K4	Wariant A	Wariant B	**Ocena**
Wariant A	1	1/2	0,33
Wariant B	2	1	0,67
K6	Wariant A	Wariant B	**Ocena**
Wariant A	1	5	0,83
Wariant B	1/5	1	0,17
Ostateczna ocena	**0,58**	**0,42**	

Ostateczna ocena wariantu realizacji

$$O = \sum_{i=1}^{n} K_i \times w_i$$

przy czym i – numer kryterium, K_i – wartość kryterium, w_i – waga danego kryterium.

Ostateczna ocena Wariantu A: 0,75 × 0,39 + 0,25 × 0,26 + 0,80 × 0,07 + 0,33 × × 0,09 + 0,50 × 0,05 + 0,83 × 0,14 = **0,58**

Wariant A został oceniony wyżej, a mianowicie uzyskał ostateczną ocenę **0,58**, zaś wariant B uzyskał ocenę **0,41**.

Sposób wykorzystania AHP przedstawiają autorzy [4], wykorzystując metodę do selekcji wykonawców, począwszy od ustalenia kryteriów wyboru, utworzenie znormalizowanej macierzy, na podstawie której wyliczone zostały wagi globalne, porównanie wykonawców parami według ustalonych uprzednio kryteriów po ostateczną ocenę (suma iloczynów wartości kryteriów i odpowiadających im wag). Dodatkowym atutem tej metody, jak podkreślają autorzy, jest to że pozwala ujawnić zarówno mocne, jak i słabe strony rozpatrywanych alternatyw.

Sposób 2

Sposób 2 polega na ocenie poszczególnych wariantów realizacji według wyszczególnionych przez inwestora kryteriów w skali 5-stopniowe, przy czym 1 oznacza ocenę słabą, zaś 5 – bardzo dobrą. Następnie ocena dla danego kryterium zostaje przemnożona przez wagę tego kryterium. Suma poszczególnych iloczynów dla danego wariantu stanowi jego ocenę ostateczną, identycznie jak w sposobie 1. W tabeli zamieszczonej poniżej wariant A uzyskał wynik – **2,55**, zatem został przez inwestora wyżej oceniony.

Tabela 5. Zestawienie obliczeń dla sposobu 2
Table 5. Calculations for example 2

				Wariant A		Wariant B	
Oznaczenie	**Kryteria**	**Podkryteria**	**Waga**	Ocena	Suma	Ocena	Suma
K1	spodziewany zysk		0,39	4	1,56	2	0,78
K2	ograniczenie ryzyka finansowego		0,26	2	0,52	3	0,78
K3	technologia wykonania	oczekiwania klientów	0,07	4	0,28	4	0,28
K4		czas realizacji inwestycji	0,09	1	0,09	2	0,18
K5		posiadana baza sprzętowa i maszynowa	0,05	2	0,10	2	0,10
K6	prestiż inwestycji		0,14	5	0,70	3	0,42
				Ostateczna ocena	**2,55**	**Ostateczna ocena**	**2,12**

Autorzy [2] uwzględnili przy selekcji 5-punktową skalę ważności, mianowicie O – outstanding (wybitny), G – good (dobry), A – average (średni), F –fair (dość dobry), i P – poor (słaby), przy czym wartości każdego ze stopnia zostały ustalone zgodnie z idea AHP podobnie jak wagi każdego z rozpatrywanych kryteriów. W zawartym w pracy [2] przykładzie rozpatrywano 3 firmy. Pod względem kryterium – reputacja firma A otrzymała ocenę O (wartość 1,0), zaś firmy B i C – ocenę F (wartość 0,125). Oczywiście wartości przyporządkowane tym ocenom były przemnażane przez wagę tego kryterium dając ocenę cząstkową. Sumując wyniki cząstkowe otrzymano ocenę ostateczną. Natomiast autorzy [3] zamiast skali 5-punktowej wykorzystali teorię użyteczności i otrzymali w wyniku badań ankietowych wartości odnoszące się do stosowanej strategii w zależności od przyjętego kryterium. Dla przykładu można podać, że największa wartość użyteczności z punktu widzenia elastyczności (flexibility) otrzymał management contracting. Dalsze obliczenia są identyczne jak w poprzednich przykładach, a mianowicie kolejnym krokiem jest zsumowanie iloczynów wag i odpowiadających im wartości użytecznych.

W zamieszczonym powyżej przykładzie dla sposobu 2 punkty przyznawana są przez inwestora według uznania. Niemniej jednak dla niektórych kryteriów, jak np. koszt można wyliczyć ocenę proporcjonalnie w stosunku do najbardziej preferowanego.Gdyby inwestor rozpatrywał możliwość wykonania obiektu na dwa sposoby przy czym koszt realizacji inwestycji wynosiłby odpowiednio: I sposób – 8 200 000 PLN, zaś II sposób – 7 600 000 PLN, wówczas sposób II otrzymuje liczbę

punktów równą 5 (jako najbardziej preferowany) zaś sposób I według proporcji, czyli 4,63 (7 600 000 × 5/8 200 000 = 4,63).

Należy zauważyć, że w przytoczonych przykładach nie uwzględniono zależności pomiędzy poszczególnymi kryteriami i podkryteriami. Ponadto wprowadzenie do obliczeń zależności pomiędzy kryteriami pozwoliłoby ocenić warianty planowanej inwestycji w sposób bardziej szczegółowy. Uzupełniając zaprezentowane wyżej metody selekcji wariantów dodatkowo o analizę ryzyka i możliwych do wystąpienia utrudnień wzbogaci je i nie jest powiedziane, że nie wpłynie znacząco na ostateczną ocenę konkretnego wariantu realizacji inwestycji.

Przykład

Tabela 6. Zestawienie obliczeń dla przykładu
Table 6. Calculations for example

Czynnik	Ocena (siła oddziaływania)	Wariant			
		A		B	
		Prawdopod. wystąpienia	Wartość znorm.	Prawdopod. wystąpienia	Wartość znorm.
Niedostateczne zabezpieczenie finansowe inwestycji	5	30%	0,66	15%	0,34
Nazbyt kosztowne wykończenie inwestycji	3	12%	0,71	5%	0,29
Ocena			**5,43**		**2,57**

Zakładając, że wariant A w stosunku do B przewiduje wyższy standard wykończenia, bardziej skomplikowaną formę i konstrukcję budynku stąd też wysoka ocena siły oddziaływania czynnika – niedostateczne zabezpieczenie finansowe inwestycji w opinii dewelopera – wartość 5 (zakładając że przyjął skalę od 1 – mały wpływ do 5 – bardzo duży wpływ). Jednakże należy pamiętać, ze analiza czynników utrudniających sprawny przebieg inwestycji powinna zmniejszać ostateczna ocenę wariantu realizacji inwestycji. Zatem deweloper powinien do wyszczególnionych kryteriów dołączyć również kryterium – poziom ryzyka, wyliczyć wagę, dokonać stosownych obliczeń i następnie ocenę dla tego kryterium odjąć od ostatecznej oceny wariantu realizacji inwestycji[3]. Powyżej zaproponowano sposób przeanalizowania 2 czynników dla poszczególnych wariantów, jednakże może być on bardziej rozbudowany, bądź inaczej przeprowadzony. Wypada wspomnieć również, że niektóre czynniki w zależności od rozpatrywanego trendu (wzrost, stabilizacja, spadek) mogą mieć różny wpływ na ocenę wariantu. Jako przykład można podać

[3] Autorzy [6] dzielą kryteria ze względu na ich charakter, mianowicie kryterium jest stymulantą jeżeli wyższa jego wartość powoduje korzystniejszą ostateczną ocenę wariantu, zaś destymulantą – gdy wyższa jego wartość pogarsza ostateczną ocenę wariantu, podział ten ma znaczenie przy późniejszym kodowaniu

inflację, ograniczone zasoby inwestora, nieterminowość wykonawcy itp. Wówczas spadek danego czynnika powoduje korzystniejszą ocenę wariantu. Dlatego też należy brać pod uwagę nie jedną lecz trzy ostateczne oceny danego wariantu realizacji inwestycji, oczywiści uwzględniając, która z ocen jest najbardziej prawdopodobna.

ZAKOŃCZENIE

Reasumując należy zauważyć, że decyzje podejmowane w fazie planowania i przygotowania inwestycji wpływają w znacznym stopniu na powodzenie przedsięwzięcia. Zaprezentowane w niniejszym artykule sposoby selekcji wariantów oparte na metodzie AHP wspomagają proces decyzyjny. Metoda ta jest stosunkowa prosta w zastosowaniu, pozwala uwzględnić zarówno dane ilościowe, jak i jakościowe, oraz umożliwia rozpatrzenie problemu decyzyjnego w sposób kompleksowy (kryteria ekonomiczne, techniczne i technologiczne, organizacyjne, itp.), a następnie zebranie wyników w ostateczną ocenę wariantu rozwiązania. Jednakże zaprezentowane sposoby oparte na metodzie AHP nie uwzględniają zależności pomiędzy poszczególnymi kryteriami i podkryteriami. Dlatego też, należy sprawdzić, czy uwzględnienie zależności wpłynie i w jakim stopniu na ostateczną ocenę wariantu realizacji inwestycji. Nie zmienia to faktu, że jest rozpowszechniona w anglojęzycznej literaturze i polecana przy podejmowaniu decyzji w zakresie selekcji wykonawców, dostawców, alokacji zasobów, wyboru środka transportu itp.

LITERATURA

[1] DZIADOSZ A., *Realizacja przedsięwzięć na krakowskim rynku budowlanym w opiniach deweloperów*, Przegląd Budowlany (w druku).

[2] CHEUNG F.K.T., KUEN J.L.F., SKITMORE M., *Multi-criteria evaluation model for the selection of architectural consultants*, Construction Management and Economics (2002) 20, 569–580.

[3] CHEUNG S., LAM T., LEUNG M., WAN Y., *An analytical hierarchy process based procurement selection method*, Construction Management and Economics (2001) 19, 427–437.

[4] FONG P.S., CHOI S.K., *Final contractor selection using analytical hierarchy process*, Construction Management and Economics (2000) 18, 547–557.

[5] NOWACKI P., *Wybór rozwiązań realizacyjnych i organizacja przedsięwzięć developerskich*, [w:] Inwestycje i Nieruchomości, Procedury decyzyjne, Finansowanie, Ryzyko, K. Dziworska, E. Ostrowska (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2000, 286–294.

[6] SZWABOWSKI J., DESZCZ J., *Metody wielokryterialnej analizy porównawczej – podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań w budownictwie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001

METHOD OF CHOICE OF VARIANT REALIZATION DEVELOPMENT INVESTMENT

The efficient course of realization of development investment depends in main measure on the decisions undertaken in the course the whole investment process. The most important planning and preparation investment decisions should however be undertaken in the preliminary phase because their results in the next stages can be irreversible and can cause considerable expenses. Therefore, the significance of the analyses carried out in the preliminary phase of investment preparation is of great important. The present paper aims at presenting methods which would enable a developer to make decisions supported by a larger number of premises. The ways illustrated in the paper are based on Analytical Hierarchy Process method and they can be an introduction to further analyses in planning development investment.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

Tadeusz KASPROWICZ*

ANALIZA IDENTYFIKACYJNA I OCENOWA STANU EKSPLOATACYJNEGO OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Analiza identyfikacyjna i ocenowa stanu eksploatacyjnego obiektów budowlanych polega na określeniu relacji między ich stanem eksploatacyjnym i wymaganiami eksploatacyjnymi. Stan eksploatacyjny opisują wartości cech eksploatacyjnych, które określają możliwości użytkowania obiektu zgodnie z przeznaczeniem i warunki jego utrzymania. Wymagania eksploatacyjne określone są na zbiorze wartości cech eksploatacyjnych poprzez wyznaczenie ich wartości dopuszczalnych, racjonalnych lub optymalnych. Kompleksowa ocena stanu eksploatacyjnego prezentowana jest na wykresie kołowym. Uzupełniająco może być wyrażana wskaźnikiem średniego spełnienia wymagań przez obiekt w danym stanie eksploatacyjnym.

1. WPROWADZENIE

Właściciel lub zarządca obiektu budowlanego jest obowiązany użytkować i utrzymywać obiekt zgodnie z zasadami, o których mowa w art. 5. „Prawa budowlanego". Dla określenia procesu użytkowania i utrzymania proponuje się używać terminu eksploatacja obiektu budowlanego [1, 2, 3]. Zgodne z polską normą PN-93/N 50191, eksploatacja to *„zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych mających na celu umożliwienie obiektowi wypełnienie wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dopasowaniem do zmian warunków zewnętrznych"*. ***Użytkowanie obiektu budowlanego*** to podzbiór działań związanych z wypełnianiem przez obiekt wymaganych funkcji, a więc wykorzystanie obiektu zgodnie z przeznaczeniem. ***Utrzymanie obiektu budowlanego*** to podzbiór działań związanych z umożliwieniem wypełniania przez obiekt wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych. Podstawą podejmowania poprawnych decyzji eksploatacyjnych jest identyfikacja i ocena stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego.

* Wojskowa Akademia Techniczna

2. STAN EKSPLOATACYJNY OBIEKTU BUDOWLANEGO

Stan eksploatacyjny obiektu budowlanego opisywany jest przez zbiór cech eksploatacyjnych, które określają jego zdolność i przydatność eksploatacyjną. Cechy te to ilościowe i jakościowe parametry lub charakterystyki techniczne, funkcjonalne, organizacyjne, ekonomiczne, systemowe i estetyczne, które określają zdolności użytkowe i warunki utrzymania obiektu. W zależności od opisywanych własności, wartości cech mogą być bezpośrednio mierzone na obiekcie, wyznaczane przez ekspertów, bądź obliczane na podstawie wartości pomierzonych lub wyznaczonych przez ekspertów. Zbiór cech eksploatacyjnych wystarczający do opisu stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego bezpośrednio zależy od rodzaju obiektu i wypełnianych funkcji. Jest indywidualny dla każdego obiektu. Jednak w każdym przypadku powinien umożliwiać opis warunków określonych w artykule 5 prawa budowlanego, czyli własności obiektu budowlanego takich jak [1, 2, 3]: bezpieczeństwo konstrukcji, bezpieczeństwo pożarowe, bezpieczeństwo użytkowania, warunki higieniczne i zdrowotne, ochrona środowiska, ochrona przed hałasem i drganiami, oszczędność energii i izolacyjność cieplna przegród, warunki techniczne użytkowania, zaopatrzenie w wodę, zasilanie w energię elektryczną, zasilanie w energię cieplną, wyposażenie techniczne użytkowania, usuwanie ścieków i odpadów, odprowadzanie wody opadowej, warunki do korzystania z obiektów użyteczności publicznej i mieszkaniowego budownictwa wielorodzinnego przez osoby niepełnosprawne, warunki bezpieczeństwa i higieny pracy w obiekcie i jego pobliżu, ochronę ludności zgodnie z wymaganiami obrony cywilnej, ochronę obiektów wpisanych do rejestru zabytków i obiektów objętych ochroną konserwatorską oraz poszanowanie występujących w obszarze obiektu uzasadnionych interesów osób trzecich. Można stwierdzić, że cechy eksploatacyjne opisujące stan eksploatacyjny obiektu powinny umożliwiać pomiar i wszechstronny opis jego eksploatacji z punktu widzenia wypełnianych funkcji. Dlatego zbiór a_t^h pomierzonych, wyznaczonych lub obliczonych wartości $a_{t,q}^h$ zbioru $\boldsymbol{Q}^h = \{1, 2, \ldots, q, \ldots, Q^h\}$ cech eksploatacyjnych opisujących zdolność i przydatność eksploatacyjną obiektu budowlanego h kompleksu obiektów $\boldsymbol{H}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h$ nazywać będziemy stanem eksploatacyjnym obiektu:

$$a_t^h = \left\{ a_{t,q}^h : q \in \boldsymbol{Q}^h,\ t \in \boldsymbol{T}^h \right\}. \tag{1}$$

Zbiór $a_t^{\boldsymbol{H}}$ stanów eksploatacyjnych a_t^h obiektów $h \in \boldsymbol{H}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}$ nazywać będziemy stanem eksploatacyjnym kompleksu obiektów budowlanych [1, 2, 3].

3. WYMAGANIA EKSPLOATACYJNE OBIEKTU BUDOWLANEGO

Obiekt budowlany $h \in \boldsymbol{H}$ może być eksploatowany zgodnie z przeznaczeniem tylko wtedy, gdy posiada wymagane własności, czyli spełnia zbiór wymagań

eksploatacyjnych $\boldsymbol{W}^h = \{1, 2, ..., w, ..., W^h\}$. Wymagania eksploatacyjne $w \in \boldsymbol{W}^h$ określone są przez podzbiory cech eksploatacyjnych $w = \{q : q \in \boldsymbol{Q}_w^h, \boldsymbol{Q}_w^h \subset \boldsymbol{Q}^h\}$, $\boldsymbol{Q}_w^h = \{1, 2, ..., q, ..., Q_w^h\}$, które określają możliwości i warunki eksploatacji obiektu. Wymagania te są spełnione, gdy aktualne wartości $a_{t,q}^h$ cech eksploatacyjnych $q \in \boldsymbol{Q}^h$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h$ są dopuszczalne, racjonalne lub optymalne – $a_{t,q}^h = \alpha_{t,q}^h \pm \Delta\alpha_{t,q}^h$ – z punktu widzenia wypełnianych funkcji, czyli całego procesu eksploatacji obiektu budowlanego ($\alpha_{t,q}^h$ – wymagana wartość cechy eksploatacyjnej $q \in \boldsymbol{Q}^h$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h$).

Dla typowych obiektów budowlanych można zdefiniować wymagania eksploatacyjne takie jak [1,2,3]: bezpieczeństwo obiektu, bezpieczeństwo ekologiczne i ergonomiczne użytkowania, warunki techniczne użytkowania, wymagania funkcjonalne, wymagania utrzymania, służebność obiektu oraz satysfakcja eksploatacyjna właściciela. Wymienione wymagania opisują własności techniczne, funkcjonalne, organizacyjne, ekonomiczne, systemowe i środowiska naturalnego eksploatacji obiektów budowlanych, które muszą być spełnione, aby obiekt mógł być użytkowany zgodnie z przeznaczeniem i efektywnie utrzymywany. Wymagania mogą być bezpośrednio określone poprzez wyznaczenie wymaganych wartości cech eksploatacyjnych. Należy jednak podkreślić, że mogą istnieć wymagania subiektywne. Na przykład, satysfakcja eksploatacyjna właściciela jest wymaganiem subiektywnym, które zależy nie tylko od stanu eksploatacyjnego obiektu, lecz także od możliwości ekonomicznych właściciela, uwarunkowań rynkowych, rozwoju techniki budowlanej, wyrobów budowlanych, skali wartości estetycznych właściciela itp. Jednak także może być główną przyczyną zakończenia eksploatacji lub ograniczenia użytkowania i zmiany zasad utrzymania obiektu budowlanego.

4. METODA IDENTYFIKACJI I OCENY STANU EKSPLOATACYJNEGO OBIEKTU BUDOWLANEGO

Identyfikacja i ocena stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego wymaga pełnej znajomości jego przeznaczenia i warunków eksploatacji. Odpowiednio do wypełnianych funkcji i przeznaczenia obiektu, pomierzone, wyznaczone lub obliczone powinny być wartości istotnych cech eksploatacyjnych oraz określony ich wpływ na spełnienie wymagań eksploatacyjnych. Identyfikacja i ocena stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego może być przeprowadzona według następujących zasad:

1. Przeanalizować funkcje i przeznaczenie obiektu budowlanego oraz określić zbiór istotnych wymagań eksploatacyjnych $\boldsymbol{W}^h = \{1, 2, ..., w, ..., W^h\}$, które opisują

zdolności użytkowe i warunki utrzymania tego obiektu, czyli określają możliwości jego użytkowania zgodnie z przeznaczeniem i efektywnego utrzymania.

2. Ustalić okres eksploatacji $\boldsymbol{T}^h = \left[\underline{T}^h, \overline{T}^h\right]$ oraz okresy $\boldsymbol{T}_w^h \subset \boldsymbol{T}^h$, w których powinny być spełnione wymagania cząstkowe $w \in \boldsymbol{W}^h$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$.

3. Stworzyć zbiór istotnych cech eksploatacyjnych $\boldsymbol{Q}^h = \left\{1, 2, ..., q, ..., Q^h\right\}$, które opisują stan eksploatacyjny $a_t^h = \left\{a_{t,q}^h : q \in \boldsymbol{Q}^h,\ t \in \boldsymbol{T}^h\right\}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ i umożliwiają opis wymagań eksploatacyjnych $w \in \boldsymbol{W}^h$.

4. W zbiorze cech $\boldsymbol{Q}^h$, w zależności od rodzaju, właściwości oraz możliwości pomiaru, wyznaczenia lub obliczenia wartości $a_{t,q}^h$ cech eksploatacyjnych $q \in \boldsymbol{Q}^h$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$, wyróżnić ***podzbiory cech eksploatacyjnych***:

– ***ustalonych*** $\overline{\boldsymbol{Q}}^h$, których wartości $a_{t,q}^h$ mogą być pomierzone, wyznaczone lub obliczone z pewną dokładnością;

– ***rozmytych*** $\widetilde{\boldsymbol{Q}}^h$, których wartości $a_{t,q}^h$ mogą być pomierzone, wyznaczone lub obliczone lecz nie można dokładnie określić ich dopuszczalnych wartości granicznych;

– ***probabilistycznych*** $\ddot{\boldsymbol{Q}}^h$, gdy pomierzone, wyznaczone lub obliczone wartości $a_{t,q}^h$ są wartościami pewnych zmiennych losowych;

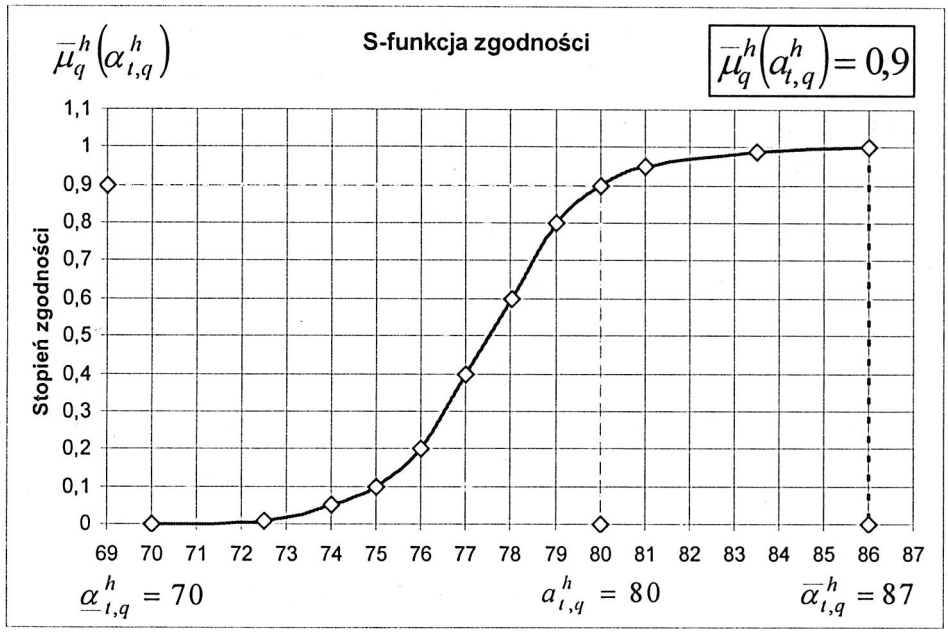
– zbiór cech eksploatacyjnych $\boldsymbol{Q}^h = \overline{\boldsymbol{Q}}^h \cup \widetilde{\boldsymbol{Q}}^h \cup \ddot{\boldsymbol{Q}}^h$ musi spełniać następujące zależności: $\overline{\boldsymbol{Q}}^h \cap \widetilde{\boldsymbol{Q}}^h = \varnothing$, $\overline{\boldsymbol{Q}}^h \cap \ddot{\boldsymbol{Q}}^h = \varnothing$, $\widetilde{\boldsymbol{Q}}^h \cap \ddot{\boldsymbol{Q}}^h = \varnothing$.

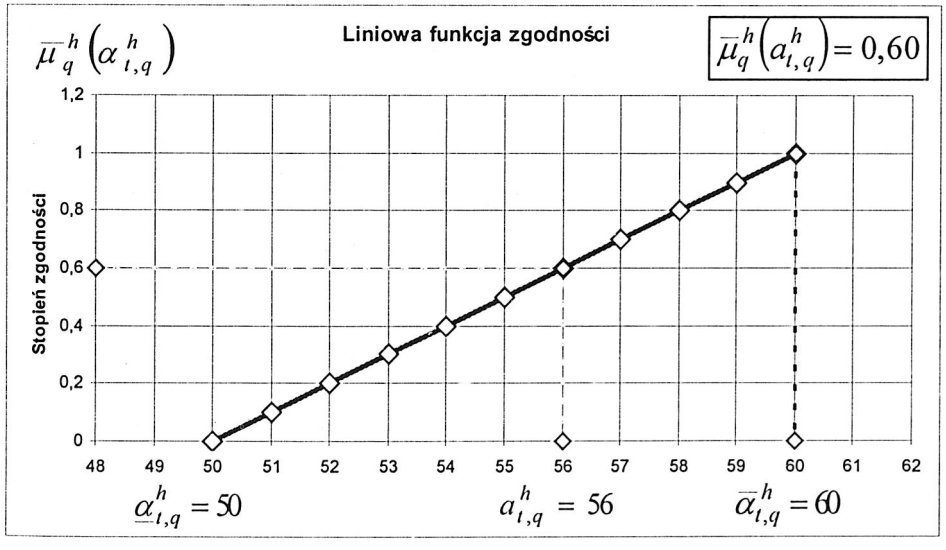
5. Ustalić podzbiory cech eksploatacyjnych $\boldsymbol{Q}_w^h = \left\{1, 2, \ldots, q, \ldots, Q_w^h\right\}$, $\boldsymbol{Q}^h = \bigcup_{w \in \boldsymbol{W}} \boldsymbol{Q}_w^h$, które określają wymagania $w = \left\{q : q \in \boldsymbol{Q}_w^h, \boldsymbol{Q}_w^h \subset \boldsymbol{Q}^h\right\}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$.

6. W zbiorze cech $\boldsymbol{Q}^h$, w zależności od wpływu poszczególnych cech eksploatacyjnych $q \in \boldsymbol{Q}^h$ na spełnienie wymagań eksploatacyjnych $w \in \boldsymbol{W}^h$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$, wyróżnić ***podzbiory cech eksploatacyjnych***:

– ***koniunkcyjnych*** $\widehat{\boldsymbol{Q}}^h$, które mogą być spełnione w różnym stopniu lecz obiekt spełnia wymaganie tylko wtedy, gdy ich wartości $a_{t,q}^h$ są lepsze niż pewne wartości graniczne $\alpha_{t,q}^h$;

– ***komplementarnych*** $\check{\boldsymbol{Q}}^h$, które mogą być spełnione w różnym stopniu, a spełnienie wymagania określa relacja wartości $a_{t,q}^h$ i wartości wymaganej $\alpha_{t,q}^h$;





Rys. 1. Funkcje zgodności wymagań $\overline{\mu}_A^h(\alpha_q)$ i wartości cech $a_{t,q}^h$ – przykłady.

Fig. 1. Compatibility functions of requirements $\overline{\mu}_A^h(\alpha_q)$ and values of features $a_{t,q}^h$ – examples.

– podzbiory cech eksploatacyjnych $\hat{\boldsymbol{Q}}^h$ i $\check{\boldsymbol{Q}}^h$ muszą spełniać zależności: $\boldsymbol{Q}^h = \hat{\boldsymbol{Q}}^h \cup \check{\boldsymbol{Q}}^h$, $\hat{\boldsymbol{Q}}^h \cap \check{\boldsymbol{Q}}^h = \varnothing$, $\left(q \in \hat{\boldsymbol{Q}}^h\right) \Rightarrow \left(q \in \overline{\boldsymbol{Q}}^h \vee q \in \widetilde{\boldsymbol{Q}}^h \vee q \in \ddot{\boldsymbol{Q}}^h\right)$, $\left(q \in \check{\boldsymbol{Q}}^h\right) \Rightarrow \left(q \in \overline{\boldsymbol{Q}}^h \vee q \in \widetilde{\boldsymbol{Q}}^h \vee q \in \ddot{\boldsymbol{Q}}^h\right)$.

7. W podzbiorach cech eksploatacyjnych $\boldsymbol{Q}_w^h = \left\{1,2,\ldots,q,\ldots,Q_w^h\right\}$ cząstkowych wymagań eksploatacyjnych $w = \left\{q : q \in \boldsymbol{Q}_w^h\right\} \in \boldsymbol{W}^h$ określić podzbiory cech:

– ustalonych $\overline{\boldsymbol{Q}}_w^h = \boldsymbol{Q}_w^h \cap \overline{\boldsymbol{Q}}^h$;

– rozmytych $\widetilde{\boldsymbol{Q}}_w^h = \boldsymbol{Q}_w^h \cap \widetilde{\boldsymbol{Q}}^h$;

– probabilistycznych $\ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h = \boldsymbol{Q}_w^h \cap \ddot{\boldsymbol{Q}}^h$.

8. Wyznaczyć podzbiory $A_{t,w}^h$ wartości $A_{t,q}^h$ cech eksploatacyjnych $q \in \boldsymbol{Q}_w^h = \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h \cup \widetilde{\boldsymbol{Q}}_w^h \cup \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h$ wymagań cząstkowych $w = \left\{q : q \in \boldsymbol{Q}_w^h\right\} \in \boldsymbol{W}^h$ oraz warunki ich spełnienia w chwili $t \in \boldsymbol{T}_w^h$:

– $\overline{\mathrm{A}}_{t,w}^h(t) = \left\{\overline{\mathrm{A}}_{t,q}^h : q \in \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h, t \in \boldsymbol{T}_w^h\right\}$, dla cech eksploatacyjnych ustalonych $q \in \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h$, gdzie: $\overline{\mathrm{A}}_{t,q}^h = \left[\left(\alpha_{t,q}^h, \overline{\mu}_A^h(\alpha_q^h)\right) : \alpha_{t,q}^h \in \Lambda_q\right]$, $\overline{\mu}_A^h(\alpha_q^h) : \Lambda_q \to [0,1]$ – funkcja zgodności zbioru $\overline{A}_{t,q}^h$, która określa stopień zgodności wartości $a_{t,q}^h$ i wymagań $\overline{A}_{t,q}^h$; przykłady funkcji zgodności przedstawiono na rys. 1;

– $\widetilde{\mathrm{A}}_{t,w}^h = \left\{\widetilde{\mathrm{A}}_{t,q}^h : q \in \widetilde{\boldsymbol{Q}}_w^h, t \in \boldsymbol{T}_w^h\right\}$ dla cech eksploatacyjnych rozmytych $q \in \widetilde{\boldsymbol{Q}}_w^h$, gdzie: $\widetilde{\mathrm{A}}_{t,q}^h = \left[\left(\alpha_{t,q}^h, \widetilde{\mu}_A^h(\alpha_q^h)\right) : \alpha_{t,q}^h \in \Lambda_q\right]$, $\widetilde{\mu}_A^h(\alpha_q) : \Lambda_q \to [0,1]$ – funkcja przynależności zbioru $\widetilde{A}_{t,q}^h$, która określa w jakim stopniu wartości $a_{t,q}^h$ należą do zbiorów $\widetilde{A}_{t,q}^h$;

– $\ddot{\mathrm{A}}_{t,w}^h = \left\{\ddot{\mathrm{A}}_{t,q}^h : q \in \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h, t \in \boldsymbol{T}_w^h\right\}$ dla cech eksploatacyjnych probabilistycznych $q \in \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h$, gdzie: $\ddot{\mathrm{A}}_{t,q}^h = \left[\left(\alpha_{t,q}^h, \ddot{\mu}_A^h(\alpha_q^h)\right) : \alpha_{t,q}^h \in \Lambda_q\right]$, $\ddot{\mu}_A^h(\alpha_q^h) : \Lambda_q \to [0,1]$ dystrybuanta zmiennej losowej Λ_q.

9. Pomierzyć, wyznaczyć lub obliczyć wartości $a_{t,q}^h$ cech $q \in \boldsymbol{Q}^h$ stanu eksploatacyjnego $a_t^h = \left\{a_{t,q}^h : q \in \boldsymbol{Q}^h, t \in \boldsymbol{T}^h\right\}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h$.

10. Ustalić stany cząstkowe $a_{t,w}^h = \left\{a_{t,q}^h : q \in \boldsymbol{Q}_w^h = \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h \cup \widetilde{\boldsymbol{Q}}_w^h \cup \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h, t \in \boldsymbol{T}_w^h\right\}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ związane z wymaganiami cząstkowymi $w = \left\{q : q \in \boldsymbol{Q}_w^h\right\} \in \boldsymbol{W}^h$.

11. Dla wartości $a_{t,q}^h \in a_{t,w}^h$ cech $q \in \boldsymbol{Q}_w^h = \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h \cup \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h \cup \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}_w^h$ wyznaczyć wartości:

- funkcji zgodności $\overline{\mu}_q^h\left(a_{t,q}^h\right)$ – dla cech ustalonych $q \in \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h$ (rys.1);
- funkcji przynależności $\tilde{\mu}_q^h\left(a_{t,q}^h\right)$ – dla cech rozmytych $q \in \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h$;
- dystrybuanty $\ddot{\mu}_q^h\left(a_{t,q}^h\right)$ – dla cech probabilistycznych $q \in \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h$;

12. Wyznaczyć wartości współczynników koniunkcyjnych $v_{t,q}^h$ cech koniunkcyjnych $q \in \hat{\boldsymbol{Q}}^h \cap \boldsymbol{Q}_w^h$ wymagań $w = \left\{q : q \in \boldsymbol{Q}_w^h\right\} \in \boldsymbol{W}^h$, przy czym:

$$v_{t,q}^h = \begin{cases} 1, & \text{gdy } a_{t,q}^h \in A_{t,q}^h,\ A_{t,q}^h = \overline{A}_{t,q}^h, \text{ lub } A_{t,q}^h = \tilde{A}_{t,q}^h, \text{ lub } A_{t,q}^h = \ddot{A}_{t,q}^h \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

13. Obliczyć średni stopień zgodności $p_{t,w}^h$, $p_{t,w}^h \in [0,1]$ stanu cząstkowego $a_{t,w}^h$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h$ i wymagań $A_{t,w}^h$, $w \in \boldsymbol{W}^h$:

$$p_{t,w}^h = \prod_{q \in \hat{\boldsymbol{Q}}_w^h} v_{t,q}^h \; \frac{\sum_{q \in \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h} \overline{\mu}_q^h(a_{t,q}^h) + \sum_{q \in \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h} \tilde{\mu}_q^h(a_{t,q}^h) + \sum_{q \in \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h} \ddot{\mu}_q^h(a_{t,q}^h)}{\left|\overline{\boldsymbol{Q}}_w^h\right| + \left|\tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h\right| + \left|\ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h\right|} \quad \text{lub} \tag{2}$$

$$p_{t,w}^h = \prod_{q \in \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h} v_{t,q}^h \; \frac{\sum_{q \in \boldsymbol{Q}^h \setminus \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h} \mu_q^h(a_{t,q}^h) + \sum_{q \in \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h} \mu_q^h(a_{t,q}^h)}{\left|\boldsymbol{Q}^h \setminus \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h\right| + \left|\tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h\right|}, \tag{3}$$

- $\mu_q^h = \overline{\mu}_q^h$ dla $q \in \overline{\boldsymbol{Q}}_w^h$, $\mu_q^h = \tilde{\mu}_q^h$ dla $q \in \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h$, $\mu_q^h = \ddot{\mu}_q^h$ dla $q \in \ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h$;
- $\left|\boldsymbol{Q}^h \setminus \tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h\right|$, $\left|\overline{\boldsymbol{Q}}_w^h\right|$, $\left|\tilde{\boldsymbol{Q}}_w^h\right|$, $\left|\ddot{\boldsymbol{Q}}_w^h\right|$ – liczność podzbiorów cech $q \in \boldsymbol{Q}_w^h$ wymagań $w \in \boldsymbol{W}^h$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$.

14. W zbiorze wymagań eksploatacyjnych $\boldsymbol{W}^h$ wyróżnić podzbiory wymagań:

- ***multiplikatywnych*** $\hat{\boldsymbol{W}}^h$, które mogą być spełnione w różnym stopniu lecz obiekt może być eksploatowany zgodnie z przeznaczeniem i efektywnie utrzymywany tylko wtedy, gdy wartości cech $a_{t,q}^h$ stanu cząstkowego $a_{t,w}^h$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ są lepsze niż pewne wartości graniczne wymagania $w \in \hat{\boldsymbol{W}}^h$;
- ***komplementarnych*** $\check{\boldsymbol{W}}^h \subset \boldsymbol{W}^h$, które mogą być spełnione w różnym stopniu, lecz obiekt może być eksploatowany zgodnie z przeznaczeniem w pewnym

standardzie jakości nawet wówczas, gdy wartości cech $a^h_{t,q}$ stanu cząstkowego $a^h_{t,w}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ są gorsze niż wartości racjonalne lub optymalne wymagania $w \in \tilde{\boldsymbol{W}}^h$;

– wymagania multiplikatywne i komplementarne muszą spełniać następujące zależności $\boldsymbol{W}^h = \tilde{\boldsymbol{W}}^h \cup \check{\boldsymbol{W}}^h$, $\tilde{\boldsymbol{W}}^h \cap \check{\boldsymbol{W}}^h = \varnothing$.

15. Wyznaczyć progi zgodności ψ^h_w, $w \in \hat{\boldsymbol{W}}^h$, cząstkowych wymagań multiplikatywnych $A^h_{t,w}$ i stanu cząstkowego $a^h_{t,w}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h_w$.

16. Sprawdzić cząstkowy warunek zgodności $p^h_{t,w} \geq \psi^h_w$ stanu cząstkowego i wymagań cząstkowych – spełnienie tego warunku oznacza, że cząstkowy stan eksploatacyjny $a^h_{t,w}$, $w \in \hat{\boldsymbol{W}}^h$, obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ spełnia cząstkowe wymaganie eksploatacyjne $A^h_{t,w}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h_w$.

17. Wyznaczyć wartości współczynników koniunkcyjnych $\nu^h_{t,w}$ spełnienia wymagań $w \in \tilde{\boldsymbol{W}}^h$: $\nu^h_{t,w} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } p^h_{t,w} \geq \psi^h_w, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$

18. Obliczyć średni stopień zgodności $p^h_{t,\boldsymbol{W}}$, $p^h_{t,\boldsymbol{W}} \in [0,1]$, stanu eksploatacyjnego a^h_t obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ w chwili $t \in \boldsymbol{T}^h_w$ i wymagań $A^h_{t,\boldsymbol{W}}$, $\boldsymbol{W}^h = \{1, 2, \ldots, w, \ldots, W^h\}$:

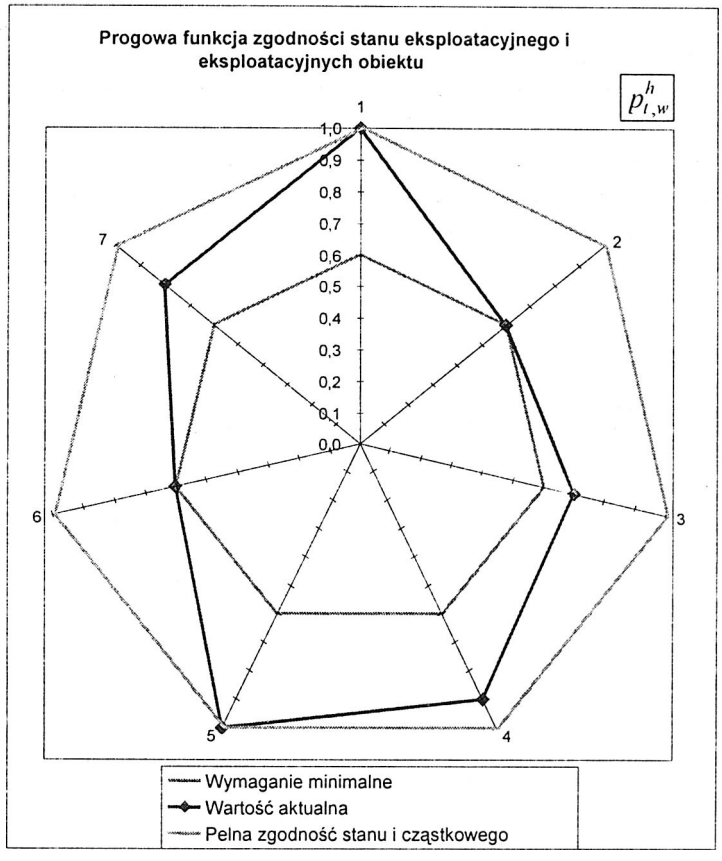
$$p^h_{t,\boldsymbol{W}} = \prod_{w \in \tilde{\boldsymbol{W}}^h} \nu^h_{t,w}{}^{\frac{\sum_{w \in \tilde{\boldsymbol{W}}^h} p^h_{t,w} + \sum_{w \in \hat{\boldsymbol{W}}^h} p^h_{t,w}}{|\check{\boldsymbol{W}}^h| + |\hat{\boldsymbol{W}}^h|}}, \tag{4}$$

– $|\boldsymbol{W}^h|$, $|\check{\boldsymbol{W}}^h|$, $|\hat{\boldsymbol{W}}^h|$ – liczność zbioru wymagań eksploatacyjnych $\boldsymbol{W}^h$ oraz podzbiorów wymagań komplementarnych $\check{\boldsymbol{W}}^h$ i multiplikatywnych $\hat{\boldsymbol{W}}^h$.

19. Ustalić próg zgodności $\psi^h_{\boldsymbol{W}}$ stanu eksploatacyjnego a^h_t i wymagań $A^h_{t,\boldsymbol{W}}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$.

20. Sprawdzić kompleksowy warunek zgodności $p^h_{t,\boldsymbol{W}} \geq \psi^h_{\boldsymbol{W}}$ stanu eksploatacyjnego a^h_t i wymagań eksploatacyjnych $A^h_{t,\boldsymbol{W}}$ obiektu $h \in \boldsymbol{H}$ – spełnienie tego warunku oznacza, że obiekt spełnia wszystkie wymagania eksploatacyjne w stopniu $p^h_{t,\boldsymbol{W}}$.

21. Sporządzić wykres kołowy stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego – rys. 2.



Rys. 2. Wykres kołowy stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego – przykład: 1,2,3,4,5,6,7 – numery wymagań; $p^h_{t,w} \in [0,1]$ – stopień spełnienia wymagań.

Fig. 2. Pie chart of exploitation state of construction structure – example: 1,2,3,4,5,6,7 – numbers of requirements; $p^h_{t,w} \in [0,1]$ – level of requirements fulfilment.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Analiza identyfikacyjna i ocenowa stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego może stanowić wygodną metodę diagnostyki eksploatacyjnej stanu obiektów budowlanych. Cząstkowy wskaźnik zgodności wymagań i cząstkowego stanu eksploatacyjnego pozwala wszechstronnie, adekwatnie do potrzeb i bardzo przejrzyście określić stopień spełnienia wymagań przez obiekt z określonego punktu widzenia. Wskaźniki cząstkowe dla wszystkich wymagań i odpowiadający im wykres kołowy przedstawiają szczegółowy stan eksploatacyjny obiektu budowlanego. Kompleksowy wskaźnik zgodności określa stopień spełnienia wszystkich wymagań eksploatacyjnych przez

obiekt. W praktyce może być wykorzystywany jako wskaźnik pomocniczy ułatwiający podejmowanie decyzji eksploatacyjnych i porównanie stan badanego obiektu oraz stanów innych obiektów. Metoda przygotowana w wersji komputerowej dla danej klasy obiektów budowlanych może być wykorzystywana podczas okresowej kontroli obiektów budowlanych. Rozszerzenie metody na system eksploatacji obiektów budowlanych może być podstawą przygotowania i prowadzenia audytów eksploatacyjnych obiektów budowlanych.

LITERATURA

[1] KASPROWICZ T., *Modelling of Complex Small Buildings Operation and Maintenance*, [w:] Proceedings of 9th International Conference on „Inspection, Appraisal, Repairs and Maintenance of Structures, Fuzhou, China, 19–21 October, 2005, 297–304.

[2] KASPROWICZ T., *Eksploatacja obiektów budowlanych*, [w:] Mat. Konf. 51 Konf. Nauk. KILiW PAN i KN PZITB „KRYNICA 2005 „Problemy naukowo-badawcze budownictwa", Krynica, 11–18 września 2005, 171–178.

[3] KASPROWICZ T., *Analiza identyfikacyjna eksploatacji obiektów budowlanych*, [w:] Mat. Konf. Konf. nt. „Budownictwo polskie w rok po wejściu do Unii Europejskiej. Wybrane problemy technologiczne i organizacyjne", Gdańsk, 9–11 czerwca 2005, 99–105.

IDENTIFICATION AND EVALUATION ANALYSIS OF CONSTRUCTION STRUCTURES EXPLOITATION STATE

Identification and evaluation of construction structure state analysis consist in determination relations between its exploitation state and exploitation requirements. The exploitation state is described by using the exploitation features that determine possibility of operation according to the object use and conditions of its maintenance. The exploitation requirements are determined on the set of exploitation features and establish acceptable, rational or optimistic values of the features. Comprehensive evaluation of the construction structure exploitation state is presented on pie chart. The exploitation state can also be determined by using the index of average fulfilment of the exploitation requirements by the construction structure in the given exploitation state.

Nr 87 Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

korelacja, uszkodzenie, zużycie techniczne

Jarosław KONIOR*

KORELACJA RÓŻNEGO RODZAJU CECH ELEMENTÓW BUDOWLANYCH

W artykule przedstawiono metodę określania związków liczbowych pomiędzy uszkodzeniami elementów badanych budynków mieszkalnych, wyrażającymi warunki ich utrzymania, a wielkością technicznego zużycia tychże elementów. Zidentyfikowano zmienne niemierzalne – jakościowe, tj. występujące pojedyncze uszkodzenia o wartościach dychotomicznych oraz zmienne mierzalne – ilościowe, tj. stopnie technicznego zużycia poszczególnych elementów budowlanych. Podjęto próbę liczbowego wyrażenia współzależności między nimi. Do obliczenia siły tej asocjacji wykorzystano punktowy, dwuszeregowy współczynnik korelacji cech różnego rodzaju. Zbadano istotność tego współczynnika w typologiczno dobranej, celowej próbie badawczej. Dokonano ekstrapolacji wyników próby na jednorodną populację kamienic czynszowych.

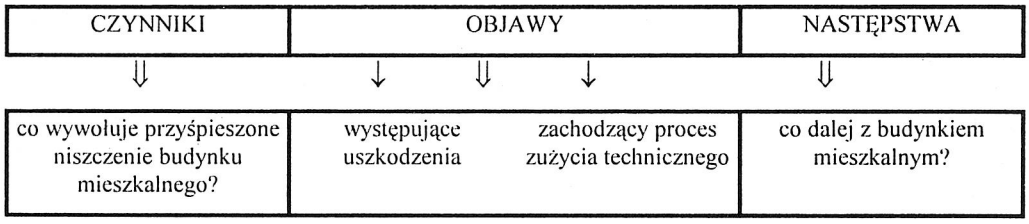
1. SCHEMAT OGÓLNY MODELU PRZYCZYNOWO – SKUTKOWEGO „USZKODZENIA – ZUŻYCIE TECHNICZNE"

Ogólny schemat modelu przyczynowo-skutkowego „uszkodzenie – zużycie techniczne elementów budowlanych" jest rezultatem syntezy wyników wizualnych badań wyselekcjonowanej próby badawczej kamienic czynszowych wrocławskiej dzielnicy „Śródmieście" [2], [8].

Schemat rozpatrywanego modelu na poziomie największego uogólnienia przedstawiono na rys. 1.

W artykule przedstawiono statystyczną metodę skojarzenia występujących uszkodzeń z zachodzącym procesem technicznego zużycia elementów budynków mieszkalnych w typologicznie dobranej, celowej próbie badawczej [5], [6].

* Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław



Rys. 1. Ogólny schemat modelu przyczynowo-skutkowego „uszkodzenie – zużycie techniczne elementów budowlanych"
Fig. 1. General scheme of cause-effect model of "defect – technical wear" of building elements

2. PUNKTOWY, DWUSZEREGOWY WSPÓŁCZYNNIK KORELACJI JAKO WSKAŹNIK KORELACJI CECH RÓŻNEGO RODZAJU

Wizualny etap określenia wielkości objawów zniszczeń elementów śródmiejskich kamienic czynszowych składał się z identyfikacji zmiennych dwojakiego rodzaju:

- zmiennych niemierzalnych – jakościowych, tj. występujących pojedynczych uszkodzeń u_{ij};
- zmiennych mierzalnych – ilościowych, tj. wielkości stopnia zużycia technicznego poszczególnych elementów z_i.

Zmierzone wartości stopnia zużycia technicznego skategoryzowano jako zmienne ilościowe. Analiza opisowa i pojęciowa występujących uszkodzeń elementów kamienic czynszowych w kategoriach analizy systemowej nie upoważniła do przyjęcia ich w rezultacie przeprowadzonych badań za zmienne mierzalne. Największą wadą stosowanej przez ekspertów metody oceny stanu technicznego śródmiejskich kamienic czynszowych było to, że nie precyzowała ona w sposób liczbowy wielkości (siły) uszkodzenia. Nie można było, nawet przy najwierniejszym odtworzeniu dokumentacji technicznej i popartym badaniami weryfikacyjnymi, odróżnić wartością mierzalną np. „znacznej korozji" belek stalowych schodów od „silnej korozji" tego elementu oraz np. „mocnego wyeksploatowania" instalacji elektrycznej od „mocnego wyeksploatowania" innego elementu. Przy tak znacznym pojęciowym niesprecyzowaniu wielkości uszkodzeń elementarnych uij, postanowiono określać występowanie (lub nie) uszkodzenia w systemie binarnym, czyli przyjąć założenie, że uszkodzenie elementu budowlanego – identyfikowane na poziomie podstawowym – jest zmienną o charakterze dychotomicznym $\{u_j\} = [0,1]$.

Po określeniu rodzaju zmiennych z_i i u_{ij} podjęto próbę liczbowego wyrażenia współzależności (jeśli takie istnieją) między nimi; tzn. zmierzenia wpływu występujących uszkodzeń elementów analizowanych budynków na wielkość procesu ich technicznego zużycia. Do obliczenia siły tego związku wykorzystano metodę wyznaczenia punktowego, dwuszeregowego współczynnika korelacji dla cechy mierzalnej z_i i dy-

chotomicznej u_{ij}, który oznaczono ogólnie $r(Z)$. Jest to jeden z nielicznych w statystyce przypadków korelowania cech różnego rodzaju [1], [7]. Współczynnik korelacji zmienia swoją wartość w zakresie [–1,1]. W zbiorach uszkodzeń U dla każdego rodzaju elementarnego uszkodzenia $u_{ij} = u_i$ (gdy j = 1,2, ... ,m) i zużycia technicznego Z określono:

- u_i – zmienną dychotomiczną przyjmującą wartości 0 (u_{i0}) lub 1 (u_{i1}); i = 1,2, ..., n;
- u_0 – liczbę obserwacji zmiennej u_i oznaczonych 0;
- u_1 – liczbę obserwacji zmiennej u_i oznaczonych 1;

oczywiście $u = u_0 + u_1$ (jeżeli przez u rozumie się liczbę wszystkich obserwacji u_i), oraz:

- z_i – zmienną mierzalną; wartości tej zmiennej podzielono na dwie grupy w zależności od tego czy uj przyjmuje wartości 0 czy 1; i = 1,2, ..., n;
- z_{i0} – wartość cechy z_i dla tych jednostek „i", dla których występuje cecha u_{i0};
- z_{i1} – wartość cechy z_i dla tych jednostek „i", dla których występuje cecha u_{i1}.

Następnie w obu grupach policzono średnie arytmetyczne:

$$\overline{z_0} = \frac{1}{u_0} \sum_{i=1}^{u_0} z_{i0} \tag{2.1};$$

$$\overline{z_1} = \frac{1}{u_1} \sum_{i=1}^{u_1} z_{i1} \tag{2.2},$$

odchylenie standardowe (określone dla korelacji $r(Z)$ inaczej definiowaną zależnością):

$$d(Z) = \sqrt{\frac{u\sum_{i=1}^{u} z_i^{\,2} - (\sum_{i=1}^{u} z_i)^2}{u(u-1)}} \tag{2.3}$$

i w efekcie, na podstawie (2.1–3), punktowy, dwuszeregowy współczynnik korelacji $r(Z)$:

$$r(Z) = \frac{\overline{z_1} - \overline{z_0}}{d(Z)} \sqrt{\frac{u_1 u_0}{u(u-1)}} \tag{2.4}$$

Przedstawiony wyżej sposób kojarzenia uszkodzeń elementów analizowanych budynków z ich technicznym zużyciem, umożliwiający określenie kierunku i siły tego związku, wykorzystano do zbadania wpływu występujących uszkodzeń na zachodzenie procesu zużycia badanych elementów budynków mieszkalnych [5].

2.1. BADANIE ISTOTNOŚCI PUNKTOWEGO, DWUSZEREGOWEGO WSPÓŁCZYNNIKA KORELACJI W PRÓBIE O ROZPOZNANEJ WIELKOŚCI

Analiza zależności przyczynowo-skutkowych „uszkodzenie – zużycie techniczne", zestawionych jednocześnie dla 10 wybranych elementów budynków, wskazuje na znaczny zakres rozpiętości siły tych związków w obrębie tego samego typu uszkodzenia elementarnego u_1–u_{30} (tab. 2.1). W celu porównania zakresu zmiany korelacji uszkodzeń i zużycia technicznego z kierunkiem zmiany zakresów prawdopodobieństw cząstkowych $p(u)$II, $p(u)$III, $p(u)$IV zestawiono je w jednej tablicy 2.1, zaznaczając wartości asocjacji tych uszkodzeń, które korelują z technicznym zużyciem najsilniej, tzn. $r(Z) > 0{,}5$.

Obserwacja tak znacznej rozpiętości związku pomiędzy zmienną mierzalną z_i, a dychotomiczną u_i skłoniła do zbadania istotności tej korelacji w próbie o liczebności u od 95 do 102 pomiarów 10 wybranych elementów śródmiejskich budynków mieszkalnych. Badanie istotności współczynnika korelacji $r(Z)$ przeprowadzono tak, jak w przypadku testów Pearsona i Spearmana [1], [3], [4], [7], z wykorzystaniem statystyki t studenta określonej następująco:

$$t = r(Z)\sqrt{\frac{u-2}{1-[r(Z)]^2}} \tag{2.1.1}$$

przy liczbie stopni swobody $df = u - 2$. W rezultacie obliczono dokładne prawdopodobieństwo $p(r)$ otrzymania takiej wartości statystyki t, jak uzyskana na podstawie reprezentatywnej próby, przy założeniu, że zachodzi hipoteza zerowa H_0 $(r(Z) = 0)$ przeciwko hipotezie alternatywnej H_1 $(r(Z) \neq 0)$ i określeniu dwustronnego obszaru kryterium. Prawdopodobieństwo $p(r)$ odpowiada obserwowanemu poziomowi istotności. W zasadzie w przypadku kojarzenia cech różnego rodzaju nie byłoby błędem przyjęcie poziomu istotności na poziomie 10%. Chcąc jednak zdecydowanie wyróżnić te rodzaje uszkodzeń, które najsilniej decydują o stopniu technicznego zużycia elementów budowlanych, założono, że jeśli $p(r) < 0{,}05$ to badana korelacja jest rzeczywiście istotna, natomiast jeżeli $0{,}05 \leq p(r) < 0{,}10$ to można uznać, że istnieje tendencja do szukanego związku. W tablicy 2.2 przedstawiono wartości punktowych, dwuszeregowych współczynników asocjacji $r(Z)$, zaznaczając te, które korelują najsilniej (na poziomie istotności wynoszącym 5%) oraz te, które wykazują tendencję do istnienia współzależności pomiędzy występującym uszkodzeniem a wielkością technicznego zużycia elementów analizowanych budynków mieszkalnych.

2.2. EKSTRAPOLACJA WYNIKÓW PRÓBY NA JEDNORODNĄ POPULACJĘ KAMIENIC CZYNSZOWYCH

Wszystkie badane próby 10 wybranych elementów śródmiejskich kamienic czynszowych są próbami licznymi statystycznie (u>30), a ponadto stanowią od 15,8% do

17,0% wielkości populacji generalnej o liczebności 600 budynków [8]. W celu ekstrapolacji wyników tak określonej próby na całą populację i wyznaczeniu przedziałów ufności dla punktowego dwuszeregowego współczynnika korelacji w populacji generalnej , posłużono się przybliżeniem rozkładu normalnego $N(0,1)$. Założono, że każdy z przedziałów ufności pokryje prawdziwą wartość r (będącego estymatorem w populacji współczynnika korelacji obliczonego z próby), z prawdopodobieństwem $1-p(r)=0{,}95$. Dla tak przyjętej wartości dystrybuanty $\Phi(x)=0{,}95$ w rozkładzie normalnym ze średnią 0 i odchyleniem standardowym 1, odczytano wartość statystyki, która w każdym rozpatrywanym przypadku wynosi $x=1{,}96$. Współczynnik korelacji $g(Z)$ w populacji generalnej, jest określony dolną i górną granicą przedziału ufności w następującej zależności [3], [7], [9]:

$$r(Z)_d < g(Z) < r(Z)_g \tag{2.2.1}$$

czyli:

$$r(Z) - x\frac{1-[r(Z)]^2}{\sqrt{u}} < g(Z) < r(Z) + x\frac{1-[r(Z)]^2}{\sqrt{u}} \tag{2.2.2}$$

Przyjęto także, że kwadrat estymatora $r(Z)$ odpowiada takiemu procentowi populacji generalnej, dla którego otrzymane dane można odnieść na poziomie ufności 95%.

3. WNIOSKI Z BADANIA WIELKOŚCI WPŁYWU WYSTĘPUJĄCYCH USZKODZEŃ NA STOPIEŃ TECHNICZNEGO ZUŻYCIA ELEMENTÓW BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Wyniki zbadanej zależności przyczynowo-skutkowej „uszkodzenie – zużycie techniczne" w reprezentatywnej próbie śródmiejskich budynków mieszkalnych wzniesionych metodami tradycyjnymi upoważniają do sformułowania następujących wniosków (tab. 2.1 i 2.2):

- kierunek związku, jak można było tego oczekiwać, jest prawostronny (dodatni) dla wszystkich 10 badanych elementów budynków, ale siła korelacji pomiędzy występującymi uszkodzeniami a ich technicznym zużyciem wykazuje znaczną rozpiętość (od 0,00 do 0,84);
- regułą jest, że największy wpływ na wielkość technicznego zużycia elementów analizowanych kamienic mają uszkodzenia spowodowane penetracją wody i przenikaniem wilgoci – średnio 0,54, przy czym jest to zawsze korelacja istotna;
- stan techniczny każdego z badanych elementów wykazuje ponadto wpływ uszkodzeń charakterystycznych dla swoich rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych, i tak np.:

– uszkodzeń drewnianych części elementów (belek stropów, stopnic schodów, więźby dachowej, stolarki okiennej) zaatakowanych przez szkodniki biologiczne – $r(Z) \cong 0{,}42$;

– uszkodzeń mechanicznych struktury i faktury elementów, przy czym istotność dotyczy tylko tych elementów, w których te uszkodzenia mogą być przyczyną dla pogłębienia wpływu uszkodzeń następnych (kumulujących się), np. ścian konstrukcyjnych podziemia i nadziemia oraz tynków wewnętrznych i zewnętrznych (ale już nie fundamentów czy masywnych stropów piwnic);

• za mało istotne można uznać uszkodzenia objawiające się utratą pierwotnego kształtu elementów drewnianych; wyjątkiem jest zwichrzenie stolarki okiennej o korelacji 0,42, dla której to uszkodzenie decyduje o znacznym spadku wartości jej funkcji użytkowej.

Ekstrapolacja wyników zbadanej zależności przyczynowo-skutkowej „uszkodzenie – zużycie techniczne" w reprezentatywnej próbie śródmiejskich budynków mieszkalnych na populację generalną o liczebności wynoszącej 600 kamienic, prowadzi do następujących wniosków (tab. 2.2):

• w każdym z badanych elementów występuje co najmniej jeden (do trzech) współczynnik korelacji $g(Z)$, określony w populacji generalnej, o umiarkowanej sile rozpatrywanego związku $(0{,}45 = r(Z)_d < g(Z) < r(Z)_g = 0{,}70)$ lub dość silny – $(0{,}60 = r(Z)_d < g(Z) < r(Z)_g = 0{,}80)$; korelacji bardzo silnej $(g(Z) > r(Z)_d = 0{,}80)$ nie stwierdzono;

• regułą jest, że korelację o sile co najmniej umiarkowanej wykazują zawsze uszkodzenia spowodowane penetracją wody i przenikaniem wilgoci; tylko w przypadku tynków wewnętrznych i elewacji za umiarkowane i dość silne można uznać także pojedyncze uszkodzenia mechaniczne ich struktury i faktury;

• dla przyjętego poziomu ufności 95%, zależności siły umiarkowanej można odnieść do 34–48% wielkości populacji generalnej, a korelacje dość silne – do 49–71%.

LITERATURA

[1] BAER D. E., *An introduction to latent variable models in the social sciences*, University of Western Ontario, Ontario 1993.

[2] CZAPLIŃSKI K., MARCINKOWSKA E., *Typologia starych budynków mieszkalnych ze względu na potrzebę ich odnowy*, Konferencja Naukowo-Problemowa: Techniczne i organizacyjne metody rewaloryzacji budowli, Szklarska Poręba 1993.

[3] GREŃ J., *Modele i zadania statystyki matematycznej*, PWN, Warszawa 1976.

[4] KENDALL M. G., *Rank correlation methods*, Griffin, London, Londyn 1955.

[5] KONIOR J., *Wpływ utrzymania budynków mieszkalnych na techniczne zużycie ich elementów*, Praca doktorska, Wrocław 1997.

[6] KONIOR J., MARCINKOWSKA E., *Analysis of technical wear of old apartment houses in Wrocław*, International Conference on Developments in Building Technology, Bratysława 1996.

[7] MORRISON D. F., *Multivariate Statistical Methods*, McGraw-Hill Book Company, Nowy Jork 1990.

[8] PRACA ZBIOROWA, *Badanie oraz ocena stanu technicznego i celowości poddania remontowi kapitalnemu budynków mieszkalnych we wrocławskiej dzielnicy Śródmieście*, Raporty serii „U" Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1984–90.
[9] ZAJĄC K., *Zarys metod statystycznych*, PWE, Warszawa 1988.

BUILDING ELEMENTS CORRELATION OF VARIOUS TYPES PARAMETERS

The descriptive analysis and analysis of definitions of defects occurring in the apartment houses elements performed as a system analysis of 'conventional' sets does not allow considering them as measurable variables at this stage of investigation. The major drawback of the method used by experts in the assessment of the technical condition of apartment houses consisted in the fact that it did not express the magnitude (strength) of defect numerically. An attempt was made at the numerical expression of relationship (should such relationships exist) between them, i.e. an attempt at measuring the influence of occurring defects of buildings on the extent of the technical wear process of these buildings. In the calculation of the strength of this relationship, the method of determination of the point biserial correlation coefficient for the measurable property and the dichotomous property was used. This is one of a few cases in the statistics when properties of various types are being correlated.

Nr 87 Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

eksploatacja obiektów, modelowanie i planowanie eksploatacji

Adam KRISTOWSKI*

MODELOWANIE OCENOWE OBIEKTU BUDOWLANEGO DLA POTRZEB PLANOWANIA PROCESU EKSPLOATACJI

W artykule autor porusza zagadnienia dotyczące planowania eksploatacji obiektów budowlanych. Dąży się do przedstawienia sposobu rozwiązywania zadań modelowych poprzez poszukiwanie „kompromisów" na podstawie przyjętego „modelu idealnego". Autor próbuje budować modele eksploatacji na podstawie badanych parametrów i własności obiektu oraz na podstawie zdefiniowanego cyklu eksploatacji. Oczekiwane efekty pracy badawczej w tym zakresie odnoszą się do konieczności i potrzeby budowy systemu oceny eksploatacji obiektów budowlanych w celu jego praktycznego wykorzystania. Dąży się także do przedstawienia wyników w formie graficznej.

1. ISTOTA I CEL PLANOWANIA PROCESU EKSPLOATACJI

Eksploatacja to [2] zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych mających na celu umożliwienie obiektowi wypełnienie wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dopasowaniem do zmian warunków zewnętrznych.

Posługując się Słownikiem Języka Polskiego pojęcie eksploatacja oznacza wykorzystywanie czegoś w sposób racjonalny a także użytkowanie urządzeń zgodnie z ich przeznaczeniem, także czerpanie zysku z czegoś.

Z pojęciem eksploatacja związane są pojęcia użytkowania i utrzymania obiektu budowlanego. W Ustawie: Prawo budowlane, [4] nie używa się w dosłownym znaczeniu pojęcia eksploatacja. Chociażby artykuł 5 i rozdział szósty tej ustawy mówią o użytkowaniu i utrzymywaniu obiektów budowlanych. Według innych źródeł użytkowanie [5] obiektu budowlanego to działanie związane z wypełnieniem przez obiekt wymaganych funkcji. Utrzymanie [5] obiektu budowlanego to działanie związane z umożliwieniem wypełnienia przez obiekt wymaganych funkcji.

Dla określania procesu użytkowania i utrzymywania proponuje się używać termin: eksploatacja obiektu budowlanego.

---

* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, e-mail: kristowski@poczta.onet.pl. Praca realizowana ze środków KBN w latach 2004–2007 jako projekt badawczy

Zgodnie z dobrą praktyką eksploatacji obiektów [1] istotę i cel procesu eksploatacji obiektów budowlanych zawrzeć można w następujących zagadnieniach:

- eksploatacja jest planowana, motywowana i kontrolowana,
- decyzje eksploatacyjne są uzasadniane ekonomicznie,
- podejmowanie decyzji eksploatacyjnych uwzględniają satysfakcję użytkownika,
- zarządzanie integruje „uczestników eksploatacji" wokół osiągania ich celów,
- stosowane są zasady zapobiegania uszkodzeniom, oparte na diagnostyce,
- stosowane jest logistyczne podejście do gotowości technicznej obiektów,
- upowszechniane są pozytywne i negatywne doświadczenia eksploatacyjne,
- usprawniane jest wsparcie logistyczne organizacji w zakresie zasobów,
- produkty i usługi są promowane ze względu na ich cechy eksploatacyjne,
- podnoszony jest poziom bezpieczeństwa techniki i technologii eksploatacji,
- stymulowana jest utylizacja odpadów eksploatacyjnych.

Planowanie okresu użytkowania [3] jest procesem projektowym, który dąży do zapewnienia, że okres użytkowania budynku będzie równy lub dłuższy niż okres projektowany. Jednocześnie należy wziąć pod uwagę koszty cyklu użytkowania budynku. Wykorzystując opracowania ISO [3] możemy posiadać dostarczony opis metodyki przewidywania okresu użytkowania tegoż obiektu budowlanego. W ten sposób dostarczono narzędzie, do porównywania różnych rozwiązań projektowych. Pozwala także na sprawdzenie, czy właściwości użytkowe nie zostaną niedopuszczalnie obniżone, w celu sprostania wymaganiom np. budżetowym.

Wymienione wyżej informacje są przeznaczona głównie dla:

- właścicieli (zarządców) budynków (obiektów budowlanych) i użytkowników,
- projektantów,
- osób zajmujących się utrzymaniem obiektów budowlanych,
- osób zajmujących się wyceną obiektów budowlanych,
- osób zajmujących się kontrolą okresową obiektów budowlanych.

Wprowadzona norma [3] zawiera wytyczne do przewidywania długoterminowych zmian we właściwościach użytkowych obiektów budowlanych podczas ich eksploatacji. Przewidywanie to oparte jest na wynikach badań poligonowych i ich przeliczeniu na przewidywane warunki eksploatacji. Uważam, że takie postępowanie może stanowić o podejmowaniu dobrych decyzji eksploatacyjnych i prowokować szerokie zainteresowanie badawcze.

2. PROPOZYCJA MODELU OCENOWEGO OBIEKTU BUDOWLANEGO

Ze względu na istniejące potrzeby poszukiwania rozwiązań praktycznego przedstawienia proponowanych rozwiązań wybrałem jako przykład eksploatacji obiektu budowlanego – proces eksploatacji mostów stalowych.

Proponuję poszukiwanie „sposobu" wykorzystania dotychczasowych elementów oceny mostów stalowych (wykorzystywanych podczas kontroli okresowych mostów) z rozpoczętymi pracami nad modelem matematycznym analizy i prognozowania eksploatacji infrastruktury (zgodnie z [5]).

Jeżeli:

$H = \{1,2,...h,...,H\}$ – jest to zbiór obiektów infrastruktury określonego typu, to:

Wielkości szukane:

są parametrami, które opisują ten obiekt $h \in H$ w sposób zupełny w określonej chwili czasu i charakteryzują jego zdolności użytkowe i potrzeby utrzymania. W pracy przedstawia się je jako:

$Q = \{1,2,...q,...,Q\}$ – zbiór parametrów przypisywanych każdemu z obiektów $h \in H$ – inaczej są to parametry opisujące stan obiektu w każdej chwili jego eksploatacji $t \in T^h$.

Rzeczywiste wartości parametrów lub charakterystyk $a_q^h(t)$ w chwili $t \in T^h$ wyznaczają aktualny stan eksploatacyjny $a^h(t)$ obiektu budowlanego $h \in H$ i decydują o jego przydatności eksploatacyjnej.

Dane posiadane, to:

$W = \{1,2,...w,...,W\}$ – jest to zbiór własności charakteryzujących każdy zbiór parametrów $Q(w)$ danego obiektu h, inaczej jest to zbiór wymagań, które obiekt eksploatowany zgodnie z przeznaczeniem musi spełniać. Proponuje się następujące rodzaje własności dla składanych mostów stalowych:

$w_m = 1$ – bezpieczeństwo konstrukcji,
$w_m = 2$ – jakość utrzymywania,
$w_m = 3$ – funkcjonalność konstrukcji,
$w_m = 4$ – jakość użytkowania,
$w_m = 5$ – możliwości utrzymywania,
$w_m = 6$ – służebność kryzysowa,
$w_m = 7$ – satysfakcja eksploatacyjna.

Wymienione własności opisują obiekt budowlany poprzez jego własności techniczne, funkcjonalne, użytkowe, wyposażenie, środowisko i otoczenie obiektu, które należy spełnić, aby obiekt mógł być eksploatowany zgodnie z przepisami prawa i warunkami technicznymi użytkowania i utrzymywania. Własności są określone przez konkretne wartości liczbowe przypisane w formie przedziałów do każdego z elementów zbioru W. Wartości własności są nanoszone na wykres kołowy stanowiący podstawę do analizowania i prognozowania eksploatacji obiektu (obiektów). Autor stara się opracować program komputerowy przeznaczony do badania, analizy i prognozowania eksploatacji obiektów budowlanych stanowiący praktyczne narzędzie i implementację komputerową prowadzonych badań.

Reasumując, można powiedzieć, że stan eksploatacyjny obiektu budowlanego opisywany jest przez zbiór parametrów $Q = \{1,2,...q,...,Q\}$. Parametry te określają jego zdolność i przydatność eksploatacyjną w określonej chwili czasu. Parametry mogą być

mierzone w chwili budowy obiektu lub w dowolnym okresie eksploatacji. Własności natomiast $W = \{1,2,...w,...,W\}$ są określone i przedstawione w formie wartości liczbowych dla danego typu zbioru obiektów $H = \{1,2,...h,...,H\}$ przed pomiarem parametrów. Należy dodać, że mierzone parametry q i ich wartości $a_q^h(t)$ opisujące stan eksploatacji obiektu w danej chwili t powinny przedstawiać wszechstronny opis jego eksploatacji z punktu widzenia jego wypełnianych funkcji i obowiązujących także w tej dziedzinie i danej chwili przepisów prawa i norm technicznych.

3. OCZEKIWANE EFEKTY ZASTOSOWANIA MODELU

Znaczącym impulsem do opracowania takiej koncepcji prognozowania eksploatacji obiektów budowlanych była chęć zaspokojenia potrzeb w zakresie przewidywania i kontroli kosztów związanych z „posiadaniem" budynków. Zauważyć można, że znaczna część kosztów cyklu eksploatacji obiektu budowlanego może być określona już podczas jego budowy. Ocena np. jak trwały będzie każdy element budynku, pomaga w podjęciu decyzji dotyczącej właściwych wymagań i rozwiązań szczegółowych eksploatacji. Gdy zostały oszacowane: okres użytkowania obiektu budowlanego i jego części, można zastosować metody opracowania planów eksploatacji obiektów z uwzględnieniem kosztów. Takiego rozwiązania autor stara się poszukiwać, a wynik algorytmu identyfikacji stanu eksploatacji powinien stanowić dobry i czytelny element kontroli stanu użytkowania i utrzymywania obiektu budowlanego. W takim przypadku powinna wzrosnąć elastyczność użytkowania, a prawdopodobieństwo zestarzenia się obiektu (także moralnego) będzie mniejsze.

LITERATURA

[1] DOWNAROWICZ O., *System eksploatacji. Zarządzanie zasobami techniki.* Gdańsk–Radom: Politechnika Gdańska; Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu, 2000 r.
[2] Polska Norma: PN-93/N 50191, Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność, jakość usług.
[3] Norma ISO 15686, Prognozowanie okresu użytkowania budynków i konstrukcji.
[4] Ustawa Prawo budowlane, Dz.U.03.207.2016, z późniejszymi zmianami.
[5] KASPROWICZ T., *Eksploatacja obiektów budowlanych*, materiały 51 Konf. Nauk. KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 2005, Problemy naukowo-badawcze budownictwa, str. 171–178.

MODELLING OPINIONS OF BUILDINGS' OBJECT FOR PLANNING PROCESS OF EXPLOITATION

Modelling of buildings' object opinion for planning of exploitation process. In article author introduces subject of modelling of buildings' exploitation process. Scientific research which author has conducted let to treat system of exploitation process planning.

Nr 87 Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

eksploatacja obiektów infrastruktury obronnej

Roman KRZEWIŃSKI*

EKSPLOATACJA SCHRONÓW

Przedstawiono charakterystykę schronów jako obiektów infrastruktury obronnej, obejmującą ich klasyfikację, podział na strefy wewnętrzne i podstawowe wymagania ochronne. Rozpatrzono dwa zasadnicze typy schronów: zabezpieczające przed skutkami działania broni jądrowej oraz konwencjonalnych środków rażenia Określono warunki oraz sposoby użytkowania i utrzymania schronów w czasie pokoju i w czasie wojny. Zidentyfikowano rodzaje stanów eksploatacyjnych i przedstawiono cykl eksploatacji schronu. Określono cechy eksploatacyjne opisujące stan obiektu i zaproponowano metodykę projektowania eksploatacji schronu.

1. CHARAKTERYSTYKA SCHRONÓW

Schron jest budowlą, mającą zabezpieczyć ukrytych w niej ludzi, mienie, urządzenia techniczne itp., przed działaniem środków rażenia o założonych parametrach, ze wszystkich możliwych stron [3]. W tym ujęciu schron stanowi budowlę zamkniętą.

1.1. KLASYFIKACJA SCHRONÓW

Klasyfikację schronów można prowadzić na podstawie różnych czynników [3] m. in. ze względu na usytuowanie w stosunku do poziomu terenu, ze względu na materiał konstrukcyjny czy też ze względu na sposób wykorzystania w czasie działań bojowych

Z punktu widzenia eksploatacji najbardziej istotne są podziały ze względu na **przeznaczenie** oraz **rodzaj wymagań ochronnych**. Ponadto istotne są dwie inne klasyfikacje:

a) ze względu na przystosowanie do wykorzystania w czasie pokoju do innych celów:

– schrony jako budowle jednofunkcyjne (pomieszczenia przeznaczone wyłącznie na schron),

* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

– budowle dwufunkcyjne, wykorzystywane w czasie wojny jako schrony, natomiast w okresie pokoju spełniające inne funkcje (garaże, pomieszczenia klubowe, sale sportowe itp.);

b) ze względu na usytuowanie schronu w stosunku do budynku (obiektu budowlanego): wolnostojące, piwniczne (pod budynkiem), w budynku (np. zajmujące piwnice i parter).

Ze względu na przeznaczenie najbardziej racjonalną wydaje się klasyfikacja wyróżniająca schrony: dla ludzi, dla techniki bojowej, dla stacjonarnych urządzeń technicznych oraz schrony zapasów materiałowych i cennego mienia, gdyż w poszczególnych grupach występują istotne różnice układów funkcjonalnych (podział na strefy użytkowania i utrzymania).

Wymagania ochronne w zasadniczy sposób determinują rozwiązania konstrukcyjne schronów. Można tu wyróżnić schrony zabezpieczające przed:

– bronią jądrową (BJ),
– konwencjonalnymi środkami rażenia (KSR),
– zarówno przed BJ jak i przed KSR.

1.2. PODZIAŁ SHRONU NA STREFY WEWNĘTRZNE

Pomieszczenia schronowe z punktu widzenia funkcji można podzielić na cztery grupy, tworzące odpowiednie strefy:

I. Strefa wejściowa, obejmująca: przelotnię, przedsionki wejściowe, węzeł sanitarny, węzeł zabiegów specjalnych (węzeł odkażania), wyjście awaryjne.

II. Strefa działalności podstawowej, której charakter wynika z przeznaczenia schronu, obejmująca: izby do siedzenia w schronach publicznych, pomieszczenia sztabowe w schronach stanowisk dowodzenia, pomieszczenia łączności (schron węzła łączności) itp.

III. Strefa socjalna, w której występują pomieszczenia do odpoczynku (spania), przygotowania i spożywania posiłków, gabinet lekarski, izby chorych, umywalnie, ustępy itp.

IV. Strefa techniczna, zawierająca pomieszczenia urządzeń wentylacyjnych, zaopatrujących w wodę, energię elektryczną oraz do usuwania ścieków, takie jak komory filtrów powietrza, wentylatorów, klimatyzacyjne, agregatornie, hydrofornie, stacje uzdatniania wody itp.

W zależności od przeznaczenia schronu (a także jego pojemności) różne będą proporcje powierzchni poszczególnych stref.

Analizując proces eksploatacji schronu, można dokonać podziału stref wewnętrznych na:

– **pomieszczenia użytkowe**, wchodzące w skład strefy działalności podstawowej i strefy socjalnej;

– **pomieszczenia** służące **utrzymaniu schronu**, w których znajduje się **baza obsługowa** obiektu, obejmujące strefę techniczną i część strefy wejściowej.

1.3. PODSTAWOWE WYMAGANIA OCHRONNE

1.3.1. SCHRONY ZABEZPIECZAJĄCE PRZED BRONIĄ JĄDROWĄ.

Schrony te można podzielić na chroniące przed skutkami [4]:

1. fali uderzeniowej i pozostałych czynników rażących wybuchu jądrowego,
2. wyłącznie przed działaniem opadu radioaktywnego,
3. wyłącznie przed działaniem promieniowania neutronowego (wywołanego wybuchem głowicy neutronowej).

Najczęściej występującym jest przypadek 1., a więc **schron zabezpieczający przed działaniem wszystkich czynników wybuchu jądrowego** (który wystąpił w pewnej odległości) takich jak fala uderzeniowa, promieniowanie przenikliwe początkowe i resztkowe (opad promieniotwórczy) oraz impuls cieplny.

Ogólnie można stwierdzić, że **konstrukcja schronu chroniącego przed skutkami wybuchu jądrowego musi spełniać następujące warunki**:

- szczelność elementów osłonowych,
- odporność na przyjęte obciążenia: falą uderzeniową, gruzem i ciężarem własnym,
- zdolność osłonowa polegająca na zredukowaniu ekspozycji promieniowania radioaktywnego oraz izolowaniu wnętrza od wysokiej temperatury,
- uwzględnienie skutków wstrząsu schronu.

1.3.2. SCHRONY ZABEZPIECZAJĄCE PRZED SKUTKAMI DZIAŁANIA KONWENCJONALNYCH ŚRODKÓW RAŻENIA

W tej kategorii można wyróżnić schrony chroniące przed:

1. jednokrotnym lub wielokrotnym bezpośrednim trafieniem pociskiem: bombą lotniczą, granatem artylerii lub głowicą konwencjonalną pocisku rakietowego;
2. bliskimi trafieniami pocisków;
3. skutkami wtórnymi: gruz, pożary, zasypanie otworów, zalewanie.

Podstawowe wymagania ochronne dla tych schronów obejmują:

- niedopuszczenie do przebicia elementu konstrukcyjnego,
- niedopuszczenie do odłamu w elemencie konstrukcyjnym,
- niedopuszczenie do ugięć trwałych elementu konstrukcyjnego,

oraz wymienione wyżej warunki jakie muszą spełniać schrony zabezpieczające przed bronią jądrową.

2. UŻYTKOWANIE SCHRONU

2.1. WARUNKI UŻYTKOWANIA SCHRONÓW

Prawo budowlane pozwala użytkować obiekt budowlany w sposób zgodny z jego przeznaczeniem i wymaganiami ochrony środowiska, gdy obiekt ten spełnia określone

warunki. Z uwagi na specyfikę funkcji schronu jako obiektu infrastruktury obronnej, możliwe jest spełnienie tylko części tych warunków:

1. Wymagania podstawowe dotyczące:
   a) bezpieczeństwa konstrukcji,
   b) bezpieczeństwa pożarowego,
   c) bezpieczeństwa użytkowania,
   d) odpowiednich warunków higienicznych oraz ochrony środowiska,
   e) ochrony przed hałasem i drganiami,
   f) oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród.
2. Warunki użytkowe zgodne z przeznaczeniem obiektu, w szczególności:
   a) warunki techniczne użytkowania obiektu,
   b) zaopatrzenie w wodę i energię elektryczną oraz, odpowiednio do potrzeb, w energię cieplną i paliwa, przy założeniu efektywnego wykorzystania tych czynników;
   c) usuwaniu ścieków, wody opadowej i odpadów.
3. Warunki bezpieczeństwa i higieny pracy w obiekcie.

Sposób spełnienia tych warunków, w schronach użytkowanych w okresie pokoju oraz w obiektach dwufunkcyjnych, będzie realizowany analogicznie jak w typowych obiektach budowlanych. Natomiast na okres wojny schron powinien posiadać autonomiczne systemy zaopatrzenia (studnia, hydrofornia, agregatornia, akumulatornia itp.) oraz usuwania ścieków.

Oprócz tego schrony muszą posiadać własne systemy wentylacyjne, umożliwiające kilkugodzinne (na czas ataku) odizolowanie schronu od atmosfery zewnętrznej.

2.2. SPOSOBY UŻYTKOWANIA SCHRONÓW W OKRESIE POKOJU (P) I WOJNY (W) [3]

a) w okresie P:

P1 – nieużytkowany, utrzymywany lub ochraniany (schrony publiczne, schrony bojowe);

P2 – użytkowany na potrzeby P (obiekt dwufunkcyjny);

P3 – użytkowany według przeznaczenia W (stanowiska dowodzenia centralnego szczebla, węzły łączności, schrony samolotów).

b) w okresie W:

W1 – użytkowany w czasie zagrożenia atakiem (schrony przeciwlotnicze, przeciwrakietowe);

W2 – użytkowany w czasie zagrożenia atakiem i długotrwałego działania czynników rażenia (schrony przeciwlotnicze, schrony zabezpieczające przed bronią jądrową);

W3 – użytkowany jak wyżej, napełniany z wyprzedzeniem ataku (schrony zabezpieczające przed bronią jądrową);

W4 – schron bojowy użytkowany jak W3 (schron bez załogi w okresie pokoju);
W5 – kontynuacja użytkowania pokojowego (P3).

2.3. UŻYTKOWANIE OGRANICZONE I WYMUSZONE

Użytkowanie ograniczone może wystąpić gdy funkcjonalne parametry lub charakterystyki schronu w wyniku zużycia eksploatacyjnego lub nadzwyczajnego osiągną wartości, które uniemożliwiają pełne wykorzystanie schronu. W przypadku schronów eksploatowanych w okresie P dotyczyć to może wypełniania przez schron wymaganych funkcji lub użytkowania części schronu, gdy na innej wykonywany jest remont, odbudowa lub przebudowa.

W przypadku schronów eksploatowanych w okresie W, gdy niektóre parametry lub charakterystyki schronu przekroczą dopuszczalne wartości , może zaistnieć przypadek **użytkowania wymuszonego.** Może on wystąpić, gdy warunki otoczenia schronu (np. po ataku bronią masowego rażenia) uniemożliwiają wyjście ze schronu. W tej sytuacji przebywanie wewnątrz schronu może się okazać korzystniejsze dla życia i zdrowia ludzi.

3. UTRZYMANIE SCHRONU

Prawo budowlane nakazuje utrzymywać obiekt budowlany w należytym stanie technicznym i estetycznym, nie dopuszczając do nadmiernego pogorszenia jego własności użytkowych i sprawności technicznej. W przypadku schronów użytkowanych w okresie P jak i obiektów dwufunkcyjnych, szczegółowy zakres prac związanych z ich utrzymaniem określa się jak dla typowych obiektów budowlanych, na podstawie kontroli [1]. Dane zawarte w protokołach kontroli stanowią podstawę do sporządzenia zestawienia robót remontowych. Zestawienie powinno zawierać podział robót na: roboty konserwacyjne, naprawy bieżące i naprawy główne.

W przypadku schronów wykorzystywanych wyłącznie w okresie W występuje szczególny stan eksploatacyjny – **utrzymanie bez użytkowania.** Schron nie posiada użytkownika i powinien być zamknięty w czasie pokoju. Pomimo braku użytkowania obiekt ulega zużyciu technicznemu i moralnemu. Obowiązkiem właściciela schronu jest prowadzenie okresowych kontroli i na ich podstawie sporządzenia zestawienia robót obejmujących konserwację, naprawy bieżące i naprawy główne. Taki charakter utrzymania można określić jako **utrzymanie planowe** [2].

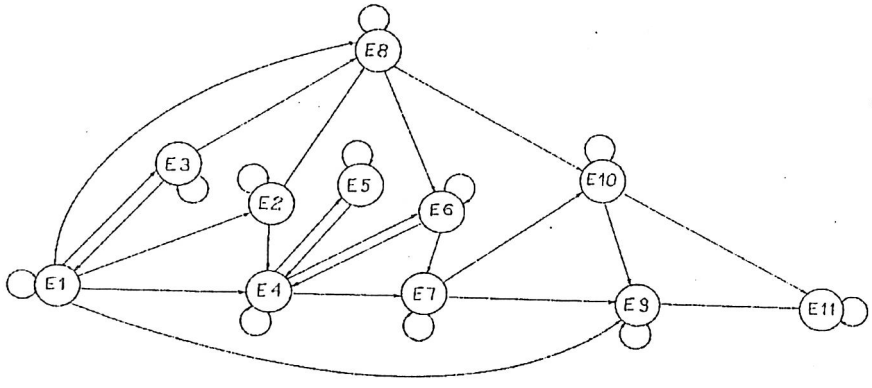
Szczególnym przypadkiem utrzymania schronu może być **utrzymanie nadzwyczajne,** które może wystąpić gdy schron nie jest w stanie spełniać wszystkich funkcji użytkowych w wyniku ataku przeciwnika. Przykładem utrzymania nadzwyczajnego jest **stan pełnej izolacji** schronu (odcięcie od atmosfery zewnętrznej) realizowany w wyniku ataku jądrowego lub innym rodzajem broni masowego rażenia.

4. STANY EKSPLOATACYJNE SCHRONU

Eksploatacja schronu jest procesem, w którym stan obiektu ulega zmianom. W przypadku schronów użytkowanych w okresie P i obiektów dwufunkcyjnych następuje zużycie eksploatacyjne i pogorszenie stanu obiektu. Schrony o przeznaczeniu tylko na okres W, w okresie pokoju nie są użytkowane ale utrzymywane. Planowe utrzymywanie obiektu podtrzymuje jego stan techniczny i stwarza możliwości wypełniania przez obiekt wymaganych funkcji.

4.1. RODZAJE STANÓW EKSPLOATACYJNYCH SHRONU

Analizując proces eksploatacji schronów zgodnie z ich przeznaczeniem oraz uwzględniając wyniki przeprowadzonych kontroli (pewna ilość schronów nie jest utrzymywana) można wyróżnić następujące stany eksploatacyjne (rys. 1):



Rys. 1. Cykl eksploatacji schronu
Fig. 1. Cycle of shelter's exploitation

E1 – Odbiór i przekazanie obiektu do eksploatacji lub zmiana funkcji na schronową (obiekt dwufunkcyjny P2),

E2 – Utrzymanie bez użytkowania,

E3 – Użytkowanie i utrzymanie zgodnie z funkcją pokojową (P2),

E4 – Użytkowanie z utrzymaniem,

E5 – Roboty konserwacyjne i użytkowanie zakłócone,

E6 – Naprawa bieżąca i użytkowanie ograniczone,

E7 – Użytkowanie ograniczone,

E8 – Stan nie użytkowania i nie utrzymania – schron zamknięty w okresie P (ochraniany),

E9 – Naprawa główna lub przebudowa,

E10 – Uszkodzenie, utrata własności ochronnych,

E11 – Rozbiórka lub zmiana przeznaczenia.

4.2. CYKL EKSPLOATACYJNY

Biorąc pod uwagę wymienione możliwe stany eksploatacyjne przedstawiono graf ilustrujący ogólny cykl eksploatacyjny schronu (rys. 1). Uwzględniając wyniki przeprowadzonych kontroli można wyodrębnić trzy szczególne cykle eksploatacyjne: normalny, nienormalny i krytyczny [1]. Dla ich zilustrowania przedstawiono przykładowo możliwe cykle eksploatacyjne schronu dwufunkcyjnego P2:

a) normalny: E1, E3, E1, E4, E5, E4, E6, E4, E7, E9,
b) nienormalny: E1, E3, E8, E10, E9, E1, E4,
c) krytyczny: E1,E3, E8, E10, E11.

5. PROJEKTOWANIE EKSPLOATACJI SCHRONÓW

Wymagania eksploatacyjne obiektu budowlanego określają warunki, które muszą być spełnione, aby obiekt był użytkowany zgodnie z przeznaczeniem oraz efektywnie utrzymywany. Dla każdego obiektu budowlanego można określić zbiór parametrów i charakterystyk opisujących jego zdolności użytkowe i potrzeby utrzymywania [2]. Uwzględniając specyfikę schronu jako obiektu infrastruktury obronnej dokonano próby takiego opisu.

5.1. CECHY EKSPLOATACYJNE OPISUJĄCE STAN OBIEKTU SCHRONOWEGO

1. Nośność schronu (odporność na obciążenia dynamiczne):
   - schrony przed BJ: nadciśnienie fali uderzeniowej,
   - schrony przed KSR: kaliber pocisku lub masa bomby.
2. Szczelność obiektu (ochrona przed falą uderzeniową i produktami spalania) – wyposażenie w automatyczne zawory przeciwwybuchowe o określonym czasie zamykania i nadciśnieniu.
3. Zdolność osłonowa (ochrona przed promieniowaniem przenikliwym i cieplnym) – określona grubość warstw osłonowych.
4. Odporność na wstrząs o określonej amplitudzie, prędkości i przyśpieszeniu.
5. Bezpieczeństwo pożarowe (pożar wewnętrzny).
6. Bezpieczeństwo użytkowania.
7. Ochrona przed hałasem i drganiami.
8. Warunki techniczne użytkowania schronu.
9. Warunki higieniczne i zdrowotne.
10. Warunki bhp w obiekcie i jego otoczeniu.
11. Zaopatrzenie w czyste powietrze: wydajność wentylatorów, zapas powietrza (tlenu) w butlach.
12. Zaopatrzenie w wodę, zapas w zbiornikach, zapasowe ujęcie.
13. Usuwanie ścieków i odpadów (zapasowy zbiornik).
14. Zasilanie w energię elektryczną (zapasowa prądnica, zapasowe akumulatory).

15. Czas pobytu ludzi w schronie.
16. Czas funkcjonowania schronu w pełnej izolacji od otoczenia.
17. Czas zmiany użytkowania z pokojowego na wojenne.
18. Zakłócenia użytkowania.
19. Ograniczenia użytkowania.
20. Efektywność konserwacji.
21. Efektywność napraw bieżących.
22. Standardy rynkowe schronów określonego typu.
23. Standardy techniczne schronów określonego typu.
24. Poczucie estetyczne właściciela.

5.2. WYMAGANIA EKSPLOATACYJNE SCHRONÓW

Wykorzystując wymienione cechy schronów, można określić stawiane im wymagania eksploatacyjne. Są to:

1. Bezpieczeństwo schronu określane przez cechy: 1–6;
2. Bezpieczeństwo ekologiczne określane przez cechę 7;
3. Charakterystyka techniczna schronu określana przez cechę 8;
4. Bezpieczeństwo eksploatacji określane przez cechy: 9–10;
5. Jakość użytkowania określane przez cechy: 11–19;
6. Efektywność utrzymywania określane przez cechy: 20–21;
7. Satysfakcja eksploatacyjna właściciela określane przez cechy: 22–24.

Analiza eksploatacji schronu jest podstawą, zarówno dla prawidłowego rozwiązania konstrukcyjnego, jak i sposobu użytkowania i utrzymywania. Dlatego też pierwszą fazą projektowania jest rozwiązanie układu funkcjonalnego danego typu schronu, czyli określenie parametrów urządzeń i pomieszczeń poszczególnych stref użytkowania i utrzymywania. W dalszej kolejności projektuje się konstrukcję schronu oraz określa stany graniczne użytkowania schronu. Kolejnym etapem jest projekt utrzymania schronu.

Końcowym elementem projektowania procesu eksploatacji powinien być plan zarządzania eksploatacją schronu, obejmujący okresy P i W oraz w szczególności przejście z eksploatacji pokojowej na wojenną.

LITERATURA

[1] BORKOWSKI M., *Charakterystyka eksploatacji i zużycia technicznego budynków*, [w:] Mat. IV Ogólnopolskiego Seminarium na temat „Problemy techniczno-prawne utrzymania obiektów budowlanych na terenach zamkniętych" GUNB. Warszawa 2003, 87–98.

[2] KASPROWICZ T., *Analiza identyfikacyjna eksploatacji obiektów budowlanych*, [w:] Mat. Konf. nt. „Budownictwo polskie w rok po wejściu do Unii Europejskiej. Wybrane problemy technologiczne i organizacyjne". Gdańsk 2005, 99–105.

[3] ROGALSKI M., *Podstawy projektowania schronów*. WAT. Warszawa 1989, 29–42, 90–104.

[4] ROGALSKI M., *Pomieszczenia schronowe i układ funkcjonalny*. WAT. Warszawa 1989, 177–191.

SHELTER'S EXPLOITATION

The article presents performance of shelters as objects of defensive infrastructure. The performance involves shelters classification and main protective requirements. Two main types of safety shelters are considered: these against results of nuclear as well as these against conventional weapon. Conditions and manners of maintenance and employment of shelters in peace and wartime are determined. Types of exploitation states are identified and cycle of shelter's exploitation is presented. Exploitation features of described object's state are determined and methodology of project of shelter exploitation is suggested.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Politechniki Wrocławskiej

Nr 87 Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

obrót nieruchomościami, zabudowa śródmiejska,
stopień zużycia technicznego, polityka remontowa

Ewa MARCINKOWSKA*
Krzysztof GAWRON*

ŚRÓDMIEJSKIE KAMIENICE WROCŁAWIA JAKO PRZEDMIOT OBROTU NIERUCHOMOŚCIAMI.

W pracy badano relacje między stopniem technicznego zużycia a ceną ofertową kamienic wrocławskich. Badania dotyczą lat 1991–2005. Na podstawie analizy technicznej, techniczno-ekonomicznej i ekonomicznej wnioskuje się o granicznej opłacalności zakupu kamienic przeznaczonych do remontu i modernizacji lub do odbudowy. Wskazano kierunki działań inżynierskich wywołanych zapotrzebowaniem na remont kamienic.

1. WPROWADZENIE

Po blisko półwiecznym okresie zaniedbań zaznacza się w Polsce powrót do wznoszenia budynków w wolnych miejscach śródmiejskich części miasta oraz remontów i modernizacji usytuowanych w nich kamienic. Zachowanie zgodnych z pierwotnymi założeniami ciągów ulicznych składa się na scenerię, która decyduje o charakterze i wyglądzie śródmieścia miast. Obszar śródmiejski otacza zazwyczaj najstarszą, centralną część miast, a zagospodarowanie jego przestrzeni postępowało wraz z rewolucja przemysłową przełomu XIX i XX wieku i trwało do wybuchu I wojny światowej. Wzniesione w tym okresie budynki charakteryzują się podobna funkcją, rozwiązaniami konstrukcyjno-materiałowymi i sposobem użytkowania. Odmienność budynków dotyczy najczęściej standardu funkcjonalnego, który wynikał z różnych poziomów gospodarczych i kulturowych oraz z różnych przepisów budowlanych w podzielonej wtedy na trzy zabory Polsce. Najwyższe standardy zaznaczyły się w częściach kraju objętych zaborem pruskim, a analogicznie w obecnym regionie dolnośląskim. Jest to jedna z przyczyn długotrwałości budynków, a jej konsekwencją jest aktualny wiek mieszkań. Według danych GUS do 2003 roku w regionie dolnośląskim ponad 20% mieszkań znajdowało się w budynkach wzniesionych przed I wojną światową, a w tym samym roku

* Politechnika Wrocławska Instytut Budownictwa, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

w całym kraju było takich mieszkań jedynie 6%. Z tego powodu śródmiejskie kamienice wrocławskie wydają się warte szczególnego zainteresowania. Wyodrębniono je z grupy kamienic zlokalizowanych w centrum miasta ze względu na inną wartość kulturową, zakres remontów i sposobów ich utrzymania oraz użytkowania.

W śródmiejskiej części Wrocławia kamienice zbudowane przed I wojną mają najczęściej cztery lub pięć kondygnacji o wysokości zróżnicowanej w pionie budynku. Wzniesione są z cegły, na ogół trójtraktowe, z podłużnymi ścianami nośnymi, z masywnymi stropami nad piwnicą (przeważnie ceglane sklepienia odcinkowe), a pozostałymi stropami drewnianymi. Nośne ściany podłużne traktu wewnętrznego cechuje przeważnie mała nośność ich fundamentów, co znacznie utrudnia (i jednocześnie podnosi koszty) wymiany stropów na masywne. Ściany przyziemia nie mają zarówno poziomej jak i pionowej izolacji przeciwwilgociowej (w początkowym okresie ich użytkowania zastępował je odpowiednio drenaż opaskowy budynku oraz ogólnomiejski system kanałów odwadniających). Obecnie w wyniku uszkodzenia drenażu zaznaczają się zawilgocenia ścian piwnic i ścian przyziemia. Budynki przykryte są drewnianą więźbą dachową. Schody najczęściej o konstrukcji stalowej z drewnianymi stopnicami, w dużej części niższych pięter budynków spotyka się ozdobne balustrady. Wystrój elewacji w budynkach starszych jest neoklasyczny, zaś w kamienicach wznoszonych w XX wieku, szczególnie przy ważniejszych traktach ulicznych, secesyjny z bogatymi zdobieniami.

Rewitalizacja starych śródmiejskich ciągów ulicznych jest przedmiotem złożonych problemów z zakresu architektury, budownictwa, ekonomii, a także historii sztuki i prawa. Z tej złożoności wybrano do rozpoznania zagadnienie stanu technicznego zachowania kamienic w odniesieniu do atrakcyjności społecznego zapotrzebowania. Założono, że sprawdzenie poziomu atrakcyjności wskaże zakres potrzeb dla rozwiązań architektonicznych i technologicznych w zakresie remontu i modernizacji oraz odbudowy kamienic.

W postępowaniu badawczym wykorzystano zasady analizy wartości [4], ze szczególnym uwzględnieniem zawartego w niej pojęcia funkcji użyteczności. W znaczeniu analizy wartości funkcja użyteczności jest to taka funkcja przedmiotu (lub wyrobu), której nabywca pożąda i za którą gotów jest zapłacić. Wartość funkcji (np. wyrażona przez cenę) odnosi się następnie do kosztu wytworzenia wyrobu.

Wstępne rozwiązanie problemu zostało wyprowadzone na podstawie:

- analizy technicznej,
- analizy relacji techniczno-ekonomicznych,
- analizy ekonomicznej.

W tym układzie wyniki badań zostaną przedstawione w dalszej części pracy.

2. ANALIZA TECHNICZNA

Celem analizy jest wskazanie metody wyliczenia stopnia technicznego zużycia kamienic odpowiedniej do przeprowadzenia porównań z aktualnym zapotrzebowa-

niem zlokalizowanych w nich mieszkań. Celem dodatkowy jest uzyskanie informacji o stanie technicznego zachowania kamienic.

Do wyznaczenia stopnia technicznego zużycia kamienic (S_z) zastosowano trzy różne sposoby postępowania. Pierwszy to wyprowadzenie stopnia technicznego zużycia z badań elementów starych budynków śródmiejskich Wrocławia przeprowadzonych w Zakładzie Metod Projektowania i Realizacji Budowli Instytutu Budownictwa PWr., np. [3]. Drugi i trzeci sposób polega na skorzystaniu z metod czasowych, np. [7], w odniesieniu do elementów budynku lub całości budynku. W metodach czasowych stopień technicznego zużycia jest funkcją trwałości i okresu eksploatacji (elementu lub całości budynku). Postać funkcji przypisana jest do poziomu staranności utrzymania obiektu. Mając na uwadze historyczny przebieg eksploatacji uznano, że do 1939 r. kamienice utrzymane były bardzo starannie, wobec czego zastosowano dla tego okresu formułę Eytelweina i Rossa, tj.:

$$S_Z = \frac{t^2}{T^2} \times 100\,[\%] \tag{1}$$

gdzie: T – trwałość elementu lub budynku,
t – okres eksploatacji elementu lub budynku.

Poziom utrzymania kamienic po 1939 r. oceniono jako zły, w związku z czym zastosowano formułę liniową, tj.:

$$S_Z = \frac{t}{T} \times 100\,[\%] \tag{2}$$

gdzie oznaczenia jak w (1).

Informacje (1999 r.) zaczerpnięte z pracy [6] dotyczą budynków o średnim dziewięćdziesięcioletnim okresie eksploatacji. W związku z celem zadania przyjęto, ze wyliczenia według metod czasowych dotyczyć będą budynków wzniesionych w 1909 r. z aktualnością na 1999 r. Przy przyjęciu powyższych założeń zmodyfikowano wzory (1) i (2) do postaci:

$$S_Z = \left(\frac{t_1^2}{T^2} + \frac{t_2}{T - t_1} \right) \times 100\,[\%] \tag{3}$$

gdzie: T – trwałość elementu lub budynku,
t_1 – pierwszy okres eksploatacji, do 1939 r.,
t_2 – drugi okres eksploatacji, po 1939 r.

W przypadku obliczeń szczegółowych (wg elementów budynku) wyprowadzono średnioważony stopień technicznego zużycia budynku, wg wzoru:

Tabela 1. Stopień technicznego zużycia elementów oraz całości dziewięćdziesięcioletnich kamienic śródmiejskich we Wrocławiu
Table 1. Technical wear degree of some building elements and a whole 90-year-old down-town tenement-houses in Wrocław

Lp.	Element budynku	Udział elementu w koszcie budynku [%]	S_Z wg badań elementów [%]				S_Z wg metod czasowych, wzór (3) [%]			
			zaobserwowany		z uwagi na remont kapitalny		T	$t_1 + t_2$	elementu	budynku
			elementu	budynku	elementu	budynku				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Roboty ziemne	1,7	28,5	0,48	28,5	0,48			28,5	0,48
2	Fundamenty	0,9	38,2	0,34	38,2	0,34	180	90	42,7	0,38
3	Izolacje	0,2	96,6	0,19	100,0	0,19			96,6	0,19
4	Ściany konstrukcyjne	22,1	39,4	8,27	39,4	8,27	150	90	54,0	11,93
5	Ściany działowe	3,7	37,2	1,38	100,0	3,70	100	90	90,0	3,33
6	Stropy i balkony	10,1	44,4	4,48	85,0	8,59	150/80	90	100,0/60,0	8,78
7	Schody	1,9	43,2	0,82	60,0	1,14	150	90	54,0	1,02
8	Więźba dachowa	1,8	48,4	0,87	48,4	0,87	75	90	100,0	1,80
9	Pokrycie dachu	1,2	55,0	0,66	100,0	1,20	40	15	37,0	0,45
10	Tynki i oblicowania, obróbki blacharskie	7,3	44,8	3,27	60,0	4,38	60	90	100,0	7,30
11	Stolarka okienna	6,5	51,3	3,33	100,0	6,50	50	90	100,0	6,50
12	Stolarka drzwiowa	4,7	40,3	1,89	80,0	3,76	80	90	100,0	4,70
13	Podłogi i posadzki	6,6	55,8	3,68	100,0	6,60	100	90	90,0	5,90
14	Malowanie	2,5	57,8	1,44	100,0	2,50			57,8	1,44
15	Piece	6,3	48,4	3,05	100,0	6,30	40	20	50,0	3,15
16	Instalacja wod.-kan.	8,8	49,4	4,35	80,0	7,04			80,0	7,04
17	Instalacja gazowa	1,8	42,2	0,76	80,0	1,44			80,0	1,44
18	Instalacja elektryczna	2,1	46,9	0,99	80,0	1,68			80,0	1,68
19	Elementy ślus.-kowal.	0,4	41,0	0,16	50,0	0,20			41,0	0,20
20	Inne	9,4	40,0	3,76	80,0	7,52			40,0	3,76
	Średnioważony stopień technicznego zużycia budynku			**44,17**		**72,70**				**71,47**

$$S_Z = \sum_{i=1}^{n} \frac{u \times S_e}{100} [\%] \tag{4}$$

gdzie: S_e – stopień technicznego zużycia elementu budynku [%],
u – udział elementu w koszcie budynku [%],
n – liczba elementów.

Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 1 i w tabeli 2. Ze względu na przydatność do dalszej części pracy w tabeli 2 zamieszczono wyniki dla okresu eksploatacji 1991–2005 r.

Tabela 2. Stopień technicznego zużycia wyliczony wg wzoru (3) dla całości budynku
Table 2. Technical wear degree calculated according to formula (3) for a whole building

Stopień technicznego zużycia (S_Z) kamienicy wzniesionej w 1909 r. [%]									
w roku	1991	1995	1997	1998	1999	2000	2003	2004	2005
S_Z [%]	64,00	68,47	70,69	71,80	72,92	74,02	77,36	81,80	82,91

Wnioski z analizy technicznej:

- Podobne wartości stopnia technicznego zużycia budynku wyliczone według metod czasowych z modyfikacją wg wzoru (3) – wyliczone według elementów budynku (tabela 1, kol. 11) i dla całości budynku (tabela 2, rok 1999) oraz określone na podstawie badań przy założeniu remontu kapitalnego (tabela 1, kol. 7) upoważniają do uznania za reprezentatywny dla celu pracy sposób obliczeń według wzoru (3) stosowanego dla całości budynku.
- Stopień technicznego zużycia wynikający z bezpośredniej obserwacji elementów budynku (tabela 1, kol. 4) informuje o możliwości bieżącego użytkowania mieszkań w śródmiejskich kamienicach Wrocławia. Trzeba jednak zauważyć, że drewniane stropy tych budynków przekroczyły już normatywną granicę trwałości, wobec czego dalsza eksploatacja będzie wymagała prowadzenia remontów kapitalnych.
- Wartości stopnia technicznego zużycia śródmiejskich kamienic wrocławskich wskazują na konieczność niezwłocznego podjęcia decyzji w sprawie ich remontu i modernizacji lub odbudowy. Użytkowanie kamienic wymaga starannego przestrzegania Prawa budowlanego w zakresie bezpieczeństwa eksploatowanych budowli.

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA

Analiza obejmuje badanie relacji atrakcyjności kamienic względem nowego budownictwa mieszkaniowego oraz do ich wartości technicznej. Badaniami objęto lata 1991–2005, co pozwala na rozpoznanie trendów kształtujących się w tym zakresie.

Wartość funkcji użyteczności kamienic określono na podstawie cen oferowanych mieszkań zebranych z [6]. Podobnie uzyskano dane dotyczące nowowznoszonego budownictwa mieszkaniowego i gruntu. Ceny ofertowe służą wzajemnym porównaniom, co redukuje błąd w stosunku do różnicy z cenami transakcyjnymi.

Przebieg tendencji zainteresowania kamienicami przedstawiono w tabeli 3. Zawarte w niej ceny, sprowadzone do 1 m^2 p.u. mieszkania, wyliczono jako średnie z oferty sprzedaży 90÷100 mieszkań w każdym rozpatrywanym roku.

Tabela 3. Tendencje atrakcyjności śródmiejskich kamienic we Wrocławiu (ceny w zł/1m^2 p.u.)
Table 3. Attractiveness tendency of down-town tenement-houses in Wroclaw (prices in zl/1 m^2 useable area)

Rok	Cena ofertowa			Cena gruntu			
	nowe budynki [PLN]	kamienice [PLN]	wskaźnik bud.nowe/kamienic [%]	1 m^2 gruntu [PLN]	na 1 m^2 p.u. [PLN]	udział w cenie	
						bud. nowych [%]	kamienic [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
1991	600	200	300	60	15	2,5	7,5
1995	1400	450	311	160	40	3,0	8,8
1997	2000	1000	200				
1998	2300	1200	191				
1999	2400	1400	171				
2000	2450	1600	153	500	125	5,0	7,8
2003	2800	1800	155	600	150	5,4	8,3
2004	3000	2000	150				
2005	3500	2200	159	1000	250	7,1	11,4

Relację funkcji użyteczności do kosztu wytworzenia wyrobu wyznaczono przy pomocy metodycznej analogii. Polega ona na wprowadzeniu zastępczego stopnia technicznego zużycia (S_{Zz}) kamienic (wyliczonego na podstawie ceny ofertowej) i porównaniu go ze stopniem technicznego zużycia wyprowadzonym z analizy technicznej (pkt. 1, tabela 2). Zastępczy stopień technicznego zużycia kamienic (tabela 4) wyliczono według wzoru:

$$S_{Z_z} = \left(1 - \frac{W_b}{W_o}\right) \times 100\,[\%] \tag{5}$$

gdzie: W_b – wartość bieżąca budynku (cena kamienic)
W_o – wartość odtworzeniowa (cena budownictwa nowego, nie uwzględnia całości robót wykończeniowych).

Tabela 4. Zastępczy stopień technicznego zachowania i zastępczy stopień technicznego zużycia śródmiejskich kamienic we Wrocławiu (wyliczenia wg wzoru (5))
Table 4. Replacement technical wear degree of maintenance and replacement technical wear degree of down-town tenement-houses in Wrocław (calculated according to formula (5))

Rok	Bez uwzględnienia ceny gruntu		Z uwzględnieniem ceny gruntu	
	stopień zachowania [%]	stopień zużycia [%]	stopień zachowania [%]	stopień zużycia [%]
1	2	3	4	5
1991	33	67	29	71
1995	32	68	30	70
1997	50	50		
1998	52	48		
1999	58	42		
2000	65	35	63	37
2003	64	36	62	38
2004	67	33		
2005	62	32	60	40

Wnioski z analizy techniczno-ekonomicznej:

- W latach 1991÷2005 obserwuje się znaczącą tendencję wzrostu atrakcyjności kamienic w śródmiejskich dzielnicach Wrocławia.
- Wzrost ceny gruntu nie ma relatywnego odzwierciedlenia w cenie kamienic, co może wskazywać na remontowo-modernizacyjne cele nabywców.
- Odwzorowany w cenie stopień zużycia technicznego kamienic (S_{Zz}, tabela 4) jest nieadekwatny do stopnia technicznego zużycia ocenionego z uwagi na potrzeby remontu kapitalnego (tabela 2). Powyższe wskazuje na szacowanie nieruchomości obiektowej w zbliżeniu do zaobserwowanego stopnia technicznego zużycia (tabela 1, kol. 5).
- Funkcja użyteczności kamienic w znaczącym stopniu przewyższa ich wartość techniczną, co w konsekwencji może spowodować u inwestorów brak środków na podjęcie działań remontowo-modernizacyjnych.

4. ANALIZA EKONOMICZNA

Analizę przeprowadzono w celu sprawdzenia racjonalności cen ofertowych kamienic, wobec nieadekwatności tych cen (pkt. 3) do stopnia technicznego zużycia budynków.

Rozważano dwa możliwe warianty decyzji podejmowanej przez inwestora, którym jest nabywca kamienicy, tj.:

- Wariant I: Remont i modernizacja kamienicy,
- Wariant II: Wyburzenie i odbudowa.

W obu wariantach nie uwzględniono przypadku zwiększenia kosztów wynikających ze szczególnych wymagań konserwatorskich.

Spośród metod oceny ekonomicznej efektywności postępowań objętych przedstawionymi wariantami, np. [2], wybrano metody proste. Nie uwzględniają one przepływu pieniądza w czasie, co odpowiada założeniu o krótkoterminowości inwestycji polegającej na kupnie–przebudowie–sprzedaży. Do rozwiązania zastosowano tzw. metodę pozostałościową, którą zmodyfikowano do celu zadania. Modyfikacja polega na transformacji wzorów służących porównaniu efektywności działań opisanych w wariantach I i II do postaci wyznaczającej maksymalną cenę, przy której działania te są efektywne ekonomicznie.

• Wariant I. Wyznaczenie maksymalnej ceny ($C_{N/M}$) jaką opłaca się zapłacić za nieruchomość z przeznaczeniem do modernizacji i remontu

$$C_{N/M} \leq W_{N/M} - K_M \tag{6}$$

gdzie: $W_{N/M}$ – wartość rynkowa nieruchomości po modernizacji (obliczona dla 2005 r. wartość średnia ceny 1 m^2 p.u. w kamienicach zmodernizowanych lub w budynkach plombowych wynosi 3900 zł, przy wskaźniku zmienności 20%)
K_M – koszt modernizacji, obejmujący koszt remontu i modernizacji oraz koszt prac projektowych i nadzoru inwestorskiego

$$K_M = [(C_N - C_G) * W_Z * S_Z] W_U \tag{7}$$

gdzie: C_N – cena ofertowa 1 m^2 p.u. nowowznoszonych mieszkań
C_G – cena gruntu przypadająca na 1 m^2 p.u. mieszkania w nowych dzielnicach
W_Z – współczynnik redukujący cenę do poziomu kosztów
S_Z – średni stopień technicznego zużycia kamienic
W_U – współczynnik zwiększający z tytułu robót małych
Poziom cen – 2005 r.

Po wykonaniu obliczeń: $C_{N/M} \leq 1806$ zł/1 m^2 p.u.

Ze względu na znaczący współczynnik zmienności wartości średniej $W_{N/M}$ sprawdzono $C'_{N/M}$ dla najwyższej wartości $W'_{N/M} = 5000$ zł/1 m^2 p.u. $C'_{N/M} \leq 2906$ zł/1 m^2 p.u.

• Wariant II. Wyznaczenie ceny nieruchomości ($C_{N/O}$) jaką opłaca się zapłacić za nieruchomość przeznaczoną do odbudowy

$$C_{N/O} \leq W_{N/N} - K_N \tag{8}$$

gdzie: $W_{N/N}$ – wartość rynkowa nieruchomości po odbudowie, przyjęto $W_{N/N} = W_{N/M}$, jak (7)
K_N – koszt budynku nowego obejmujący rozbiórkę starej i wzniesienie nowej zabudowy oraz koszt prac projektowych i nadzoru inwestorskiego

$$K_N = \{[(C_N - C_G) \times W_Z] \times W_R\} \times W_U \quad (9)$$

gdzie: C_N, C_G, W_Z, W_U – jak w (7)

W_R – współczynnik zwiększający z tytułu rozbiórki, przyjęto $W_R = 1{,}10$.

Po wykonaniu obliczeń: $C_{N/O} \leq 609$ zł/1 m^2 p.u. oraz $C'_{N/O} = 1709$ zł/1 m^2 p.u.

Wnioski z analizy ekonomicznej:

- Stwierdzono znaczną różnicę w opłacalności modernizacji wraz z remontem i opłacalności odbudowy kamienic. Wskazuje to, że ekonomiczna efektywność działań inwestorskich wymaga wnikliwej oceny technicznej budynku stanowiącego przedmiot zakupu. Tymczasem stopień technicznego zużycia kamienic oceniany jest często według stanu zaobserwowanego (pkt.1, tabela 1, kol. 4 i 5), a nie według przydatności do remontu kapitalnego (pkt.1, tabela 1, kol. 6 i 7).
- Średnia cena ofertowa 1m2 p.u. w kamienicy w roku 2005 wyniosła 2200 zł ze współczynnikiem zmienności 15%, co świadczy praktycznej możliwości spełnienia ograniczeń wskazanych w warunkach dla C_N/M, C_N/N i C'_N/O przy równoczesnym zbliżeniu do uwzględnienia stanu technicznego tych budynków.

5. WNIOSKI OGÓLNE

Przeprowadzone wstępne rozpoznanie zagadnienia wskazuje wzrost zainteresowania nabywców starymi kamienicami śródmiejskiej części Wrocławia. Funkcja użyteczności kamienic (obserwowana łącznie jako funkcja podstawowa i funkcje pomocnicze) przewyższają ich wartość techniczną. Zaobserwowane trendy kulturowe i ekonomiczne wskazują na potrzebę skupienia działań inżynierskich wokół następujących zadań:

- respektowania stanu technicznego obiektu w wycenie nieruchomości budynkowych,
- przygotowania rozwiązań technologicznych odpowiednich do potrzeb remontu i modernizacji kamienic.

Szczególnie ważne jest opracowanie rozwiązań służących wymianie stropów. Obecnie najczęściej stosuje się konstrukcje stalowe (np. WPS) lub żelbetowe, np. [1], które często powodują przeciążenie ścian nośnych, np. [5]. Przy tym stropy te charakteryzują się nadtrwałością w stosunku do istniejących fundamentów i ścian nośnych budynku. Drugim istotnym kierunkiem jest poszukiwanie metod osuszania ścian, charakteryzujących się jednocześnie skutecznością i kosztem, który byłby dopuszczalny ze względu na ekonomiczną efektywność remontu.

Zgromadzony materiał badawczy pozwala na odrębne analizy efektywności podstawowej funkcji użyteczności, funkcji pomocniczych, obojętnych oraz negatywnych. Autorzy planują rozwinięcie tego zagadnienia w następnych etapach pracy.

LITERATURA

[1] GAWRON K., MROZEWICZ J., PODOLSKI B., *Zastosowanie monolitycznego stropu belkowo-płytowego w remontach obiektów starej zabudowy*. Konferencja Naukowo-Techniczna „Technologia w budownictwie – teoria i praktyka", Wrocław–Polanica Zdrój 1996.
[2] KUCHARSKA-STASIAK E., *Budować czy remontować*. Uwagi do opłacalności działalności remontowo-modernizacyjnej. DOMUS nr 7–9, 1999.
[3] MARCINKOWSKA E., MROZEWICZ J., *Stopień technicznego zużycia elementów i obiektów budowlanych jako element wyceny nieruchomości*. Rzeczoznawca Małopolski, nr 5–6, 1999.
[4] MILCZUK W., *Analiza wartości – sposób na postęp*. PWE, Warszawa 1979.
[5] MROZEWICZ J., PODOLSKI B., GAWRON K., *Remont budynków czynszowych w historycznej zabudowie śródmiejskiej*. VII Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym", Wrocław–Szklarska Poręba 1996.
[6] Nieruchomości. Informator dolnośląski. Miesięcznik, roczniki 1991–2005.
[7] THIERRY J., ZALESKI J., *Remonty budynków i wzmacnianie konstrukcji*. Arkady, Warszawa 1982.

DOWN-TOWN TENEMENT-HOUSES IN WROCŁAW AS A SUBJECT OF REAL ESTATE SALES

The author did the research of relation between technical wear degree and tender price of the tenement-houses in Wrocław. The research was done in years 1991–2005. According to the technical, technical-economic and economic analyses the author came to a conclusion about the limit profitability of tenement-houses purchase, which are going to be repaired, modernized or rebuild. It was indicated some engineering work caused by the need of tenement-houses repair.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Politechniki Wrocławskiej

Nr 87 Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

eksploatacja obiektów budowlanych,
jakość systemu eksploatacji,
organizacja budownictwa

Roman MARCINKOWSKI*

PROBLEM ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W PROJEKTOWANYM SYSTEMIE EKSPLOATACJI OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

W pracy przedstawiono ogólną strukturę systemu eksploatacji obiektów budowlanych oraz cele i zadania projektowania głównych elementów funkcjonalnych takiego systemu wraz z koncepcją zapewnienia jakości. Istotą podejścia do problemów projektowych jest strukturalizacja systemu eksploatacji oraz analiza ryzyka wadliwości procesów zarządczych i wykonawczych (usługowych). Przedstawiona koncepcja modelu zapewnienia jakości systemu eksploatacji wychodzi z potrzeby opracowania teoretycznych podstaw projektowania systemu eksploatacji i jego doskonalenia w drodze auditu eksploatacji.

1. WPROWADZENIE

Eksploatacja, zgodnie z normą PN-93/N 50191, to „zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych mających na celu umożliwienie obiektowi eksploatacji wypełnienie wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dopasowaniem do zmian warunków zewnętrznych". Ta krótka definicja oddaje istotę eksploatacji jakiegokolwiek obiektu rzeczowego (budynku, drogi, mostu, samochodu, urządzenia produkcyjnego, itp.) jak również tworu złożonego – systemu, którym może być: sieć drogowa, kompleks magazynowy, fabryka, osiedle mieszkaniowe, system łączności. Przedmiotem eksploatacji jest w sensie ogólnym system techniczny. Przyjmijmy, że zajmować będziemy się eksploatacją infrastruktury budowlanej, obiektem lub zbiorem obiektów budowlanych.

Uczestnikami procesu eksploatacji są zarówno użytkujący obiekt jak i wszyscy, którzy go w poszczególnych stanach obsługują. Centralne miejsce w eksploatacji jakiegokolwiek obiektu budowlanego zajmuje kierujący eksploatacją, którym jest

* Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii, Chemii i Fizyki Technicznej, Warszawa

zarządca [4] nieruchomości zabudowanej lub właściciel. Organizuje on proces eksploatacji w myśl zamierzonego wykorzystania obiektu i w zgodzie z obowiązującymi przepisami prawa. To jego zadaniem jest zorganizowanie procesu eksploatacji, a później kierowanie jego realizacją.

Z punktu widzenia strukturalnego w systemach[1]: wyróżnia się podsystemy zarządzania i podsystemy robocze; a z punktu widzenia charakteru udziału w celu spełnianego przez system, wyróżnia się szereg podsystemów funkcjonalnych. Ogólnie, w systemie eksploatacji obiektu budowlanego wyróżnić można cztery takie podsystemy: zarządzania eksploatacją, użytkowania obiektów, obsługiwania obiektów, logistyki eksploatacji. W odniesieniu do każdego z nich można identyfikować strukturę modelową, projektować ich elementy składowe, badać ich wpływ na właściwe (wymagane) funkcjonowanie systemu, zapewniać wysoką jakość funkcjonowania.

Jak wynika z definicji systemu, każde wyodrębnienie systemu z otoczenia i jego strukturalizacja są podporządkowane celowi badawczemu. W pracy jest nim proces projektowania (nowego) lub auditu (funkcjonującego) systemu eksploatacji obiektów budowlanych, ściślej problem zapewnienia jakości w projektowanym systemie eksploatacji.

Teoretyczne podstawy projektowania systemów eksploatacji infrastruktury budowlanej przedstawiono w pracy [3]. Zidentyfikowano tam strukturę systemu eksploatacji, wyspecyfikowano problemy projektowe i opisano techniki ich rozwiązywania. Głównym jednak zagadnieniem w kształtowaniu takich systemów jest zapewnienie jakości, która to własność może być wykorzystywana do doskonalenia rozwiązań systemowych tak na etapie projektowania jak i doskonalenia już funkcjonującego systemu.

2. ISTOTA PROJEKTOWANIA EKSPLOATACJI OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Projektowanie jest procesem preparacyjnym i analitycznym, zmierzającym do ustalenia najkorzystniejszych struktur podsystemów funkcjonalnych i zdefiniowania racjonalnych relacji pomiędzy nimi. W projektowaniu systemu eksploatacji tworzy się struktury, regulaminy funkcjonowania i procedury postępowania umożliwiające prowadzenie procesu eksploatacji w sposób usystematyzowany.

Projektowanie użytkowania obiektu polega na zidentyfikowaniu systemu użytkowania [1], a więc wszystkich elementów obiektu użytkowania, możliwości użytkowych, potrzeb użytkowników i relacji między tymi elementami, w celu:

- ustalenia możliwości użytkowych (stanów użytkowania i ograniczeń),
- określenia zasad użytkowania w wyróżnionych stanach,

---

[1] „*System, to wyodrębniony z otoczenia zbiór elementów materialnych lub abstrakcyjnych mających wzajemne powiązania wewnętrzne i rozważanych z określonego punktu widzenia jako całość*" [5].

– określenia potrzeb zasilania systemu użytkowania,
– określenia wskaźników techniczno-ekonomicznych użytkowania.

Projektowanie użytkowania obiektu budowlanego jest procesem odwrotnym do projektowania technicznego tego obiektu. W projektowaniu technicznym bowiem dane są potrzeby użytkowe (funkcjonalne i konstrukcyjne), na które projektujemy obiekt; zaś w projektowaniu użytkowania – dany jest obiekt, a projektujemy (identyfikujemy) możliwości użytkowania.

Projektowanie utrzymania obiektu (obsługi) polega na zidentyfikowaniu systemu obsługi [1], a więc wszystkich elementów obiektu utrzymywanego, przewidywanych dla nich obsług, wykonawców obsług oraz zależności między tymi elementami, w celu:

– ustalenia programów obsługowych (w tym – technologii wykonania obsług i nakładów rzeczowych na ich wykonanie);
– ustalenia potrzebnej bazy obsługowej dla konkretnych systemów infrastruktury budowlanej (w zakresie czynnych środków pracy i ich organizacji);
– określenia systemów monitorowania obiektów w celu podjęcia (uruchomienia) programów obsługowych.

Projektowanie systemu logistycznego jest w gestii podsystemu kierowania eksploatacją i polega na zorganizowaniu zasilania podsystemu roboczego w środki rzeczowe i funkcjonalne, służące zarówno użytkowaniu jak i obsługiwaniu obiektu.

Wyróżnianie różnych podsystemów w systemie eksploatacji obiektów budowlanych służy *procesowaniu* rozpatrywanej działalności – istotnej z punktu widzenia niezawodności i jakości systemu.

Punktem wyjścia w projektowaniu systemu jest identyfikacja funkcji i celów, które ma spełniać (osiągnąć) projektowany system. W systemie eksploatacji obiektów budowlanych wyznaczają je potrzeby funkcjonalne obiektu i dążenia właściciela.

Funkcje są podstawą strukturalizacji systemu i procesowania rozpatrywanej działalności. W pierwszej kolejności identyfikuje się procesy eksploatacyjne, a poprzez ich analizę, ustala się struktury organizacyjne systemu eksploatacyjnego. Funkcje są więc podstawą merytoryczną tworzenia struktury stacjonarnej eksploatacji.

Inne znaczenie dla eksploatacji mają cele. Cele należy bowiem rozumieć jako dążenia w działaniu. Tworzą one najczęściej struktury złożone konkretyzujące cele wyższego rzędu, aż do zdefiniowania takiej ich formy, że przyjmują treść zadań. Zadanie zaś, definiuje się jako wyodrębnioną przedmiotowo, podmiotowo, przestrzennie, czasowo i na ogół też proceduralnie część celu, przewidzianą do wykonania w ustalonym okresie lub terminie mieszczącym się w przedziale czasu przeznaczonym na osiągnięcie tego celu. **Cele eksploatacji obiektu budowlanego są różne dla poszczególnych uczestników procesu eksploatacji.**

Projektowanie systemu eksploatacji powinno opierać się na rzeczowym i funkcjonalnym zdefiniowaniu procesów eksploatacyjnych, wynikających ze spełnianych funkcji i przyjętych celów. Procesy te mogą dotyczyć na przykład:

– *monitorowania obiektów* (konstrukcji, wyposażenia, zabezpieczeń od czynników atmosferycznych, estetyki, porządku, zamknięcia, itp.);

– *diagnozowania obiektów* (konstrukcji, wyposażenia, zabezpieczenia, itd.);

– *konserwacji obiektów, remontów i napraw*;

– *zaopatrzenia w media* (w wodę, w energię elektryczną, w gaz, w ciepło, usługi informatyczne, usługi telefoniczne, itp.);

– *utrzymania czystości i estetyki*;

– *planowania eksploatacji; operacyjnego zarządzania eksploatacją.*

Ustalenie racjonalnych form i sposobów realizacji tych procesów jest podstawowym zadaniem projektanta systemu eksploatacji obiektu budowlanego. Każdy proces powinien mieć zdefiniowany cel i sekwencję działań przyczynowo-skutkowych, prowadzących do osiągnięcia tego celu.

3. ZAPEWNIENIE JAKOŚCI W EKSPLOATACJI OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Jakość według normy ISO 8402 [2], to ogół wartości obiektu lub usługi wiążących się z jego zdolnością do zaspokojenia potrzeb stwierdzonych i oczekiwanych. Podstawowe zasady w kształtowaniu systemów jakości nakazują:

– stosować podejście systemowe – wypracować współdziałanie i zespolenie systemów kierowania, technicznego i społecznego;

– skupiać uwagę na klientach (jakość jest dla klienta – tu użytkownika systemu eksploatacji);

– przenieść odpowiedzialność za jakość na kierownictwo (zadaniem każdego menedżera jest wyszukiwanie i usuwanie przyczyn błędów a nie błędów po wykonaniu);

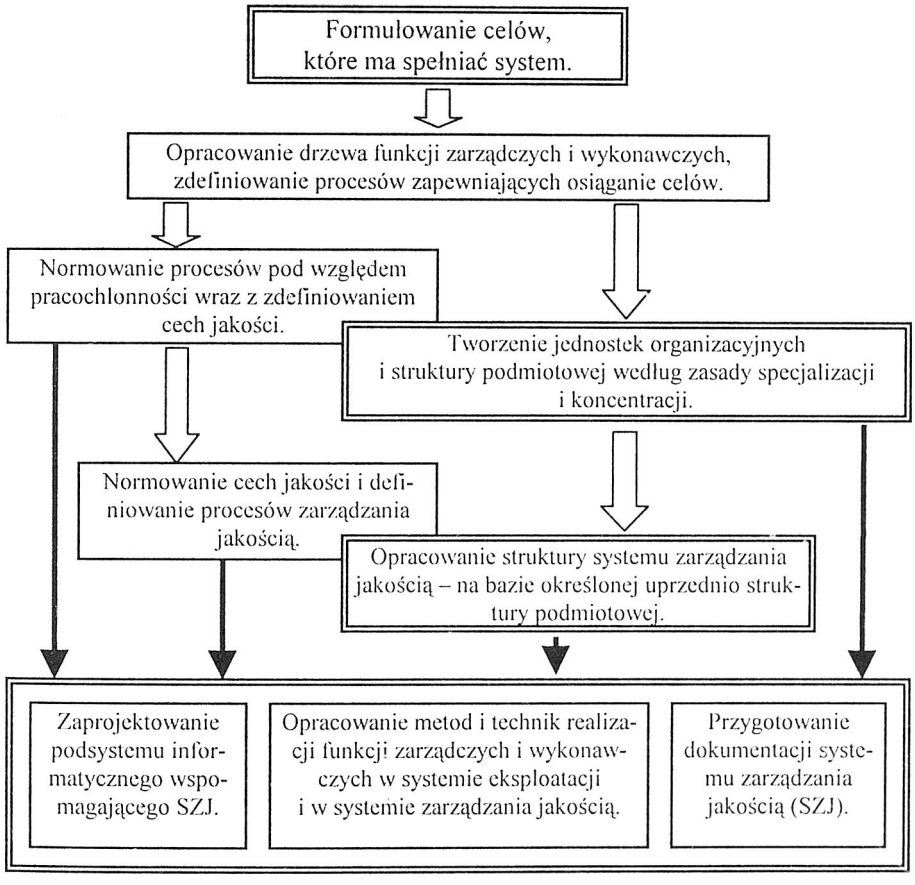
– tworzyć klimat zapewnienia jakości – jakość mają zapewnić wszyscy zaangażowani w realizację procesów rozpatrywanego systemu;

– sformalizować zarządzanie jakością w systemie.

W projektowaniu systemów funkcjonalnych, jakość jest odnoszona do procesów zarządczych, administracyjnych, planistycznych, operacyjnych i kontrolnych. Międzynarodowe normy zalecają „osadzanie" systemów zarządzania jakością w jednostkach organizacyjnych – podmiotach gospodarczych. W naszym przypadku takim podmiotem, który kieruje eksploatacją jest zarządca. System zarządzania jakością ma więc powstać w strukturze podmiotu zarządzającego eksploatacją. Ogólną metodykę projektowania takiego systemu przedstawiono na rys. 1.

Wiemy, że w eksploatacji obiektów budowlanych uczestniczy wiele podmiotów, od których zarządca kupuje usługi. Stąd, nie bez znaczenia jest problem zapewnienia jakości procesów logistycznych i obsługowych wykonywanych przez wyspecjalizo-

wane podmioty. System jakości w eksploatacji obiektów budowlanych powinien więc być ukierunkowany na **zapewnienie jakości** procesów eksploatacyjnych. System taki, wg [6], dotyczy procesów głównych (podstawowych) eksploatacji, a pomija procesy zarządcze i pomocnicze związane z funkcjonowaniem podmiotu zarządzającego i wszystkich podmiotów świadczących usługi na rzecz rozpatrywanego systemu.

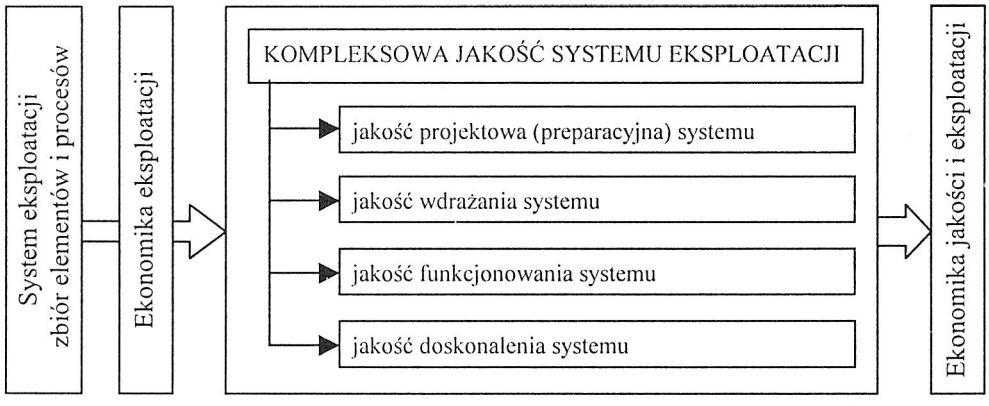


Rys. 1. Proces projektowania projakościowego systemu działania
Fig. 1. Process of project of qualitative action system

W modelowej sytuacji możemy przyjąć, że rozpatrujemy zapewnienie jakości zbioru procesów eksploatacyjnych: $\boldsymbol{E} = \{1,2,3,...,e,...,E\}$. Procesy te mają określone wymagania wynikające z funkcji i celów, które mają spełnić w systemie eksploatacyjnym oraz z wiedzy na temat standardów usług określonego rodzaju. Modelowo, każdy proces eksploatacyjny $e \in \boldsymbol{E}$ ma określony zbiór cech: $\boldsymbol{CJ}^{\boldsymbol{e}} = \{1,2,3,...,c,...,C^e\}$, przez pryzmat których oceniana jest jakość systemu.

Ocenę jakości procesu eksploatacyjnego opisuje zbiór stanów cech $\boldsymbol{SJ^e} = \{s_1^e, s_2^e, s_3^e, ..., s_c^e, ..., s_{c^e}^e\}$. Stanem cechy zaś jest każda możliwa wartość lub realizacja (określona na przykład werbalnie) tej cechy. W kształtowaniu systemu zapewnienia jakości musimy określić zbiory cech i ich stanów dla wszystkich wyróżnionych procesów eksploatacyjnych.

Jakość eksploatacji obiektu budowlanego opisują stany następujących cech: bezpieczeństwa konstrukcji, bezpieczeństwa pożarowego, bezpieczeństwa użytkowania, komfortu użytkowania, oszczędności energii, ochrony środowiska, utrzymania estetyki i sprawności obiektu eksploatacji. Na stan tych cech wpływają stany cech procesów eksploatacyjnych, które należy zidentyfikować rozpatrując ww. cechy. System taki odnosimy do wszystkich etapów eksploatacji (rys. 2) i sprowadzamy do efektywności ekonomicznej jej funkcjonowania.



Rys. 2. Struktura jakości w systemie eksploatacji
Fig.2. Quality structure in exploitation system

Istotą zapewnienia jakości w systemie są porównania i analizy ryzyka. Pierwsze, pozwalają nam na bezpośrednią ocenę możliwości poprawy stanu cechy i porównania; drugie, zmierzają do zidentyfikowania i ograniczenia skutków zagrożeń jakości.

Porównanie cech kwantytatywnych najczęściej sprowadza się do określenia natężenia cechy przy zastosowaniu wzoru:

$$\boldsymbol{p_i^c} = \frac{\left|s_i - s_i^h\right|}{S_i^{\max} - S_i^{\min}}, \tag{1}$$

gdzie: s_i – wartość miary stanu i-tej cechy,

s_i^h – wartość bazowa (najlepsza) i-tej cechy,

$S_i^{\max}, S_i^{\min}$ – maksymalna i minimalna wartość i-tej cechy.

Natężenie cechy może przyjmować wartości z przedziału $\langle 0,1 \rangle$, przy czym wartość „0" określa stan najlepszy z możliwych, „1" zaś jest stanem niepożądanym. Wyrażenie ocen w takiej skali pozwala na ich scalanie i wyznaczanie ocen globalnych – istotnych z punktu widzenia podejmowania decyzji.

W zarządzaniu jakością ważniejsze od rankingu jakości jest wprowadzenie do projektowanego systemu narzędzi i metod zarządzania jakością. Narzędzia zarządzania jakością są instrumentami nadzorowania i diagnozowania procesów, i wraz z metodami zarządzania jakością, dają możliwość aktywnego oddziaływania na jakość rozpatrywanego systemu działania.

Narzędzia zarządzania jakością mają aspekt operacyjny (krótkotrwały, doraźny). Są to m.in. schematy blokowe, diagramy (Ishikawy, relacji, pokrewieństwa, systematyki, macierzowy), histogramy, arkusze kontrolne, wykresy korelacji, macierzowa analiza danych, itd.. Metody zarządzania jakością charakteryzują się planowym, powtarzalnym i opartym na naukowych podstawach, sposobem postępowania przy realizacji zadań związanych z zarządzaniem jakością. Pozwalają one kształtować jakość projektową i jakość wykonania bądź funkcjonowania. Przykładem metod są: QFD (Quality Function Deployment) – rozwinięcie funkcji jakości, analiza wartości, FMEA (Failure Mode & Effects Analysis) – analiza przyczyn wadliwości i krytyczności wad.

Najczęściej stosowanym podejściem do eliminacji wadliwości w jakości usług (w projektowanym systemie) jest metoda FMEA. Punktem wyjścia do zastosowania metody jest identyfikacja możliwych wad w osiąganiu wymaganych stanów cech jakości. W metodzie zmierza się do ustalenia priorytetu każdej z wad a następnie, dla wad z dużym priorytetem (powyżej założonego poziomu krytyczności) – analizowanie wad celem podjęcia działań zapobiegawczych. Priorytet wady określa liczba priorytetu ***RPN*** (Risk Priority Number) wyznaczana według wzoru:

$$\boldsymbol{RPN} = R \times Z \times W, \tag{2}$$

gdzie: R – częstość występowania wady (ryzyko wystąpienia wady),
Z – znaczenie wady (jak istotne znaczenie dla klienta będzie miała dana wada),
W – poziom wykrywalności wady (prawdopodobieństwo, że dana wada nie zostanie wykryta w toku usługi i trafi do klienta).

Oceny R, Z, W mają charakter względny i są określane w skali 1 do 10, tak więc krytyczność wady ***RPN*** może przyjmować wartość od 1 do 1000. Krytyczność ta jest jedynie wskaźnikiem porównawczym i „filtrem" do podejmowania dalszej analizy ryzyka ukierunkowanej na redukowanie ryzyka, planowanie ryzyka i kontrolę.

Ryzyko ***R*** osiągnięcia jakiegoś celu (efektu) jest mierzone prawdopodobieństwem ***P*** nieosiągnięcia tego celu i skutkiem ***S*** (konsekwencją) tego zdarzenia (rozmiarem straty, szkody), a więc: $\boldsymbol{R} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{S} \rangle$.

Tabela 1. Przykład macierzy ryzyka
Table 1. Example of risk matrix

Kategorie prawdopodobieństwa	Kategorie konsekwencji (skutku)			
	Bardzo poważne	Poważne	Lekkie	Małoistotne
Bardzo prawdopodobne	H	H	I	T
Prawdopodobne	H	I	I	T
Malo prawdopodobne	I	I	L	T
Wyjątkowe	T	T	T	T

Ryzyko w osiągnięciu zakładanego stanu jakości cechy: **H – wysokie**– podjąć działania zmierzające do ograniczenia ryzyka: **I – średnie** – opracować plan zmniejszenia prawdopodobieństwa wystąpienia lub skutku niekorzystnego zdarzenia; **L – małe**; **T – pomijalne**.

Redukowanie ryzyka polega na redukowaniu (poprawianiu) tych dwóch parametrów. W tym celu buduje się macierze ryzyka dla poszczególnych cech jakości systemu (np. tab. 1) i podejmuje się działania zapobiegające sytuacjom niepożądanym.

LITERATURA

[1] MALEK A., MAZUR T., *Zarządzanie eksploatacją systemów technicznych*, WNT, Warszawa 1979.

[2] MANTURA W., HAMROL A., *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.

[3] MARCINKOWSKI R., *Teoretyczne podstawy projektowania eksploatacji infrastruktury obronnej*, VI Ogólnopolskie Seminarium „Problemy techniczno-prawne utrzymania obiektów budowlanych na terenach zamkniętych", GUNB, Warszawa 2005.

[4] OLEARCZUK E., *Eksploatacja budynków mieszkalnych – problemy, prawidłowości, postępowanie*, Wydawnictwo i Zakład Poligrafii, Instytutu Technologii Eksploatacji, Warszawa 1999.

[5] SIENKIEWICZ P., *Teoria efektywności systemów*, Polskie Towarzystwo Cybernetyczne, Wydawnictwo PAN, 1987.

[6] SKALSKA I., SZKODA J., *Koncepcja modelu systemu zapewnienia jakości dla małych i średnich przedsiębiorstw świadczących usługi o znaczeniu lokalnym*, Problemy Jakości, X/2005, str. 14–16.

PROBLEM OF QUALITY ASSURANCE IN PROJECTED EXPLOITATION SYSTEMOF BUILDINGS' OBJECTS

In article essence of project of buildings' objects exploitation system with quality assurance conception is presented. Approach idea to project's problems are systematizing of exploitation system and risk analysis in achieving of quality features of management's and executive's (service's) processes. Conception of quality assurance model of exploitation system is also presented.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

budynek referencyjny, stan techniczny obiektu,
metody oceny stanu budynku

Stefan OWCZAREK*
Zygmunt ORŁOWSKI*
Nina SZKLENNIK*

BUDYNEK REFERENCYJNY – PODSTAWA OCENY STANU BUDYNKU

W artykule omówiono metody powszechnie stosowane do oceny stanu obiektów. Odnoszą się one do stanu wyjściowego tj. do stanu jaki, posiadał obiekt w momencie oddania go do użytku. Podano wady tych metod. Autorzy proponują do oceny stanu budynku stosować metodę, w której za jednostkę porównawczą przyjmuje się tzw. budynek referencyjny. Wyszczególniono cztery grupy czynników charakteryzujących stan budynku, które stanowią jednocześnie kryteria jego oceny. W końcowej części przedstawiono założenia proponowanej metody oceny stanu budynku wg budynku referencyjnego.

1. WSTĘP

Ocena stanu zużycia obiektów np. mieszkalnych jest ważnym elementem w procesie zarządzania gospodarką mieszkaniową. Znajomość aktualnego stanu, w zakresie nośności i właściwości, jest potrzebna w ustalaniu zakresu napraw budynku oraz nakładów finansowych. Wynik oceny ma istotne znaczenie dla dalszego losu budynku.

Oceną stanu obiektu objęte jest najczęściej jego zużycie techniczne oraz zużycie funkcjonalne. Metody diagnozy aktualnego stanu obiektów oraz przewidywanych stanów technicznych obiektów w przyszłości są przedmiotem wielu publikacji. Powszechnie przyjmuje się, że miarą oceny stanu obiektu jest stopień jego zużycia, w którym odnosimy się do stanu wyjściowego tj. do stanu jaki posiadał budynek w momencie jego oddania do użytku. W opracowaniach najczęściej wyróżniamy stopień zużycia technicznego budynku, funkcjonalnego oraz łącznego (zużycie „ważone" techniczno-funkcjonalne]). Według autorów wada takiego sposobu oceny

* Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 E, 15-351 Białystok

budynku polega na tym, że stan wyjściowy (pierwotny), do którego się porównujemy często nie stanowił, od momentu oddania obiektu do użytku, poprawnego rozwiązania pod względem konstrukcyjnym, materiałowym czy funkcjonalnym. Ponadto w okresie długoletniej eksploatacji obiektu zmianie uległy również wymogi normowe określające warunki, jakie powinien spełniać badanego typu obiekt, na przykład zmianie uległy wymagania w zakresie bhp, ppoż., obciążeń (zmianie ulega obecnie norma „Obciążenie śniegiem") itp.

W niniejszym artykule autorzy proponują metodę oceny stanu budynku, która nie będzie zawierała ww. wad. Wzorcem, którego właściwości przyjęto za jednostkę porównawczą jest tzw. **budynek referencyjny.**

2. BUDYNEK REFERENCYJNY

Wszelkie analizy porównawcze – mające na celu ustalić stan obiektu – polegają na zestawieniu cech ocenianego elementu, budynku z cechami obiektu odniesienia np. obiektu wzorcowego. Wzorzec stanowi hipotetyczny budynek tzw. budynek referencyjny, zaprojektowany zgodnie z obowiązującymi normami i powszechną praktyką, posiadający takie same parametry technologiczne, konstrukcyjne i użytkowe jak budynek oceniany [7].

Budynek referencyjny (odniesienia) jest projektowany w celu przeprowadzenia obliczeń porównawczych. Projekt takiego budynku ma formę uproszczoną. Są w nim zawarte tylko te wymiary i parametry, które występują w procedurach obliczeniowych. Parametry budynku, które nie występują w analizie nie są brane pod uwagę i mogą zostać pominięte. Budynek referencyjny posiada parametry stałe i zmienne, które mają wpływ na badaną wielkość.

Budynek referencyjny służy jako baza wszelkich możliwych analiz teoretycznych. Utożsamiany jest ze zbiorem danych określających rozważany obiekt. Budynek referencyjny ma dwie istotne cechy. Pierwszą cechą budynku referencyjnego jest przypisanie mu zbioru stałych danych dotyczących: geometrii, materiałów i własności fizycznych. Te stałe dane budynku określają klasę rozważanego obiektu. Klasa budynku referencyjnego decyduje o przydatności i zakresie stosowania założeń przyjmowanych w analizach. Pierwsza cecha zapewnia rozróżnienia poszczególnych klas budynków.

Drugą cechą budynku referencyjnego jest jego realizm. Realność ta jest zapewniona tym, że jego uproszczony schemat analityczny jest utworzony na podstawie istniejącego projektu budynku, a więc dokumentacji technicznej tego obiektu. Tworzenie budynku referencyjnego odbywa się przez odfiltrowanie parametrów, które nie występują w analizie. W wyniku tego wszystkie parametry główne projektu i budynku referencyjnego są takie same. Istota budynku referencyjnego tkwi w tym, że jego dane stałe są odniesione do budynku rzeczywistego.

Budynek referencyjny nie jest utożsamiany z obiektem posiadającym wzorcowe cechy. Budynki wzorcowe „idealne" są przedmiotem projektowania. W praktyce każdy budynek może być oceniany w zależności od skali przyjętego wzorca ocen. Wzorzec ocen jest wybierany przez oceniającego w sposób możliwie obiektywny i nie może być łączony z budynkiem ocenianym. Wypracowanie wzorców oceny należy do gremiów zawodowych, które ustalają je zgodnie z aktualnymi możliwościami technicznymi.

Budynek referencyjny stanowi wzorzec obiektu przyjętego do rozważań. Ustala możliwą klasę budynków i dostarcza potrzebnych danych do metod ich oceny. Wiele z nich to metody eksperckie, wykorzystujące programy komputerowe, które wymagają licznych danych do ich procedur rozwiązujących zadania oceny. Ustalenie prawidłowe tych danych w klasie identyfikowanego budynku, to najistotniejszy wymóg w określeniu budynku referencyjnego.

Zmienne parametry budynku pozwalają na uwzględnienie wielu stanów, lub też wariantów budynku w zależności od rozważanego zadania. W zadaniach projektowania pozwala to na umożliwienie analizy wariantowej wpływu zmian na wartość projektu. W analizach stanu pozwala na ocenę kilku wyróżnionych stanów budynku.

Przykładem może być badanie wpływu powierzchni podstawowych pomieszczeń w mieszkaniach w zabudowie wielorodzinnej na walory użytkowe. Tutaj powierzchnie pomieszczeń są zmiennymi decyzyjnymi, a reszta parametrów (przeznaczenie, rodzaj ścian, wysokość pomieszczeń, itp.) występująca w analizie należy do parametrów stałych. Innym przykładem jest badanie wpływu struktury okien poszczególnych elewacji, na koszty poniesione na ogrzewanie budynku w sezonie grzewczym. W tym przypadku budowa okien (i koszty związane z jej wymianą) należy do zmiennych decyzyjnych, a reszta parametrów występujących w analizie do parametrów zmiennych [7].

W zadaniach ocen budynku parametry zmienne pozwalają na badanie kilku stanów technicznych występujących w jego eksploatacji.

3. CZYNNIKI CHARAKTERYZUJĄCE STAN OBIEKTU

Ocenie stanu podlegają wszystkie elementy obiektu budowlanego wraz ze związanymi z nimi urządzeniami budowlanymi, które – zgodnie z Ustawą *Prawo budowlane* [10] Art. 5. Ust. 1. – powinny zapewniać wymogi stawiane obiektom budowlanym.

Autorzy wyróżniają cztery grupy czynników określających stan budynku:

- czynnik techniczny elementów budowlanych oraz urządzeń budowlanych,
- czynnik funkcjonalny,
- czynnik estetyki obiektu (w literaturze niemieckiej ten czynnik oceny obiektu nazywany jest wadą optyczną obiektu: „Der optische Bau-und Wohnungsmangel"),
- czynnik ekonomiczny.

3.1. CZYNNIK TECHNICZNY ELEMENTÓW BUDOWLANYCH ORAZ URZĄDZEŃ BUDOWLANYCH

Bezpieczeństwo należy do podstawowych wymagań stawianych obiektom budowlanym, określonymi w Ustawie *Prawo budowlane* [8, 10]. Konstrukcje obiektów ulegają degradacji na skutek naturalnego starzenia się, procesów chemicznych zachodzących w materiałach, oddziaływania agresywnego środowiska (korozja chemiczna, biologiczna), wpływu czynników otoczenia. Bezpieczeństwo i niezawodność istniejących konstrukcji budowlanych ocenia się w wyniku zespołu czynności nazywanych diagnostyką. Diagnozę techniczną ustala się na podstawie oznak zewnętrznych (lub też zbadanych przemian wewnętrznych), kierując się znajomością ogólnych praw dotyczących nauk technicznych. Oznakami zewnętrznymi mogą być: odkształcenia, przemieszczenia, spękania, rozwarstwienie, wykwity, zawilgocenia. Wynikiem zmian struktur wewnętrznych może być utrata zdolności materiałów do reagowania z innymi substancjami, brak odporności na palność, korozję, itp. [1, 3].

Metody określające stopień zużycia technicznego można podzielić na trzy grupy: czasowe, wizualne, porównań okresowych i analityczno-badawcze.

Metody czasowe – służą do szybkiego zdiagnozowania stopnia zużycia technicznego budynku [5, 6]. Opierają się one na wykorzystaniu dwóch parametrów, tj. na przewidywanym okresie trwałości budynku T oraz wieku budynku t.

Metody wizualne – rzeczoznawca podczas wizji lokalnej określa, w postaci procentowych wskaźników, zużycie poszczególnych elementów na podstawie ich wyglądu oraz stanu utrzymania [4, 5, 6]. Metody wizualne oceny stanu technicznego budynku są podstawą znanego systemu wspomagania decyzji EPIQR [5], który pozwala m.in. ustalić diagnozę stanu technicznego i funkcjonalnego obiektu oraz określić zakres i koszt prac renowacyjnych.

Metody porównań okresowych – polegają na ocenie stanu technicznego obiektu na podstawie porównania aktualnych defektów jakościowych i ilościowych w elementach badanego obiektu np.: odkształceń z defektami stwierdzonymi podczas poprzednich badań. Metody porównań okresowych z powodzeniem stosowane są od kilkudziesięciu lat w Kanadzie do oceny stanu technicznego obiektów drewnianych o dużej rozpiętości: hangary, magazyny wojskowe, itp. Obecnie metoda ta z powodzeniem adaptowana jest do oceny stanu technicznego konstrukcji żelbetowych oraz nawierzchni drogowych [1].

Należy wskazać na udane próby zastosowania sieci neuronowych do określania stopnia zużycia technicznego wybranej grupy budynków mieszkalnych [4, 9].

3.2. CZYNNIK FUNKCJONALNY

Pojęcie *funkcji (użytkowej)* w omawianym przypadku rozumiane jest jako przeznaczenie obiektu do spełnienia określonej roli. W przypadku budynków mieszkalnych polega ona na odpowiednim zorganizowaniu przestrzeni, umożliwiając

realizowanie ludzkich potrzeb. Są one charakterystyczne dla danego wieku człowieka (ontogenetyczne) i wynikają z prawidłowości natury człowieka – potrzeba odżywiania, odpoczynku, aktywności (filogenetyczne), a także zachowań społecznych i kulturowych [6]. Wymogi funkcjonalności obiektu z upływem czasu zmieniają się. Często różnią się one w sposób istotny od tych, jakie obowiązywały w czasach, w których budynki te powstawały.

3.3. CZYNNIK ESTETYKI OBIEKTU

Podczas kontroli okresowej obiektu zgodnie z Prawem budowlanym [10] należy dokonać oceny estetyki obiektu budowlanego. W ocenie nieprawidłowości estetycznych (najczęściej optycznych) chodzi o to, czy zaobserwowane wady, na przykład w postaci zmiany barwy ścian, zabrudzenia, zacieków, przebarwień, itp. wywołują ujemne wrażenia. Znaczenie wrażenia estetycznego zależy od rodzaju ocenianego obiektu. Zdecydowanie mniejsze znaczenie mają tego typu wady w obiektach drugorzędnych niż na przykład w elementach wejścia do reprezentacyjnego budynku. Obraz optyczny elementu budowlanego kształtowany jest przez obserwującego (oceniającego) i warunki obserwacji.

3.4. CZYNNIK EKONOMICZNY

Ciągły wzrost cen materiałów budowlanych, robocizny, a przede wszystkim kosztów związanych z użytkowaniem i utrzymaniem obiektu powoduje, że czynnik ekonomiczny staje się jednym z ważniejszych kryteriów oceny stanu budynku. Bardzo często czynnik ekonomiczny decyduje o przeznaczeniu budynku do remontu, jego zakresu, czy też wskazuje na konieczność rozbiórki obiektu.

4. PROPOZYCJA SYSTEMOWEJ OCENY STANU BUDYNKU

Koncepcja systemowej oceny budynku za pomocą pojęcia budynku referencyjnego polega na uwzględnieniu trzech stanów ocenianego obiektu.

1. Stan budynku charakteryzującego się najwyższymi parametrami użytkowymi w okresie eksploatacji (uzyskanie najwyższych zdolności użytkowych następuje przeważnie w momencie oddania budynku do użytkowania).
2. Aktualny stan budynku (oceniany stan).
3. Stan budynku przewidziany po renowacji.

Stan budynku 1 należy utożsamić z projektem budynku ocenianego, stan budynku 2 z aktualnym budynkiem, stan budynku 3 ze standardem budynku po projektowanej renowacji.

Metoda budynku referencyjnego zakłada, że wszystkie trzy stany budynku mogą być analizowane za pomocą tego samego pojęcia budynku referencyjnego. W założeniu do przeprowadzanej analizy przyjmuje się stałe wartości tych samych

parametrów we wszystkich trzech analizowanych stanach budynku. Zmienne parametry w każdym z tych stanów budynków są inne. W istocie rzeczy są to „trzy budynki", które mają tę samą przeważającą liczbę parametrów. W większości są to parametry geometryczne. Parametry stałe określają klasę budynków rozważanych.

Różnice stanu 1 i stanu 2 nazywamy stanem zużycia budynku, a różnicę stanów 3 i 2 stanem rewitalizacji bazowego obiektu.

Każdy z tych budynków jest oceniany metodą charakterystyki technicznych wskaźników. Wskaźniki techniczne są odnoszone do jednostek powierzchni, objętości całego budynku lub jego części. Mogą one dotyczyć zarówno konstrukcji jak również całości użytkowej. Wskaźniki te są obliczane metodami eksperckimi za pomocą programów komputerowych

Konieczność opracowania takiej metody jawi się w sposób naturalny w związku z ugruntowaniem się nowych standardów użytkowych w budownictwie, związanych z podwyższeniem wymagań oszczędności energii i ochrony środowiska. Wymagania te zapoczątkowały masowy proces rewitalizacji budynków. Rewitalizacja poprzedzana jest opracowaniem ocen projektów modernizacyjnych.

LITERATURA

[1] FOO H. C ., AKHRAS G., *Prototype Knowledge-Base System for Corrective Maintence of Pavements*. Journal of Transpotation Engineering, 10/11, 1995. pp. 517–523.

[2] KORZENIEWSKI WŁ., *Standard przestrzenny mieszkań w wielorodzinnym budownictwie mieszkaniowym*. Przegląd budowlany. 10/2003, str. 22–25.

[3] LEWICKI B.: *Metodyka oceny stanu technicznego konstrukcji budynków wielkoplytowych*. ITB, Warszawa 2002

[4] MARCINKOWSKA E., URBAŃSKI P., *Ocena stopnia technicznego zużycia budynków mieszkalnych przy zastosowaniu sztucznych sieci neuronowych*. Konferencja Naukowa, Ekologia w inżynierii procesów budowlanych, Lublin–Kazimierz Dolny 21–24 maja 1998.

[5] MISZTAL G., *Skuteczność diagnozowania stanu technicznego obiektów budowlanych w aspekcie inwestycji renowacyjnych. Renowacja budynków i modernizacja obszarów zabudowanych*. Oficyna wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra. 2005

[6] NIEZABITOWSKA E., KUCHARCZYK-BRUS B., MASŁY D., *Wartość użytkowa budynku*. Verlag Dashofer Sp. z o.o. Warszawa 2003.

[7] OWCZAREK ST., *Charakterystyka systemowa oceny efektywności budynków mieszkaniowo-biurowych*. VII Ogólnopolska konferencja naukowo-techniczna. Problemy projektowania, realizacji i eksploatacji budynków o niskim zaopatrzeniu na energię. ENERODOM '2004, Kraków–Zakopane 2004.

[8] PN-ISO 6241. *Normy właściwości użytkowych w budownictwie. Zasady ich opracowywania i czynniki, które powinny być uwzględnione*.

[9] URBAŃSKI P., *Ocena stopnia zużycia technicznego wybranej grupy budynków mieszkalnych za pomocą sztucznych sieci neuronowych*. Rozprawa doktorska, Instytut Budownictwa Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra 2001.

[10] Ustawa z dn. 7.07.1994 r. „Prawo budowlane" (Dz.U. Nr 207/2004. poz. 2016).

REFERENCE BUILDING – BASIS OF ESTIMATE BUILDING CONDITION

The authors propose for evaluation of building technical condition the method in which the so called "reference building" is accepted as a comparative unit. Four groups of factors which characterize the building condition are detailed. These factors are the evaluation criteria. The assumption of the proposed method for building condition evaluation according to the reference building are also presented

Praca została wykonana w ramach pracy S/IIB/1/05

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

zużycie budynku, budynek referencyjny,
kwantyfikacja zmiennych, wielokryterialna ocena

Stefan OWCZAREK*
Zygmunt ORŁOWSKI*
Nina SZKLENNIK*

KONCEPCJA SYSTEMOWEJ OCENY ZUŻYCIA BUDYNKÓW

Wprowadzenie pojęcia budynku referencyjnego pozwoliło autorom stworzyć bazę do wszelkich możliwych analiz teoretycznych dotyczących oceny stanu technicznego budynków. Przedstawiona metoda, w stosunku do dotychczas stosowanych metod ocen zużycia obiektu, jest jednoznaczna w swoich ustaleniach bazowych. W artykule przedstawiono podstawowe elementy tej metody: opracowywanie klas standardów analizowanych budynków, opracowania procedur i metod oceny budynków o ustalonych cechach – wymaga to wypracowania wskaźników technicznych wyrażających przyjęte kryteria oceny budynków, opracowanie sposobu kwantyfikacji ocen – jest to jedno z trudniejszych elementów tej metody. Praca zawiera przykład liczbowy kwalifikowanej oceny referencyjnego budynku.

1. ELEMENTY SYSTEMU

Metoda budynku referencyjnego [3] dostarcza procedur i programów komputerowych służących do oceny systemowej zużycia technicznego budynków.

Metoda ta w stosunku do stosowanych dotychczas metod zużycia technicznego i funkcjonalnego [1,2] jest jednoznaczna w swoich ustaleniach bazowych. Oczywiście stwarza nowe wyzwania jakimi są:

- opracowanie klas standardów budynków,
- opracowania procedur i metod oceny budynków o ustalonych cechach,
- opracowanie sposobu kwantyfikacji tych ocen.

Opracowanie klasy standardów analizowanych budynków polega na przyjęciu jako podstawy do analizy budynków projektowanych zgodnie z nowymi technologiami.

Metody oceny budynków polegają na wypracowaniu wskaźników technicznych wynikających z kryterium poprawności projektowanego obiektu.

* Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 E, 15-351 Białystok

Opracowanie sposobu kwantyfikacji ocen wymaga ustalania wag w kryteriach preferowanych scalających kryteria cząstkowe.

Wskaźniki techniczne są wyrazem kryteriów wyrażających wymagania eksploatacyjne.

Kryterium zużycia technicznego składa się z pięciu grup wymagań, które określają przydatność obiektu do spełnienia warunków sklasyfikowanych w pięciu kategoriach.

Do nich należą wymagania:

1. bezpieczeństwa obiektu,
2. bezpieczeństwa ekologicznego i ergonomicznego użytkowania,
3. warunki techniczne użytkowania i jakość użytkowania,
4. satysfakcji eksploatacyjnej właściciela,
5. efektywności realizacyjnej i eksploatacyjnej.

Bezpieczeństwo obiektu określa się przez cechy, które są obliczane z ocen w działach:

- bezpieczeństwa konstrukcji,
- bezpieczeństwa urządzeń budowlanych tj. przyłączy i urządzeń instalacyjnych,
- bezpieczeństwa użytkowania.

Kategorie bezpieczeństwa ekologicznego i ergonomicznego definiowane są przez cechy, które obliczane są z ocen w działach;

- higiena, zdrowie i warunki bezpieczeństwa,
- ochrona przed hałasem,
- ochrona środowiska.

Kategoria wartości technicznych i jakości użytkowania identyfikuje się przez cechy określane z ocen w działach:

- oszczędności energii,
- zaopatrzenia w wodę,
- zaopatrzenia w urządzenia mechaniczne (windy i usuwanie ścieków).

Kategoria satysfakcji eksploatacyjnej właściciela definiuje się przez zespół cech, które są obliczane w działach:

- standardy rynkowe,
- standardy techniczne,
- zaspokojenie kryteriów estetycznych użytkownika.

Kategoria efektywności realizacyjnej i eksploatacyjnej definiuje się przez cechy, które są obliczane w działach:

- efektywność realizacji obiektu,
- efektywność użytkowania,
- efektywność konserwacji i napraw.

Każdy z tych działów ma swoje subkryteria. Subkryteria wyraża się wskaźnikami technicznymi obliczanymi przy użyciu programów komputerowych lub też metod bezpośrednich. Badanie aktualnych wartości cech budynku zapewniających spełnienie wymagań, stanowi podstawę analizy procesu eksploatacji obiektu budowlanego.

2. WSKAŹNIKI TECHNICZNE

Wskaźniki techniczne wyrażają miary zdolności użytkowych. Zbiór miar zdolności użytkowych budynku wyrażonych w liczbach, będziemy nazywać jego charakterystyką użyteczności. Użyteczność może być określona w postaci funkcji skalarnej zmiennych użyteczności lub wektorowej – jako zbiór kilku funkcji zmiennych użyteczności. Podstawą wyboru funkcji użyteczności są wartości cech wymagań budynku. Wartości funkcji użyteczności są ustalane poprzez uśrednianie wartości użytkowych względem czasu lub jeżeli są one stałe opuszczanie zmiennej czasowej „t". Do oszacowania tych wielkości proponuje się użycia wiedzy projektanta przy wspomaganiu komputerowym z programów wykonanych w różnych dziedzinach nauki związanej z budownictwem (Architektura, Geometria, Fizyka budowli, Analiz cieplna, Analiza wilgotnościowa, Technologia, Organizacja, Kosztorysowanie, Efektywność) lub też wiedzy eksperckiej. W ten sposób otrzymujemy tablicę wartości charakterystyki użyteczności:

$$\mathbf{A}_i(h), \quad i = 1,2,...I, \tag{1}$$

która pozwala oceniać budynki.

Jest to postać wektorowa oceny. Składowymi oceny są wskaźniki użyteczności. Zalecane jest aby wskaźniki te były formułowane w taki sposób, aby ich wzrost był jednocześnie związany ze wzrostem użyteczności budynku. Na przykład proponuje się przyjmować wskaźniki, wyrażające się w jednostkach: m^3/kWh, a nie jak się obecnie przyjmuje w kWh/m^3.

Stosowanie funkcji użyteczności w postaci wektorowej $\mathbf{A}_i(h), i = 1,2,...I$ prowadzi w zadaniach wyboru budynków do „optymalizacji wielokryterialnej", co jawi się w obliczeniach jako zadania „mozolne" i często niepotrzebnie skomplikowane. Dlatego formułuje się agregacje funkcji wektorowych do funkcji skalarnej poprzez wprowadzenie wag.

$$U = w_1 A_1 + w_2 A_2 + w_3 A_3 + w_4 A_4 + w_5 A_5 + w_6 A_6 + w_7 A_7 \tag{2}$$

Wskaźniki techniczne stanowią źródło informacji ocen technicznych i podstawę do ocen kwalifikowanych. Na przykład do takich wskaźników należą:

- stany elementów konstrukcyjnych w procentach (słupy, belki i ściany),
- liczba m^3 kubatury ogrzewanej rocznie przez 1 GWh energii cieplnej,
- liczba osób zaopatrywanych w wodę ciepłą rocznie przez 1000 m^3 przygotowanej ciepłej wody użytkowej,
- współczynnik zwartości bryły budynku, [m]
- bezwymiarowy współczynnik kształtu budynku.

Po określeniu wskaźników technicznych wyrażających wartości subkryteriów, istnieje potrzeba ich integracji. W przypadku czynników wyrażonych przez te same mia-

na fizyczne, wagi w kryterium integracyjnym wyrażają udział czynników integrowanych w ogólnym koszcie obiektu. Na przykład, kiedy bierzemy pod uwagę koszt ogrzewania przez 50 lat, to udział w nim rocznego kosztu ogrzewania wynosi 50. Zadanie szczegółowego określenia wskaźników technicznych szczegółowych i zintegrowanych stanowi materiał do oddzielnych prac i dlatego w dalszym ciągu referatu, nie będziemy się tym zajmować.

3. OCENY KWALIFIKOWANE WARTOŚCI UŻYTKOWEJ BUDYNKU

Wartość użytkowa budynku stanowi tu kryterium nadrzędne oceny stanu budynku. Wyraża ona ocenę subiektywną użytkownika (określoną przez eksperta), obejmującą wszystkie czynniki systemu wymagań występujących w eksploatacji budynku.

Obiekt budowlany stanowi bardzo złożony dynamiczny system, składający się ze zbiorów połączonych wzajemnie elementów oddziaływujących na siebie. Zrozumienie działania obiektu wymaga znalezienia oddziaływań dominujących w danym miejscu i czasie, przy równoczesnym pominięciu elementów mało istotnych.

Przeprowadzanie analiz działania systemu niesie za sobą konieczność dalszych uproszczeń, pomija się niektóre wzajemne powiązania pomiędzy grupami czynników.

Ponieważ jednoznaczna propozycja wskaźnika technicznego w złożonym systemie ocen jest niezwykle trudna, zajmiemy się oceną kwalifikowaną. Oceny kwalifikowane wystawiamy na podstawie ocen wskaźnikowych. Dla każdej cechy zakładamy tę samą skalę zmiany cechy od najwyższego standardu (górna wartość) i kończąc na pewnym ustalonym poziomie poniżej tego standardu. Stosujemy schodkową ocenę cech: pięcioprzymiotnikową. Przyjmujemy cechy: najwyższy (5), wyższy (4), średni (3), gorszy (2), najgorszy (1). Budynek oceniamy w 5 kategoriach. Każda kategoria ma 3 działy. Stosując oceny kwalifikowane o_{ij}, $i = 1,..,5$, $j = 1,..,3$ do całego systemu, otrzymujemy macierz oceny systemu **O.** Aby scalić te oceny w kategoriach, przyporządkowujemy im wagi λ_{ij}, $i = 1,..5$, $j = 1,..3$, otrzymując macierz wag **Λ.** W zapisie indeksowym mamy:

$$\left[O_{ij}\right]_{5x3} = \begin{bmatrix} o_{11} & o_{12} & o_{13} \\ o_{21} & o_{22} & o_{23} \\ o_{31} & o_{32} & o_{33} \\ o_{41} & o_{42} & o_{43} \\ o_{51} & o_{52} & o_{53} \end{bmatrix} \qquad \left[\Lambda_{ij}\right]_{5x3} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} \\ \lambda_{41} & \lambda_{42} & \lambda_{43} \\ \lambda_{51} & \lambda_{52} & \lambda_{53} \end{bmatrix} \tag{3}$$

Celem scalenia wszystkich kategorii przyporządkowujemy systemowi wektor wag wszystkich kategorii w postaci:

$$L = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Ocenę całego systemu $\mathbf{O}_c$ wyrażono w postaci iloczynu macierzy:

W macierzy ocen i wag systemu wyróżniamy wektory ocen i wag w poszczególnych kategoriach:

$$\mathbf{o}_i = \begin{bmatrix} o_{i1} \\ o_{i2} \\ o_{i3} \end{bmatrix} i = 1,..,5 \qquad \lambda_i = \begin{bmatrix} \lambda_{i1} \\ \lambda_{i2} \\ \lambda_{i3} \end{bmatrix} \quad i = 1,..,5$$

Mnożąc skalarnie wektor ocen przez wektor wag poszczególnych kategorii, otrzymano ocenę kategorii:

$$O_i = \sum_{i=1}^{i=3} o_{ij}\ \lambda_{ij} = o_{i1}\ \lambda_{i1} + o_{i2}\ \lambda_{i2} + o_{i3}\ \lambda_{i3}.$$

Zestawiając wynik w kategoriach otrzymano wektor ocen systemu. Jego składowe to oceny kolejnych kategorii:

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} o_1 \\ o_2 \\ o_3 \end{bmatrix}$$

Mnożąc skalarnie wektor ocen przez wektor wag kategorii, otrzymano ogólną ocenę systemu:

$$O = \sum_{j=1}^{5} O_j L_j = O_1 L_1 + O_2 L_2 + O_3 L_3 + O_4 L_4 + O_5 L_5 \tag{5}$$

Ważnym problemem jest ustalenie macierzy wag grupowych $\mathbf{\Lambda}$ i wektora wag kategorii $\mathbf{L}$. Ustalamy je analizując udział ocen cząstkowych poprzez oceny statystyczne podobnych obiektów takich wielkości, jak koszt zrealizowania wybranych cech w poszczególnych grupach w koszcie grup lub koszt zrealizowania każdej kategorii w całym systemie.

4. PRZYKŁAD LICZBOWY OCENY KWALIFIKOWANEJ BUDYNKU REFERENCYJNEGO

Dla ustalenia wagi, przytaczamy przykład obliczenia oceny budynku referencyjnego. Poniżej przytoczono dane oceny kwalifikacyjnej:

$$\mathbf{O}_i = \begin{bmatrix} 4\,3\,2 \\ 3\,3\,3 \\ 5\,5\,4 \\ 4\,3\,4 \\ 5\,4\,3 \end{bmatrix}_{5x3} \qquad \lambda_i = \begin{bmatrix} 0{,}8\ 0{,}1\ 0{,}1 \\ 0{,}6\ 0{,}2\ 0{,}2 \\ 0{,}7\ 0{,}1\ 0{,}2 \\ 0{,}5\ 0{,}3\ 0{,}2 \\ 0{,}7\ 0{,}2\ 0{,}1 \end{bmatrix}_{5x3} \qquad L = \begin{bmatrix} 0{,}6 \\ 0{,}1 \\ 0{,}1 \\ 0{,}1 \\ 0{,}1 \end{bmatrix}_{5x1} \tag{6}$$

Mnożąc skalarnie wektory $\mathbf{O}_i\Lambda_i$, otrzymano wektor ocen $\mathbf{O}$:

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} 3{,}7 \\ 3{,}0 \\ 4{,}8 \\ 3{,}7 \\ 4{,}6 \end{bmatrix} \tag{7}$$

Mnożąc skalarnie wektor ocen $\mathbf{O}$ przez wektor wag $\mathbf{L}$, otrzymano ogólną ocenę systemu:

$$O = \mathbf{O} \cdot \mathbf{L} = 3{,}83\,. \tag{8}$$

Ogólna ocena techniczna jednego z budynków referencyjnych wynosi 3,83.

Podobnie należy wykonać oceny pozostałych dwóch budynków. Róznice tych ocen stanowią stan zużycia lub stan rewitalizacji.

LITERATURA

[1] MARCINKOWSKA E., URBAŃSKI P., *Ocena stopnia technicznego zużycia budynków mieszkalnych przy zastosowaniu sztucznych sieci neuronowych.* Konferencja Naukowa, Ekologia w inżynierii procesów budowlanych, Lublin–Kazimierz Dolny 21–24 maja 1998.

[2] NIEZABITOWSKA E., KUCHARCZYK-BRUS B., MASŁY D., *Wartość użytkowa budynku.* Verlag Dashofer Sp. z o.o. Warszawa 2003.

[3] OWCZAREK S., ORMOWSKI Z., SZKLENNIK N., *Budynek referencyjny – podstawa oceny stanu budynku*, Konferencja Naukowo-Techniczna, „TECHNOLOGIA I ZARZĄDZANIE W BUDOWNICTWIE", Karłów 1–4.06.2006.

Praca została wykonana w ramach pracy S/IIB/1/05

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Politechniki Wrocławskiej

Nr 87 Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

kamienica czynszowa, wykusz

Maciej ŚLIWOWSKI*
Marek SAWICKI*

WYKUSZ JAKO ELEMENT ARCHITEKTONICZNY POPRAWIAJĄCY WALORY FUNKCJONALNE MIESZKAŃ

Autorzy charakteryzują element architektoniczny jakim jest wykusz i próbują określić jego wpływ na walory funkcjonalne i eksploatacyjne mieszkań z przełomu XIX/XX wieku i w czasach współczesnych.

1. WPROWADZENIE

Wykusz pojawił się w architekturze obronnej średniowiecza przypuszczalnie pod wpływem architektury islamu przyniesionej z bliskiego wschodu przez uczestników wypraw krzyżowych. Być może jest wynikiem przekształcenia i ograniczenia ścianami bocznymi form zwieńczenia muru obronnego znanych jako hurdycje i machikuły.

W terminologii budowli obronnych wykusz występuje w dwóch odmianach; jako występ murów obronnych na całej ich wysokości, o różnym przekroju (trójkątnym, prostokątnym, trapezowym lub kołowym) lub tak zwany wykusz nadwieszony występujący na pewnej wysokości od podstawy muru.

Cechą wspólną obu odmian była możliwość prowadzenia ostrzału wzdłuż muru, a cechą wyróżniającą odmianę nadwieszoną była możliwość rażenia przez otwór w podłodze podobnie jak w przypadku hurdycji i machikuł.

W architekturze cywilnej zwykło się określać mianem wykusza element nadwieszony, ponieważ wysunięty fragment elewacji związany z podłożem nazywany jest ryzalitem.

Według Kopalińskiego jednak ryzalit to *wysunięta przed lico muru część fasady budynku, wykusz* [5].

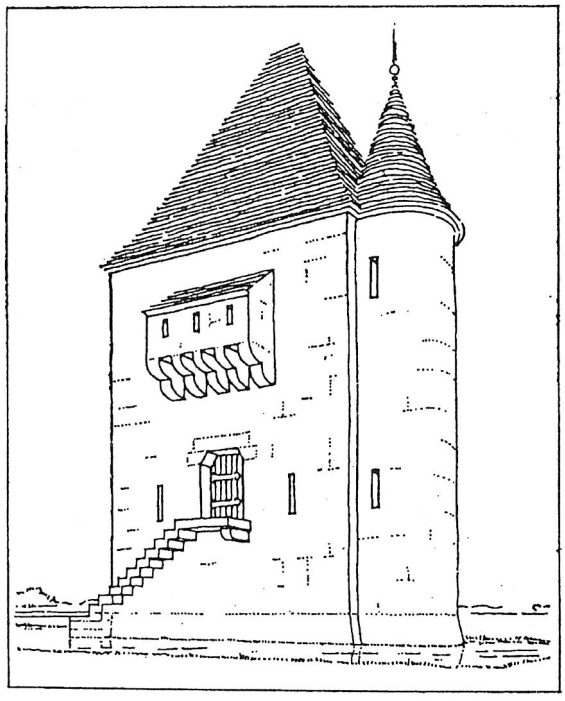
W architekturze arabskiej, z której ten element przypuszczalnie się wywodzi występuje pod nazwą muszaraba (z arab. *muszarabijah*) i oznacza *mauretański wykusz*

* Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej

okienny osłonięty kratą drewnianą, z którego kobiety mogły niepostrzeżenie obserwować ruch uliczny [5].

W Hiszpanii to *mirador archit. wykusz, balkon kryty (...) od mirar „spoglądać"* [5].

W Niemczech przyjęto nazwę *erker* dla wykusza nadwieszonego definiując go jako *rodzaj obudowanego stanowiska strzeleckiego, nadwieszonego na krokstynach lub trompach na zewnątrz muru, wieży, baszty itp.* [6].



Rys. 1. Wieża mieszkalna z wykuszem koło Bordeaux według T. Broniewskiego [1]
Fig. 1. House tower with bay window near Bordeaux (according to T. Broniewski)

2. FUNKCJA

Pierwotnie wykusz pełnił rolę urządzenia obronnego jednak jeszcze w średniowieczu wykusze zyskały nową funkcję jako latryny. Stopniowo kiedy budowle traciły swój obronny charakter w wykuszach zaczęto lokować izby sypialne czyli alkierze.

W renesansie wykusz zyskał funkcję elementu poszerzającego wnętrze, poprawiającego oświetlenie pomieszczeń, umożliwiającego obserwację świata zewnętrznego a z punktu widzenia formalnego elementu ozdobnego elewacji oraz podkreślającego szczególny charakter pomieszczenia, w którym się znajdował. Te funkcje pełnią wy-

kusze do czasów współczesnych. Nie bez znaczenia jest fakt, że wykusz pozwalał na zwiększenie powierzchni użytkowej mieszkań, będącej przedmiotem najmu lub sprzedaży, bez powiększania powierzchni zabudowy.

3. KONSTRUKCJA

Konstrukcyjnie wykusz nadwieszony, a taki rozumiemy pod tym określeniem zbliżony jest do *zabudowanego balkonu,* skonstruowanego na wspornikach (krokształynach) wystających ze ściany. Zwieńczony jest osobnym dachem lub hełmem.

Ściany murowane z cegły (często z dziurawki). Konstrukcja wspornika wykusza musi przenieść znacznie większe obciążenia niż w przypadku balkonu. Belki dwuteowe, tworzące ramę podstawy wykusza XIX wiecznego były czasem podpierane zastrzałami z profili dwuteowych ukrywanych potem w dekoracji sztukatorskiej o formie konsoli.

4. WYKUSZ W KAMIENICY MIESZKALNEJ Z PRZEŁOMU XIX I XX WIEKU

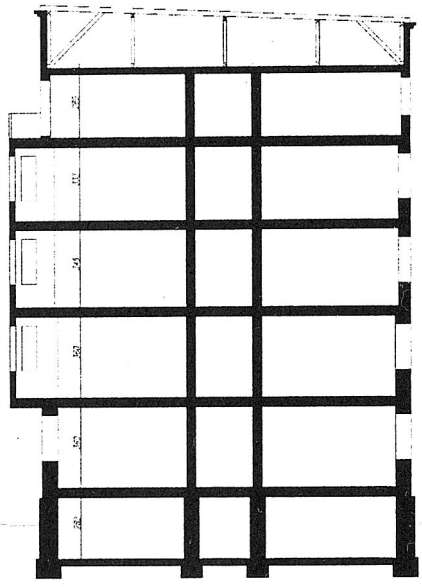
W kamienicach czynszowych, wznoszonych w zabudowie zwartej, obrzeżnej w końcu XIX wieku wykusz stał się powszechnie stosowanym elementem architektonicznym, który uatrakcyjniał piętra uprzywilejowane (pierwsze, drugie czasem trzecie i nawet czwarte). Często flankowany był balkonami. Zwieńczenie wykusza stanowił taras dostępny z trzeciego piętra, daszek lub hełm.

W kamienicach z ogródkami przedwejściowymi, gdzie w parterze lokowano mieszkania, w miejsce wykusza pojawia się ryzalit pełniący tę sama funkcję ale prostszy konstrukcyjnie.

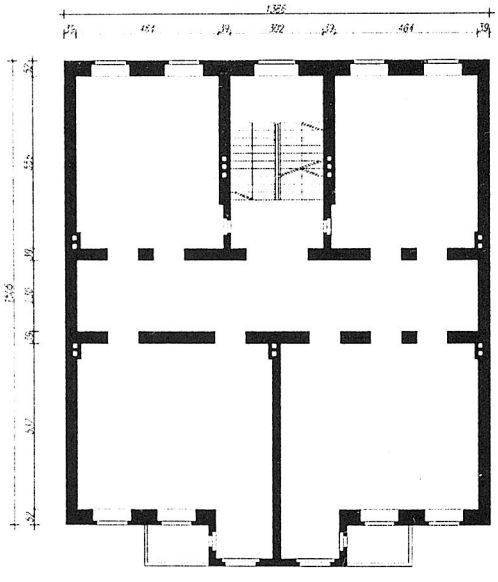
5. ŚWIATŁO

W zabudowie obrzeżnej kwartałów kamienice uzyskiwały często niekorzystną orientację względem stron świata. Wykusz stał się rozwiązaniem, które umożliwiało penetrację mieszkań przez promienie słoneczne nawet przy najbardziej niekorzystnej, północnej orientacji. Dzieje się tak dlatego, że część promieni wpadających przez boczne okna wykusza, szczególnie o rzucie trójkątnym lub trapezowym, ulega odbiciu od wewnętrznej powierzchni przeciwległego okna i wpada do pomieszczenia.

Z drugiej strony wykusz poszerza i tak szeroki trakt kamienicy co skutkuje niedoświetleniem zbyt głębokich pomieszczeń.



Rys. 2. Schemat przekroju poprzecznego kamienicy czynszowej z wykuszem
Fig. 2. Scheme of the vertical section of tenement house with bay window



Rys. 3. Schemat rzutu kamienicy czynszowej z wykuszem
Fig. 3. Scheme of the floor projection of tenement house with bay window

6. PROBLEMY EKSPLOATACYJNE

Wykusz, ponieważ jest bryłą wysuniętą z elewacji, znacznie powiększa powierzchnię emisji ciepła z pomieszczenia. W kamienicach z przełomu wieków, gdzie ze względu na bogaty wystrój elewacyjny utrudnione jest poprawienie parametrów termicznych przegród ma to szczególne znaczenie.

Częstym zwieńczeniem wykusza jest taras dostępny z wyższej kondygnacji, miejsce uporczywych przecieków i dużej emisji ciepła z pomieszczenia.

Ze względu na zaniedbania eksploatacyjne budynków z przełomu wieków ich stan obecnie w przeważającej mierze jest niezadowalający. Dotyczy to również wykuszy, które podobnie jak balkony posiadają stalową konstrukcję wsporczą, pozbawioną obecnie otuliny ochronnej w postaci wypraw tynkarskich czy elementów sztukatorskich. Prowadzi to do postępującej korozji elementów wsporczych. Na szczęście proces ten postępuje w przypadku wykusza wolniej niż w balkonach. Przyczyną tej różnicy jest zastosowanie elementów o większych przekrojach z racji obciążeń, i co może ważniejsze brak stałego zawilgocenia przyspieszającego korozję z powodu występowania nad konstrukcją ogrzewanych pomieszczeń mieszkalnych.

7. WYKUSZ W ARCHITEKTURZE WSPÓŁCZESNEJ

Najczęstszym miejscem stosowania tego elementu jest architektura mieszkalna o charakterze uzupełniającym zabudowę obrzeżną. Niestety można odnieść wrażenie, że projektanci często zapominają o funkcji jaką powinien pełnić wykusz a także o właściwych proporcjach stosowanych elementów architektonicznych. W wyniku takich działań powstają elewacje, które są przypadkowym nagromadzeniem różnych, kłócących się ze sobą elementów architektonicznych o niewłaściwie dobranych skalach.

W zabudowie jednorodzinnej powszechnie używa się określenia wykusz dla wysuniętej części elewacji parteru budynku wyposażonej w okna.

8. UWARUNKOWANIA PRAWNE

Warunki techniczne określają dopuszczalny wysięg elementów architektonicznych w elewacjach zwróconych w kierunku granicy działki na 1.3 m (§12.5 *balkony, galerie, tarasy i schody zewnętrzne*) [3], natomiast do wykuszy i ryzalitów odnoszą się odległości od granicy działki dla ścian zewnętrznych budynku.

Inaczej wygląda to w przypadku zwartej zabudowy obrzeżnej, uzupełniającej w tym przypadku wysięg elementów architektonicznych poza obowiązującą linię zabudowy definiowany jest w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego lub w decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu.

9. PODSUMOWANIE

Zastosowania wykusza w architekturze zmieniały się na przestrzeni wieków. Począwszy od funkcji obronnych poprzez sanitarne do funkcji mieszkalnych.

W architekturze mieszkalnej, wielorodzinnej reprezentowanej na przełomie wieków przez kamienicę czynszową stanowił wraz z balkonami element dekoracyjny elewacji w zabudowie zwartej, a jednocześnie poprawiał walory użytkowe wnętrza.

Współcześnie element ten stosowany jest czasami z pominięciem jego zadań funkcjonalnych z powodu zaburzenia skali. Prawidłowo zaprojektowany mógłby, tak jak w przeszłości, stać się atrakcyjnym elementem wnętrza i znaczącym motywem kompozycji elewacji.

LITERATURA

[1] BRONIEWSKI T., *Historia architektury w zarysie*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1959.
[2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. Nr 89, poz. 414, z późniejszymi zmianami),
[3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75 z 2002 r. poz. 690 z późniejszymi zmianami),
[4] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. – O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. Nr 80 z 2003 r. poz. 717)
[5] KOPALIŃSKI W., *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych*, (www.slownik-online.pl)
[6] STOJECKI M., *Inkluz heuresis*

BAY WINDOW AS AN ARCHITECTURAL ELEMENT WHICH IMPROVES FUNCTIONAL QUALITY OF FLATS

The authors presented and discussed in the paper a problem of a bay window as an architectural element of a building. The authors also analysed the influence of a bay window on functional quality and service life of the flats from the turn of XIX and XX centuries as well as from the present-day.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

obiekt budowlany, użytkowanie obiektu budowlanego, stan użytkowania, relacja słabej dominacji, relacja przewyższania

Tadeusz TRUCHANOWICZ*

KONCEPCJA METOD IDENTYFIKACJI STANU UŻYTKOWANIA OBIEKTU BUDOWLANEGO

Zaproponowano alternatywne metody identyfikacji stanu użytkowania obiektu budowlanego na podstawie minimalnych (najmniej preferowanych) wymagań eksploatacyjnych. W metodach tych wykorzystuje się m.in. relację słabej dominacji oraz relację przewyższania. Ponadto omówiono przykład identyfikacji stanu użytkowania schronu dwufunkcyjnego.

WSTĘP

W teorii eksploatacji obiektów technicznych (urządzeń) *użytkowanie* obejmuje *realizację przez urządzenie* (obiekt) *zadań* (spełnianie funkcji) *zgodnie z dokumentacją eksploatacyjną*. [1] Odnosząc pojęcie *użytkowania* do obiektu budowlanego, zdefiniowano je jako (...) *podzbiór działań związanych z wypełnianiem przez obiekt wymaganych funkcji, czyli wykorzystanie obiektu zgodnie z przeznaczeniem* (...). Użytkowanie obiektu jest (...) *możliwe i dopuszczalne, gdy obiekt spełnia wszystkie zaprojektowane wymagania techniczne, funkcjonalne, organizacyjne, ekonomiczne i estetyczne*. [4]

W eksploatacji obiektów budowlanych wyróżnia się stany eksploatacyjne, wśród których można z kolei wyróżnić podzbiory stanów użytkowania oraz stanów utrzymania. T. Kasprowicz [3, 4] zaproponował, ażeby wymagania eksploatacyjne obiektu budowlanego – w zależności od funkcji i rodzaju obiektu – określać (alter-natywnie) w postaci przedziału domkniętego wartości dopuszczalnych cech stanu eksploatacyjnego, zbioru rozmytego określonego w pewnej przestrzeni wartości cech tego stanu albo też mieszanego zbioru wymagań (w postaci przedziału domkniętego lub zbioru rozmytego). Tenże autor [4] zdefiniował zbiór wymagań eksploatacyjnych dla typo-

* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

wych obiektów budowlanych oraz określił ogólny zbiór cech stanu eksploatacyjnego obiektu budowlanego.

Niektóre z cech stanu eksploatacyjnego obiektu dają się – być może – wyrazić za pomocą zmiennych losowych. Istotnie, podejście probabilistyczne jest stosowane częściej niż podejście rozmyte do modelowania stanów niepewności i nieokreśloności, z tym że dotyczy to (obiektywnego lub subiektywnego) prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń (zjawisk). Jak pisze D. Kuchta [6], (...) *modele matematyczne stosowane w podejmowaniu decyzji ekonomicznych mają wyrażać nie prawa natury (do czego świetnie nadaje się rachunek prawdopodobieństwa), lecz nasz sposób myślenia, nasz pogląd – na przykład co do stopnia możliwości wystąpienia jakiegoś zdarzenia.* Do opisu takich stanów lepiej nadają się liczby przedziałowe lub rozmyte.

Przedstawiając koncepcję alternatywnych metod identyfikacji stanu użytkowania obiektu budowlanego, wprowadzamy następujące oznaczenia:

$\mathbf{y}^{**} > \mathbf{y}^{*}$ relacja silnej dominacji ($\mathbf{y}^{**}$ silnie dominuje $\mathbf{y}^{*}$),

$\mathbf{y}^{**} \geqq \mathbf{y}^{*}$ relacja słabej dominacji ($\mathbf{y}^{**}$ słabo dominuje $\mathbf{y}^{*}$),

$\mathbf{y}^{**} \geq \mathbf{y}^{*}$ relacja dominacji ($\mathbf{y}^{**}$ dominuje $\mathbf{y}^{*}$),

$\mathbf{y}^{**} \succ \mathbf{y}^{*}$ relacja preferencji ($\mathbf{y}^{**}$ jest lepsze od $\mathbf{y}^{*}$),

$\mathbf{y}^{**}\ S\ \mathbf{y}^{*}$ relacja przewyższania ($\mathbf{y}^{**}$ przewyższa $\mathbf{y}^{*}$),

$\sim p$ negacja zdania p (nieprawda, że p).

Przyjmujemy następujące definicje:

$$\mathbf{y}^{**} > \mathbf{y}^{*} \Leftrightarrow \forall\, k \in \overline{1,n} : y_k^{**} > y_k^{*},$$

$$\mathbf{y}^{**} \geqq \mathbf{y}^{*} \Leftrightarrow \forall\, k \in \overline{1,n} : y_k^{**} \geq y_k^{*},$$

$$\mathbf{y}^{**} \geq \mathbf{y}^{*} \Leftrightarrow \forall\, k \in \overline{1,n} : y_k^{**} \geq y_k^{*} \wedge \exists\, l \in \overline{1,n} : y_l^{**} > y_l^{*},$$

gdzie $\overline{1,n} \equiv \{k \in N: 1 \leq k \leq n\}$, $n \in N$, N jest zbiorem liczb naturalnych;

a zatem $\mathbf{y}^{**} \geq \mathbf{y}^{*} \Leftrightarrow \mathbf{y}^{**} \geqq \mathbf{y}^{*} \wedge \mathbf{y}^{**} \neq \mathbf{y}^{*}$

oraz $\mathbf{y}^{**} \geqq \mathbf{y}^{*} \Leftrightarrow \mathbf{y}^{**} \geq \mathbf{y}^{*} \vee \mathbf{y}^{**} = \mathbf{y}^{*}$.

Zauważamy, że $\mathbf{y}^{**} \geq \mathbf{y}^{*} \Rightarrow \mathbf{y}^{**} \succ \mathbf{y}^{*}$.

1. KONCEPCJA IDENTYFIKACJI STANU UŻYTKOWANIA OBIEKTU BUDOWLANEGO ZA POMOCĄ RELACJI SŁABEJ DOMINACJI

Rozważmy stany użytkowania $e_i \in E^h$ obiektu budowlanego $h \in H$ ($i \in \overline{1,n}$); niech będą to następujące stany: e_1 – stan *użytkowania zgodnego z przeznaczeniem*, e_2 – stan *użytkowania ograniczonego*, e_3 – stan *wyłączenia z użytkowania*. Zakładamy, że stany te dadzą się uporządkować według malejącej preferencji , np. $e_1 \succ e_2 \succ e_3$. Dla każdego ze stanów użytkowania można określić wektor *standaryzowanych ocen* cech, który określa minimalne (najmniej preferowane) wymagania eksploatacyjne, warun-

kujące zaliczanie obiektu do tego stanu. Jednakże rozrzut aktualnych wartości różnych cech obiektu bywa duży; wówczas identyfikacja konkretnego stanu użytkowania obiektu może nie być jednoznaczna. Nasze rozumowanie dotyczy między innymi takich sytuacji.

Przyjmujemy, że:

$\mathbf{g} = [g_q^h]$ jest wektorem *standaryzowanych ocen* cech, który określa maksymalne (najbardziej preferowane) wymagania eksploatacyjne, odnoszące się do obiektu budowlanego $h \in H$;

$\mathbf{d} = [d_q^h]$ jest wektorem *standaryzowanych ocen* cech, który określa minimalne (najmniej preferowane) wymagania eksploatacyjne dla obiektu budowlanego $h \in H$ będącego w stanie użytkowania $e_i \in E^h$;

$\mathbf{a} = [a_q^h]$ jest wektorem aktualnych wartości *standaryzowanych ocen* cech obiektu budowlanego $h \in H$ dla wymagań eksploatacyjnych $w \in W^h$.

Wartości składowych podanych wyżej wektorów są wyrażone w jednostkach specyficznych dla danej cechy (w jednostkach miar SI, w jednostkach pieniężnych, w punktach, w liczbach bezwymiarowych itp.); stosuje się przy tym odpowiednie *kodowanie skali* ocen cech – takie, ażeby zachodziła relacja $\mathbf{g} \geqq \mathbf{d}$. W dalszym ciągu rozważań rozpatrujemy jedynie sytuacje, w których $\mathbf{g} \geq \mathbf{d}$; pomijamy przypadek $\mathbf{g} = \mathbf{d}$, który ma znaczenie tylko teoretyczne. Zauważamy przy tym, że $\forall\ e_i \in E^h : \mathbf{g} \geqq \mathbf{a}$.

Rozpatrujemy dwa następujące przypadki:

I. Wektor $\mathbf{d}$ dotyczy stanu użytkowania $e_i \in E^h$, przy czym $\sim \exists\ e_j \in E^h$: $e_j \succ e_i$ $(i \in \overline{1,n}\,;\, j \in \overline{1,n}\,;\, j \neq i)$. Mówimy, że obiekt $h \in H$ jest w stanie użytkowania e_i wtedy i tylko wtedy, gdy $\mathbf{a} \geqq \mathbf{d}$.

II. Wektor $\mathbf{d}$ dotyczy stanu użytkowania $e_i \in E^h$ oraz wektor $\mathbf{d}^*$ dotyczy stanu użytkowania $e_j \in E^h$, przy czym $e_j \succ e_i$ oraz $\sim \exists\ e_k \in E^h$: $e_j \succ e_k \wedge e_k \succ e_i$ $(i \in \overline{1,n}\,;\, j \in \overline{1,n}\,;\, k \in \overline{1,n}\,;\, j \neq i\,;\, k \neq i\,;\, k \neq j)$. Mówimy, że obiekt $h \in H$ jest w stanie użytkowania e_i wtedy i tylko wtedy, gdy $\mathbf{a} \geqq \mathbf{d} \wedge \sim (\mathbf{a} \geqq \mathbf{d}^*)$.

Wadą przedstawionej tu metody identyfikacji stanu użytkowania obiektu budowlanego jest to, że stan ten odpowiada najgorszej spośród aktualnych wartości cech obiektu, przy czym nie bierze się pod uwagę ani odległości pomiędzy wartościami cech, ani ważności poszczególnych cech w aspekcie wymagań eksploatacyjnych.

2. KONCEPCJA IDENTYFIKACJI STANU UŻYTKOWANIA OBIEKTU BUDOWLANEGO ZA POMOCĄ RELACJI PRZEWYŻSZANIA

2.1. RELACJA PRZEWYŻSZANIA

Relacja przewyższania jest opisana w literaturze (m.in. w pracy B. Roy [7]). Przewyższanie wariantu x_s przez wariant x_r oznacza, że wariant x_r jest *nie gorszy* od wa-

riantu x_s pod względem *dostatecznie wielu dostatecznie ważnych* cząstkowych kryteriów oceny (w naszym przypadku: cech obiektu ważnych ze względu na *określone* wymagania eksploatacyjne), a w przypadku *pozostałych* cząstkowych kryteriów oceny (tu: jak wyżej) – jest *nie dużo gorszy*. Para wariantów (x_r, x_s) ma *wskaźnik zgodności* $z(x_r, x_s) \geq z_d$ oraz *wskaźnik niezgodności* $n(x_r, x_s) \leq n_d$, gdzie:

– $z_d \in [0, 1]$ i $n_d \in [0, 1]$ są (odpowiednio) *progiem zgodności* oraz *progiem niezgodności* z hipotezą przewyższania wariantu x_s przez wariant x_r ;

– *wskaźnik zgodności* jest wyrażony następującym wzorem:

$$z(x_r, x_s) = \frac{\sum_{q \in Q(+)} v_q^w + \sum_{q \in Q(=)} v_q^w}{\sum_{q \in Q} v_q^w}, \tag{1}$$

gdzie: $Q = Q(+) \cup Q(=) \cup Q(-) \equiv Q^h(w)$,

$Q(+)$, $Q(=)$, $Q(-)$ – zbiory cech $q \in Q^h(w)$, których standaryzowane oceny dla wariantu x_r są (odpowiednio) *bardziej, tak samo* lub *mniej* preferowane niż dla wariantu x_s ;

– *wskaźnik niezgodności* wyraża się następująco:

$$1)\ Q(-) = \varnothing \Rightarrow n(x_r, x_s) = 0, \tag{2}$$

$$2)\ Q(-) \neq \varnothing \Rightarrow n(x_r, x_s) = \max_{q \in Q(-)} \left\{ \frac{\left| a_q(x_r) - a_q(x_s) \right|}{d_{\max}} \right\}, \tag{3}$$

gdzie $d_{\max}$ jest *współczynnikiem skali,* równym co najmniej różnicy między największą i najmniejszą wartością oceny cechy, przyjmowaną w rozpatrywanym zbiorze wariantów.

Wartości progów z_d i n_d przyjmuje się w sposób arbitralny, biorąc pod uwagę, że zbyt duże zmniejszenie wartości z_d i (lub) duże zwiększenie wartości n_d mogłoby spowodować potwierdzenie mało wiarygodnych sytuacji przewyższania.

Zastosowanie prezentowanej tu metody wymaga uprzedniego określenia *wag* (współczynników ważności) poszczególnych cech $q \in Q^h(w)$ ze względu na spełnianie wymagań eksploatacyjnych $w \in W^h$. Wagi v_q^w można określić jedną z metod zalecanych w literaturze [2], przy czym przyjmuje się, że

$$\mathbf{1}^T \mathbf{v} = 1, \tag{4}$$

gdzie: $\mathbf{v} = [v_q^w]$,

$\mathbf{1}$ jest wektorem sumacyjnym (jedynkowym).

2.2. IDENTYFIKACJA STANU UŻYTKOWANIA OBIEKTU BUDOWLANEGO

Rozpatrujemy dwa następujące przypadki:

I. Wektor **d** dotyczy stanu użytkowania $e_i \in E^h$, przy czym $\sim \exists\, e_j \in E^h$: $e_j \succ e_i$ ($i \in \overline{1,n}$; $j \in \overline{1,n}$; $j \neq i$). Mówimy, że obiekt $h \in H$ jest w stanie użytkowania e_i wtedy i tylko wtedy, gdy $\mathbf{a}\, S\, \mathbf{d}$.

II. Wektor **d** dotyczy stanu użytkowania $e_i \in E^h$ oraz wektor $\mathbf{d}^*$ dotyczy stanu użytkowania $e_j \in E^h$, przy czym $e_j \succ e_i$ oraz $\sim \exists\, e_k \in E^h$: $e_j \succ e_k \wedge e_k \succ e_i$ ($i \in \overline{1,n}$; $j \in \overline{1,n}$; $k \in \overline{1,n}$; $j \neq i$; $k \neq i$; $k \neq j$). Mówimy, że obiekt $h \in H$ jest w stanie użytkowania e_i wtedy i tylko wtedy, gdy $\mathbf{a}\, S\, \mathbf{d} \wedge \sim (\mathbf{a}\, S\, \mathbf{d}^*)$.

Przewyższanie wektora **d** przez wektor **a** polega na tym, że – z jednej strony – klasa cech stanu eksploatacyjnego obiektu, ocenionych zgodnie z relacją $a_q \geq d_q^h$, grupuje *dostatecznie wiele* cech lub cechy *wystarczająco ważne*, z drugiej zaś – żadna z cech ocenionych niezgodnie z tą relacją nie ma *zbyt silnej* oceny przeciwnej.

W proponowanej metodzie uwzględnia się odległości pomiędzy wartościami cech oraz ważność poszczególnych cech w aspekcie wymagań eksploatacyjnych; bierze się przy tym pod uwagę zarówno związek danej cechy z odpowiednim wymaganiem (bądź kilkoma wymaganiami), jak i ważność, jaką należy przypisać poszczególnym wymaganiom w aspekcie funkcji pełnionych przez obiekt. Wagi cech oszacowuje się według logiki niekompensacyjnej (nie można kompensować na przykład niespełniania wymogów bezpieczeństwa obiektu zwiększeniem standardów rynkowych czy też zwiększeniem poczucia estetycznego). Najprościej zrobić to poprzez uporządkowanie (zbudowanie hierarchii) cech lub grup cech oraz *bezpośrednie* przypisanie im wartości współczynników ważności. Zastosowanie jednej z bardziej wyrafinowanych metod szacowania wag (na przykład metody opartej na ocenie substytucji cech, przedstawionej przez Z. Galasa, I. Nykowskiego i Z. Żółkiewskiego [2], albo interaktywnej metody Steuera) nie byłoby w tej sytuacji celowe z różnych przyczyn, między innymi trudnych do akceptowania założeń czy też zbyt dużej liczby cech, które należałoby uwzględnić.

Przy ustalaniu wartości $d_{\max}$ dla każdej z cech ma miejsce pewna dowolność, wymagająca wyjaśnienia. Różni autorzy określają te wartości przeważnie jako maksymalne odchylenia (różnice) między skrajnymi wartościami wskaźników tej samej skali ocen. Pisząc, że współczynniki skali powinny być równe co najmniej różnicy między największą i najmniejszą wartością oceny cechy, przyjmowaną w rozpatrywanym zbiorze wariantów, najprościej jest określić jako wartości $d_{\max}$ całkowite zakresy przyjętych skal numerycznych.

Z podanych rozważań wnioskujemy, że proces identyfikacji stanu użytkowania obiektu budowlanego, łącząc elementy obiektywne i subiektywne, jest podstawą decyzji *subiektywnych*, na przykład decyzji o wyłączeniu z użytkowania (dotyczy to obydwu metod prezentowanych w tej pracy).

2.3. IDENTYFIKACJA STANU UŻYTKOWANIA SCHRONU JAKO DWUFUNKCYJNEGO OBIEKTU BUDOWLANEGO (OPIS PRZYKŁADU ZASTOSOWANIA METODY)

R. Krzewiński [5] przedstawił cykl eksploatacyjny schronu, będącego obiektem *dwufunkcyjnym*. Schron ten, zlokalizowany w piwnicy budynku mieszkalnego, jest przeznaczony do eksploatacji w okresie wojny (W) jako publiczny schron przeciwatomowy (o pojemności 300 osób), natomiast w okresie pokoju (P) jest użytkowany jako klub osiedlowy (o pojemności do 70 osób).

Jako obiekt budowlany infrastruktury obronnej schron powinien spełniać wymagania eksploatacyjne, określone przez odpowiednie cechy. Tenże autor [5] wymienił i scharakteryzował 24 cechy eksploatacyjne schronu, podając wartości (stany) normatywne oraz dopuszczalne każdej z nich. Są to następujące cechy: 1) nośność schronu; 2) szczelność schronu (ochrona przed falą uderzeniową i produktami spalania); 3) zdolność osłonowa (ochrona przed promieniowaniem przenikliwym i cieplnym); 4) odporność na wstrząs (sztywność połączeń elementów konstrukcyjnych, odporność zamocowania ścian działowych i urządzeń); 5) bezpieczeństwo pożarowe (ochrona przed pożarem wewnątrz schronu); 6) bezpieczeństwo użytkowania; 7) ochrona przed hałasem, drganiami i zanieczyszczeniem środowiska; 8) warunki techniczne użytkowania obiektu (utrzymanie parametrów); 9) warunki higieniczne i zdrowotne; 10) warunki bezpieczeństwa i higieny pracy w obiekcie; 11) zaopatrzenie w czyste powietrze; 12) zaopatrzenie w wodę; 13) usuwanie ścieków; 14) zasilanie w energię elektryczną; 15) czas pobytu ludzi w schronie; 16) czas funkcjonowania schronu w pełnej izolacji; 17) czas zmiany użytkowania z pokojowego na wojenne (wstępne oszacowanie); 18) zakłócenia użytkowania, wyrażone czasem realizacji robót konserwacyjnych (wstępne oszacowanie); 19) ograniczenia użytkowania, wyrażone czasem realizacji napraw bieżących (wstępne oszacowanie); 20) efektywność konserwacji (ocena ekspertów); 21) efektywność napraw bieżących (ocena ekspertów); 22) standardy rynkowe schronów dwufunkcyjnych (ocena ekspertów); 23) standardy techniczne schronów dwufunkcyjnych (ocena ekspertów); 24) poczucie estetyczne właściciela obiektu (ocena ekspertów).

Zauważamy, że przedstawione tu cechy nie są rozłączne; skądinąd w proponowanej metodzie nie wymaga się niezależności kryteriów oceny wariantów.

Według autora [5] wymienione powyżej cechy określają następujące wymagania eksploatacyjne (o charakterze obiektywnym bądź subiektywnym): bezpieczeństwo schronu (cechy od 1. do 6.), bezpieczeństwo ekologiczne schronu i jego otoczenia (cecha 7.), odpowiednia charakterystyka techniczna schronu (cecha 8.), bezpieczeństwo eksploatacji (cechy 9. i 10.), jakość użytkowania (cechy od 11. do 19.), efektywność utrzymywania (cechy 20. i 21.), satysfakcja eksploatacyjna właściciela (cechy od 22. do 24.).

Przedstawiamy kolejne etapy procedury identyfikacji stanu użytkowania obiektu budowlanego (na przykładzie schronu) za pomocą relacji przewyższania. Identyfika-

cję rozpoczynamy od testowania, czy obiekt jest w *stanie użytkowania zgodnego z przeznaczeniem* (sytuacja ta odpowiada pierwszemu z dwóch poprzednio zdefiniowanych przypadków).

1. Określamy wartości składowych wektorów **g** oraz **d**. Są to standaryzowane oceny cech, określane w zasadzie na podstawie danych literaturowych, które obejmują – odpowiednio – wartości (stany) *normatywne* oraz *dopuszczalne* cech.

Oto przykłady określenia składowych g_q^h oraz d_q^h :

a) *Nośność schronu* (cecha 1.) jest wyrażana przez *nadciśnienie fali uderzeniowej generowane wybuchem typowej głowicy jądrowej* (1 Gg) [5]. Przyjmujemy wartości $g_1^h = 0{,}1$ MPa oraz $d_1^h = 0{,}035$ MPa , będące – odpowiednio – wartością normatywną oraz dopuszczalną.

b) *Ochrona przed hałasem, drganiami i zanieczyszczeniem środowiska* (cecha 7.) jest *realizowana przez odpowiednie wykonanie izolacji akustycznych i przeciwwibracyjnych oraz wyposażenie instalacji kanalizacyjnej w urządzenia chroniące przed wysoką temperaturą i skażeniami ścieków.* Wartość cechy jest oceniana przez ekspertów (według standardów podanych w literaturze) w skali do 10 punktów [5]. Przyjmujemy następujące wartości: $g_7^h = 10$ punktów oraz $d_7^h = 6$ punktów.

c) *Poczucie estetyczne właściciela obiektu* (cecha 24.) jest cechą, której wartość jest oceniana przez ekspertów (podobnie jak w przypadku cechy 7. oraz kilku innych) [5]. Przyjmujemy następujące wartości: $g_{24}^h = 10$ punktów oraz $d_{24}^h = 6$ punktów.

Uwaga: Określanie standaryzowanych ocen niektórych cech jest skomplikowane, wymaga bowiem odpowiedniego *kodowania skali* (dotyczy to na przykład cechy 8. oraz cech od 15. do 19.).

2. Określamy wartości składowych wektora **a** (w przypadku niektórych cech – za pomocą odpowiedniego kodowania skali).

3. Ustalamy wartości współczynników ważności, przypisywane poszczególnym cechom. W naszym przykładzie każdej z cech od 1. do 8. przypisujemy wagę równą 0,08, każdej z cech od 9. do 18. – wagę równą 0,03 oraz każdej z cech od 19. do 24. – wagę równą 0,01. Wartości wag są zgodne z założeniem przedstawionym za pomocą wzoru (4).

4. Ustalamy wartości współczynników skali jako całkowite zakresy przyjętych skal numerycznych: na przykład dla cechy 1. $d_{\max} = 0{,}1$ MPa, a dla cech 7. oraz 24. $d_{\max} = 10$ punktów.

5. Przyjmujemy wartość progu zgodności $z_d = 0{,}93$, obliczamy wartość wskaźnika zgodności z hipotezą przewyższania wektora **d** przez wektor **a** oraz sprawdzamy, czy spełniona jest nierówność $z(\mathbf{a}, \mathbf{d}) \geq z_d$.

Rozpatrzmy dwie następujące sytuacje:

a) Klasa cech ocenionych zgodnie z relacją $a_q \geq d_q^h$ grupuje cechy od 2. do 24., natomiast $a_1^h = 0{,}025$ MPa; wówczas $z(\mathbf{a}, \mathbf{d}) = 0{,}92 < z_d$ czyli $\sim (\mathbf{a}\ S\ \mathbf{d})$. Oznacza

to, że schron nie jest w *stanie użytkowania zgodnego z przeznaczeniem*; należy zatem przejść do testowania drugiego z poprzednio zdefiniowanych przypadków. Zauważmy, że eliminacja którejkolwiek z cech od 1. do 8. z klasy cech ocenionych zgodnie z relacją $a_q \geq d_q^h$ dawałaby ten sam wynik.

b) Klasa cech ocenionych zgodnie z relacją $a_q \geq d_q^h$ grupuje cechy od 1. do 23., natomiast $a_{24}^h = 5$ punktów; wówczas $z(\mathbf{a}, \mathbf{d}) = 0{,}99 > z_d$, co jest warunkiem koniecznym (ale niewystarczającym), ażeby $\mathbf{a}\ S\ \mathbf{d}$. Zauważmy, że eliminacja nawet wszystkich cech od 19. do 24. z klasy cech ocenionych zgodnie z relacją $a_q \geq d_q^h$ nie wykluczałaby relacji $\mathbf{a}\ S\ \mathbf{d}$, gdyż wówczas byłoby $z(\mathbf{a}, \mathbf{d}) = 0{,}94 > z_d$.

6. Przyjmujemy wartość progu niezgodności $n_d = 0{,}10$, obliczamy wartość wskaźnika niezgodności z hipotezą przewyższania wektora **d** przez wektor **a** oraz sprawdzamy, czy spełniona jest nierówność $n(\mathbf{a}, \mathbf{d}) \leq n_d$.

Rozpatrzmy drugą z wyżej przedstawionych sytuacji. Wartość wskaźnika niezgodności wynosi 0,1, a zatem $n(\mathbf{a}, \mathbf{d}) = n_d$ czyli $\mathbf{a}\ S\ \mathbf{d}$, co oznacza, że w tym przypadku schron jest w *stanie użytkowania zgodnego z przeznaczeniem.*

LITERATURA

[1] FIGURSKI J., WIECIŃSKI W., *Modelowanie systemu eksploatacji,* Warszawa, Wyd. Bellona, 1996, 8.

[2] GALAS Z., NYKOWSKI I., ŻÓŁKIEWSKI Z., *Programowanie wielokryterialne*, Warszawa, PWE, 1987.

[3] KASPROWICZ T., *Analiza identyfikacyjna eksploatacji obiektów budowlanych*, [w:] Konferencja Nauk.-Tech. „Budownictwo polskie w rok po wstąpieniu do Unii Europejskiej. Wybrane problemy technologiczne i organizacyjne", Gdańsk, Politechnika Gdańska, 2005, 99–105.

[4] KASPROWICZ T., *Eksploatacja obiektów budowlanych*, [w:] Pięćdziesiąta Pierwsza Konferencja Nauk. Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Gdańsk–Krynica 2005, 171–178.

[5] KRZEWIŃSKI R., *Charakterystyka cyklu eksploatacji schronu (Etap 2)* [praca nieopublikowana].

[6] KUCHTA D., *Miękka matematyka w zarządzaniu. Zastosowanie liczb przedziałowych i rozmytych w rachunkowości zarządczej*, Wrocław, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 2001, 30.

[7] ROY B., *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*, Warszawa, WNT, 1990.

CONCEPT OF IDENTIFICATION METHODS OF CONSTRUCTION OBJECT OPERATION STATE

Alternative identification methods of a construction object operation state have been proposed in this paper. The operation state can be identified on the basis of minimal (the least prefered) exploitation requirements. The weak domination relation and the surpassing relation are applied in these methods. An example of the identification of the operation state of a shelter with two operation functions has been also presented.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

infrastruktura techniczna miast,
budownictwo infrastrukturalne

Witold A. WERNER*

BUDOWNICTWO INFRASTRUKTURALNE W ŚWIETLE POTRZEB GMIN MIEJSKICH

Badania polskich gmin wykazują, że około 200 miast określić można „dużą skalą zagrożenia ściekami", wymagającymi oczyszczania. Poważne zaniedbania występują w zakresie sieci kanalizacyjnej, wodociągowej i gazowej, a brak miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego utrudnia planowanie budownictwa infrastrukturalnego i przygotowania terenów inwestycyjnych.

Celem artykułu jest wstępne określenie skali tego problemu oraz wielkości nakładów potrzebnych dla wyrównania poziomu z innymi krajami europejskimi. Artykuł stanowi zarys projektu badawczego, pod tytułem „Analiza i ocena potrzeb budowy infrastruktury technicznej w gminach miejskich (zakres, środki, pomoc unijna)" realizowanego obecnie pod kierunkiem autora.

1. STAN INFRASTRUKTURY TECHNICZNEJ W POLSKICH MIASTACH

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego [5] w 2004 roku było w Polsce 886 gmin o prawach miejskich. Liczba miast corocznie wzrasta i kolejne gminy uzyskują prawa miejskie (w roku 1995 było 860 miast, w roku 2000 – 880 miast, w roku 2003 – 884 miasta). W wyniku zmiany liczby miast dość istotnym przeobrażeniom uległa też struktura ludności w miastach o różnej wielkości.

Z trzech ostatnich spisów powszechnych (1978, 1988, 2002) wynika, że w okresie 24 lat pomiędzy spisami liczba ludności w miastach ogółem wzrosła o 17,17%, najwyższa dynamika miała miejsce w miastach o liczbie ludności 20–50 tys. (127,14), najniższa w miastach małych: poniżej 5 tys. (109,15), ujemna w miastach 5–10 tys. (99.61) oraz w największych powyżej 500 tys. (105,50); w pozostałych grupach miast wahała się w granicach 115,70–117,55. W 2002 roku aż 61 spośród nowo utworzonych miast zasiliło najniższą klasę wielkościową. Rozmieszczenie nowych miast nieco złagodziło bardzo wyraźne, historycznie uwarunkowane, zróżnicowanie gęstości sieci miejskiej na terytorium Polski [3].

* Instytut Rozwoju Miast – Zakład Mieszkalnictwa, ul. Filtrowa 1, 00-611 Warszawa 58

Południowa część kraju charakteryzuje się dobrze rozwiniętą siecią miast średnich i dużych, Wielkopolska i Pomorze dobrze wykształconą siecią miast małych. W najbardziej zurbanizowanym województwie w miastach mieszka 79,0% ludności, w najmniej zurbanizowanym 40,5%.

Miasta i ludność w miastach obsługiwaną w 2004 roku przez urządzenia komunalne zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Rodzaj infrastruktury komunalnej	Liczba miast obsługiwanych	% ludności
Sieć wodociągowa	885	94,3
Sieć kanalizacyjna	878	83,5
Sieć elektryczna	886	-
Sieć gazowa	657	73,2
Oczyszczalnie ścieków	849	84,5

Źródło: [5]

W „Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków Komunalnych" [6] nie ma podziału na gminy miejskie i wiejskie a statystyka odnoszona jest do „aglomeracji", przez którą należy rozumieć „teren, na którym zaludnienie lub działalność gospodarcza są wystarczająco skoncentrowane, aby ścieki były zbierane i przekazywane do oczyszczalni ścieków komunalnych".

Obsługę aglomeracji przez oczyszczalnie ścieków wg stanu na koniec 2002 r. zestawiono w tabeli 2.

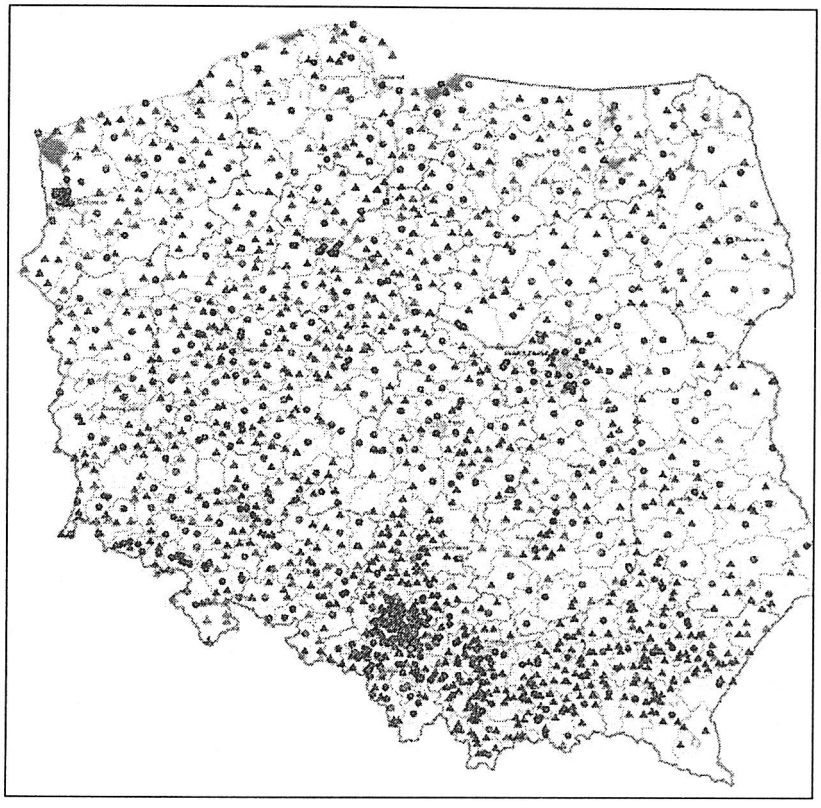
Tabela 2

Wielkość aglomeracji (RLM) – równoważna liczba mieszkańców	Liczba aglomeracji ogółem	Aglomeracje, w których oczyszczalnie spełniają wymagania UE	Aglomeracje, w których brak jest oczyszczalni
≥ 100 000	76	15	0
15 000 ÷ 100 000	366	98	24
2 000 ÷ 15 000	936	503	220
Razem	1378	616	244

Źródło: [6]

Ustawa Prawo wodne zobowiązuje gminy do realizacji zadania własnego gmin w zakresie usuwania i oczyszczania ścieków w terminach ustalonych w Traktacie Akcesyjnym Polski do Unii Europejskiej, a mianowicie:

- do 31 grudnia 2015 r w aglomeracjach o równoważnej liczbie mieszkańców (RLM) od 2 000 do 15 000,
- do 31 grudnia 2010 r. w aglomeracjach o RLM powyżej 15 000.



Sytuację w odniesieniu do oczyszczalni ścieków pokazuje mapa, na której jaśniejszym kolorem naniesiono oczyszczalnie spełniające wymagania UE, a ciemniejszym wymagające modernizacji.

Z badań Urban Audit II [1] wynika, że w 2004 roku oczyszczanych było w Polsce ścieków 1,9 km^3/rok, natomiast 2,1 km^3/rok ścieków wymaga oczyszczenia.

Najgorsza ilościowo sytuacja w odniesieniu do oczyszczania ścieków ma miejsce w województwie mazowieckim, w którym również najwięcej ilościowo ścieków było oczyszczonych. Na drugim miejscu w ilości oczyszczonych ścieków było województwo śląskie. Najwięcej nieczystości ciekłych wywożonych jest z województwa mazowieckiego, a w drugiej kolejności z Wielkopolski.

Na liście „miast o dużej skali zagrożenia środowiska ściekami, które odprowadziły 74,5% krajowej ilości ścieków wymagających oczyszczenia oraz 78,5% ścieków nie oczyszczonych" znajduje się 198 miast. We wszystkich tych miastach większość ścieków była oczyszczana z wykorzystaniem różnych technologii (mechanicznie, chemicznie, biologicznie, z podwyższonym usuwaniem miogenów). Ponadto z 33 uzdrowisk ścieki przemysłowe i komunalne odprowadzane do wód lub do ziemi nie w całości było oczyszczonych.

2. SKALA POTRZEB BUDOWNICTWA INFRASTRUKTURALNEGO

Z danych zestawionych w tabelach 1 i 2 (choć nie w pełni porównywalnych: miasta ≠ aglomeracje) można wnioskować o współzależności rozwoju sieci kanalizacyjnej z budową oczyszczalni ścieków. Z pewnym uproszczeniem przyjąć można, że udział ludności obsługiwanej przez te urządzenia jest jednym z najważniejszych wyznaczników rozwoju miast i aglomeracji. W okresie ostatnich 10 lat (1995–2004) sieć kanalizacyjna wydłużyła się w Polsce o 220,6%, sieć wodociągowa o 54,6%, sieć gazowa o 51,9%. Tak zwane „zwodociągowanie" gmin w znacznym stopniu uzupełnione zostało indywidualnymi ujęciami z wierconych studni. Z kolei sieć gazowa w miastach nie podłączonych do sieci krajowej zastępowana jest często dość sprawnie działającym systemem zaopatrzenia w gaz płynny (w butlach).

Analiza danych statystycznych wykazuje bardzo wysoką dynamikę rozwoju oczyszczalni ścieków. W roku 1980 ścieki przemysłowe i komunalne oczyszczane były zaledwie w 57,5%, w roku 1990 już w 67,4%, w roku 2000 w 85,9%, a w roku 2004 w około 91,0% [4].

Pomimo tak wysokiej dynamiki budowy oczyszczalni, udział ludności korzystających z komunalnych oczyszczalni ścieków stawia Polskę w niekorzystnej sytuacji w porównaniach międzynarodowych. W 2002 roku w całej Polsce zaledwie 56,7% ludności korzystało z oczyszczalni, podczas gdy np. w Szwajcarii, Wlk. Brytanii, Szwecji, Austrii, Danii, Finlandii, Niderlandach i Niemczech – ponad 85%.

Znaczne opóźnienia Polski w tym zakresie i próby wyrównania dysproporcji znajdują odzwierciedlenie w udziale wydatków inwestycyjnych na ochronę środowiska sektora publicznego w PKB. W roku 2003 udział tych wydatków w Polsce stanowił 0,33% PKB, podczas gdy w innych, m.in. wymienionych, krajach udział ten był na ogół niższy (0,03–0,14%), natomiast wyższy w krajach – nowych członkach UE (0,15–0,57). Uwzględniając stan infrastruktury w poszczególnych krajach oraz wielkość PKB – wskaźniki te pełnią jedynie funkcję informacyjną, tym bardziej że obejmują różnie definiowane wydatki na „ochronę środowiska" ogółem.

Bardziej realnym, choć uproszczonym, źródłem informacji dla określenia wysokości nakładów potrzebnych na budowę oczyszczalni ścieków może być porównanie poniesionych wydatków w skali np. 1 roku ze wzrostem udziału ludności obsługiwanej przez oczyszczalnie.

Wydatki poniesione na oczyszczalnie w roku 2004 wyniosły 861 934,8 tys. zł, efektem był wzrost udziału ludności obsługiwanej przez oczyszczalnie o 0,3%. Wydatki te w 35,8% pokrywane były ze środków budżetu centralnego, województwa powiatu i gminy, w 18,2% ze środków zagranicznych, w 32,3% z funduszy ekologicznych i zaledwie w 6,2% z kredytów i pożyczek krajowych.

Trzeba tu zwrócić uwagę na bardzo zróżnicowany udział w budżecie wydatków gmin na inwestycje (różnice ponadpięciokrotne) oraz w przeliczeniu na 1 mieszkańca

(różnice ponad dwukrotne). W tej sytuacji oszacowanie wskaźnika kosztów budowy oczyszczalni na podstawie dostępnych danych będzie bardzo uproszczone, ponieważ nie ma danych dotyczących kosztów modernizacji istniejących oczyszczalni (węzłów fermentacji, suszenia osadów itd.), skutków rozwoju sieci kanalizacji a także wzrostu liczby nowych miast dysponujących oczyszczalniami (z 840 do 849).

Przy tych zastrzeżeniach przyjąć można, że dla zwiększenia udziału ludności korzystających z oczyszczalni ścieków o 1% należało by ponieść wydatki inwestycyjne w wysokości około 2 873,1 mln. zł.

Według wstępnych szacunków GUS w roku 2005 PKB wyniósł 967,7 mld zł. Gdyby przyjąć taki sam wskaźnik wydatków na ochronę środowiska jak w 2003 roku – 0,33% PKB, to daje kwotę 31 934,1 mln zł, a więc pozwalającą na wzrost udziału ludności korzystającej z oczyszczalni o 0,09%. Porównując oszacowaną wartość z wydatkami poniesionymi na budowę oczyszczalni ścieków w 2004 r. stwierdzić można nieporównywalność tych wydatków z wydatkami na ochronę środowiska.

Planowane nakłady inwestycyjne (w mln zł) na realizację „Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych", po jego aktualizacji w maju 2005 r. przedstawiono w tabeli 3:

Tabela 3

Nakłady w latach	Nakłady na budowę i modernizacje sieci kanalizacyjnych	Nakłady na rozbudowę modernizację oraz budowę oczyszczalni ścieków	Razem mln zł
2005	2 869	1 068	3 938
2006–2010	20 322	7 671	27 993
2011–2013	4 397	530	4 926
2014–2015	4 543	1 242	5785
Razem	32 131	10 512	42 643

Źródło: [6]

Program ten wynika z zobowiązań Polski przyjętych w Traktacie Akcesyjnym do Unii Europejskiej i w czerwcu 2005 roku został zatwierdzony przez Rząd RP. W okresie zaledwie dwóch lat od czasu opracowania programu przewidywane nakłady trzeba było zwiększyć o ponad 7 mld zł, między innymi w wyniku zmiany ilości aglomeracji o 199 nowych, w których występuje potrzeba wyposażenia w komunalne oczyszczalnie ścieków i zbiorcze systemy kanalizacyjne.

Inwestycje zapisane w „Krajowym Programie..." mają być realizowane w 1577 aglomeracjach. Będzie to wymagało budowy 37 tys. km sieci kanalizacyjnej oraz budowy, rozbudowy i/lub modernizacji około 1110 oczyszczalni ścieków. Ustawowo program oczyszczalni ścieków podlega okresowej aktualizacji, nie rzadziej niż raz na dwa lata.

Łącznie środki na sfinansowanie inwestycji w zależności od wielkości inwestycji w latach 2003–2010 pochodzić mają z następujących źródeł:

- Fundusze ISPA i Spójności ≥ 10 mln EURO 6,0 mld zł (35%)
- Fundusz rozwoju regionalnego inwestycje w aglomeracjach o RLM poniżej 15 000 1,2 mld zł (7%)
- Fundusze ekologiczne niezależnie od wielkości inwestycji 7,8 mld zł (46%)
- Środki własne gmin niezależnie od wielkości inwestycji 2,0 mld zł (12%)

Razem 17,0 mld zł

Przy tych założeniach, w latach 2011–2015 trzeba będzie ponieść nakłady rzędu 10,7 mld zł, to jest około 2,1 mld zł rocznie, w tym około 355 mln zł na oczyszczalnie, to jest nawet znacznie mniej niż wyniosły nakłady w 2004 roku.

W dalszym etapie realizacji projektu badawczego przeprowadzona zostanie swego rodzaju „weryfikacja" planowanych potrzeb budownictwa na podstawie wskaźników jednostkowych kosztów budowy oczyszczalni w przeliczeniu na ilość ścieków.

3. PLANY MIEJSCOWE A ROZWÓJ INFRASTRUKTURY

Rozwój każdego budownictwa, w tym szczególnie budownictwa infrastrukturalnego napotyka na dwie bariery: ograniczonych środków inwestycyjnych oraz braku miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. W przypadku braku aktualnych planów miejscowych obowiązujące przepisy prawa wymagają od inwestorów (przed wydaniem decyzji o warunkach zabudowy) udowodnienia, że istniejące lub projektowane uzbrojenie terenu jest wystarczające dla zamierzenia budowlanego, bądź wykonanie uzbrojenia zostanie zagwarantowane w drodze umowy zawartej pomiędzy właściwą jednostką organizacyjną a inwestorem. Brak planu uniemożliwia z kolei planowanie budowy sieci kanalizacyjnej przez przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne. Konsekwencją jest hamowanie wszelkich inwestycji, w tym również pożądanych inwestycji zagranicznych.

Planowanie przestrzenne w gminach objęte jest obligatoryjną sprawozdawczością statystyczną (Formularze PP – 01), w której zbierane są następujące informacje:

- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (czy gmina posiada obowiązujące studium, przygotowuje nowe lub zmienia).
- Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego w trakcie sporządzania na podstawie ustawy z 1994 roku (liczba, powierzchnia, udział).
- Obowiązujące miejscowe plany sporządzone na podstawie w/w ustawy.
- Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego w trakcie sporządzania na podstawie ustawy z 2003 roku (liczba, powierzchnia, udział).
- Obowiązujące miejscowe plany sporządzone na podstawie w/w ustawy.
- Decyzje o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego.
- Decyzje o ustaleniu warunków zabudowy.

Uzyskane informacje statystyczne na koniec 2004 roku [7] potwierdzają opinie inwestorów o poważnych zaniedbaniach gmin w tym zakresie, powodujących zasadnicze trudności w rozwoju inwestycji, w tym infrastrukturalnych.

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego mają opracowane w zasadzie wszystkie gminy, studium nie stanowi jednak prawa miejscowego i podstawy decyzji lokalizacyjnych i inwestowania.

Powierzchnia określona w studium do obowiązkowego bądź fakultatywnego opracowania miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego wynosi łącznie w Polsce 11 811 743 ha, jednak tylko 17,2% obszaru pokryte jest planami, przy czym uwagę zwraca nierównomierny postęp prac planistycznych według kategorii administracyjno – wielkościowych gmin. Realizacja tych prac jest wprost proporcjonalna do wielkości ośrodka: im większe miasto, tym trudniej prowadzić politykę przestrzenną i ją realizować. Najgorsza sytuacja dotyczy miast wojewódzkich i innych dużych (Łódź, Kraków, Poznań, Katowice, Częstochowa, Radom) oraz gmin miejsko-wiejskich, lepsza dotyczy gmin wiejskich, najlepsza mniejszych gmin miejskich.

Kolejne 12,3% powierzchni określonej w studiach uwarunkowań objętych jest projektami planów miejscowych o różnym stopniu zaawansowania.

Można zatem wnioskować, że stosunkowo wolny postęp w planowaniu miejscowym, będący w znacznym stopniu wynikiem braku ustawowego „zmuszenia" gmin do opracowywania planów, czasem tylko „usprawiedliwiany" brakiem środków na zlecanie tych opracowań, niewątpliwie utrudnia lub opóźnia budowę infrastruktury technicznej, zwłaszcza w miastach o największym zagrożeniu ściekami.

Istniejąca sytuacja utrudnia ponadto i opóźnia procedury związane z absorpcją środków z funduszy strukturalnych i Funduszu Spójności ukierunkowanych na realizację akcesyjnych zobowiązań Polski oraz poprawę jakości środowiska.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Z opracowanego w Ministerstwie Środowiska „Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych" wnosić można o nadwyżce kapitału dostępnego nad wymaganym. Program wydaje się mieć stabilne podstawy do realizacji, a przewidywany wkład Wspólnoty sięga wartości całego Programu [9]. W praktyce taka alokacja nie jest możliwa z uwagi na wymagany wkład własny, niemniej porównanie to świadczy o tym, jak istotne jest wsparcie pochodzące z programów pomocowych.

W ocenie ekspertów UW [9] zwraca się m.in. uwagę na następujące potencjalne zagrożenia realizacji Programu, które sprowadzić można do:

- Biernej postawy potencjalnych beneficjentów. Możliwość pozyskania kapitału w postaci dotacji bezzwrotnej obniża gotowość sięgania po kredyt, zwłaszcza po kredyt komercyjny.
- Niższej stopy wykorzystania środków pomocowych.

• Obniżenia wsparcia ze strony funduszy ochrony środowiska i wyzerowanie wsparcia ze strony budżetu centralnego oraz zmniejszenia środków własnych.

Podjęte i prowadzone obecnie badania ankietowe gmin pozwolą zweryfikować potencjalne zagrożenia realizacji Programu, zarówno z punktu widzenia zdolności i skłonności gmin do podejmowania wysiłków finansowych na rozbudowę infrastruktury technicznej, jak też współzależności planowania przestrzennego z rozwojem tej infrastruktury.

LITERATURA

[1] EUROSTAT, *Urban Audit Methological Handbook*, 2004.
[2] GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY, *Infrastruktura komunalna w 2004 r.* Warszawa, GUS, 2005.
[3] GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY, *Miasta w liczbach 2001–2002,* Warszawa, GUS, 2004.
[4] GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY, *Ochrona środowiska 2005,* Warszawa, GUS, 2005.
[5] GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY, *Rocznik statystyczny 2005,* Warszawa, GUS, 2005.
[6] MINISTERSTWO ŚRODOWISKA, *Krajowy program oczyszczania ścieków Komunalnych,* Warszawa, 2003 i aktualizacja w 2005 r. www.mos.gov.pl.
[7] MINISTERSTWO TRANSPORTU I BUDOWNICTWA, *Stan realizacji prac planistycznych, Materiał niepublikowany, Warszawa, 2006.*
[8] SPRAWOZDANIE MINISTRA ŚRODOWISKA Z DZIAŁAŃ RESORTU W KADENCJI 2001–2005, *Warszawa, październik 2005.* www.mos.gov.pl.
[9] WYDZIAŁ NAUK EKONOMICZNYCH UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO, *Prognoza dostępności środków finansowych na realizację „Krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych", Warszawa, 2005.*

INFRASTRUCTURAL DEVELOPMENT IN THE LIGHT OF CITY DISTRICT NEEDS

Research in Polish city districts shows that about 200 cities face a very serious threat of sewage in need of processing. The most important neglected areas include sewage, water and gas systems; moreover, the absence of spatial development plans for these localities impedes infrastructural development planning and the preparation of investment areas.

The aim of the article is to make a preliminary evaluation of the scale of the problem as well as an estimation of the financial resources needed to upgrade these areas to the level of the European standards. The article is an outline of a research project under the title: "Needs analysis and evaluation of the technical infrastructure development in city districts (the scope, financial resources required, and EU aid)" conducted under the author's supervision.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

zarządzanie nieruchomościami,
proces kształcenia, program nauczania

Zofia ZWIERZCHOWSKA*
Krzysztof GAWRON*
Ewa MARCINKOWSKA*

WYBRANE PROBLEMY EDUKACJI ZARZĄDCÓW NIERUCHOMOŚCI NA TLE KOLEJNYCH NOWELIZACJI PRZEPISÓW PRAWNYCH

Podjęty przez autorów temat związany jest z zarządzaniem nieruchomościami (głównie nieruchomościami budynkowymi) i mieści się w ogólnej problematyce prac poświęconych zarządzaniu w budownictwie. Z przedstawionych rozważań wynika, że właściwe użytkowanie obiektu wymaga właściwego zarządcy. Zarządca powinien posiadać szeroką wiedzę, również techniczną, dotyczącą zasad utrzymana obiektu w należytym stanie technicznym. Zarządzanie obiektem (nieruchomością) odbywa się bowiem w warunkach niepewności, wynikających z charakteru obiektów budowlanych, pełniących rożne funkcje użytkowe, społeczne i ekonomiczne przy uwzględnieniu różnorodnych oczekiwań użytkowników. Można też przyjąć, że właściwego przygotowania należałoby oczekiwać także od użytkowników nieruchomości, czyli zdania przez nich swoistego egzaminu na mieszkańca.

1. WPROWADZENIE

Podjęty przez autorów temat związany jest z zarządzaniem nieruchomościami (głównie nieruchomościami budynkowymi) i mieści się w ogólnej problematyce prac poświęconych zarządzaniu w budownictwie. Zarządzanie w budownictwie obejmuje bowiem swym programem zarządzanie procesem inwestycyjnym oraz zarządzanie procesami utrzymania, remontu i modernizacji obiektów budowlanych.

2. CO TO JEST ZARZĄDZANIE?

Na wstępie wymaga zdefiniowania pojęcia „zarządzanie" z punktu widzenia problematyki niniejszego opracowania. W wielu publikacjach i dostępnej literaturze można znaleźć różnorodne definicje.

* Politechnika Wrocławska Instytut Budownictwa, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Ogólnie zarządzanie definiowane jest przez „sztukę bądź praktykę rozumnego sterowania środkami dla osiągnięcia wyznaczonych celów". Już w początkach dwudziestego wieku poszukiwano naukowych podstaw tego terminu. Uznano wówczas zarządzanie za „sekwencję następujących po sobie zdarzeń związanych z planowaniem, organizowaniem kierowaniem i koordynowaniem lub kontrolowaniem – określanych jako klasyczne funkcje zarządzania". Za rozwinięcie tej definicji, niejako interpretującej przedmiotowy termin, można uznać sformułowanie, że „zarządzanie jest działalnością związaną z planowaniem, organizowaniem sposobów wykorzystania zasobów organizacji, kierowaniem pracą ludzi, kontrolowaniem zmierzającym do sprawnego i skutecznego osiągania celu". W literaturze związanej z zarządzaniem nieruchomościami [5] termin zarządzanie zdefiniowano jako „podjęcie określonej decyzji w wyniku przeprowadzenia analizy, a następnie wdrożenie jej w celu osiągnięcia konkretnego rezultatu, najczęściej względem najbardziej efektywnego wykorzystania dostępnych zasobów (ludzkich, finansowych, materialnych)". Przedstawione definicje stanowią rozwinięcie klasycznych, tradycyjnych definicji zarządzania i uwzględniają jego podstawowe funkcje.

W dobie dynamicznego rozwoju różnych dziedzin życia – tradycyjna definicja może wydać się niewystarczająca. Dziś bowiem przedmiotem zarządzania mogą być także „zasoby, posiadające tożsamość, rozumiane jako zasoby ludzkie, finansowe, środki materialne i niematerialne, wiedza i relacje zachodzące miedzy nimi jako zasoby kapitału nieuchwytnego." Zatem spotykamy się z zarządzaniem zasobami ludzkimi, finansowymi, czasem, wiedzą, akcjami itp. Można też zarządzać przez jakość – a takie podejście powinno zagwarantować „długotrwały sukces, polegający na zadowoleniu i korzyściach dotyczących zainteresowanych stron". Coraz częściej mamy do czynienia z zarządzaniem projektem, a właściwie przedsięwzięciem (gdyż tylko tak można interpretować angielski termin „projekt") czy też – przechodząc do tematu – „zarządzanie stanem technicznym utrzymania nieruchomości" [3].

3. CO TO JEST NIERUCHOMOŚĆ?

Zgodnie z § 46 kodeksu cywilnego [6] nieruchomościami są „części powierzchni ziemskiej, stanowiące odrębny przedmiot własności (grunty), jak również budynki trwale z gruntem związane lub części takich budynków, jeżeli na mocy przepisów szczególnych stanową odrębny od gruntu przedmiot własności". Kodeks cywilny, w zależności od sposobu użytkowania, rozróżnia nieruchomości: gruntowe zabudowane, budynkowe, lokalowe. W praktyce mamy do czynienia z nieruchomościami definiowanymi według pełnionej funkcji np. nieruchomości rolne, budowlane (mieszkalne, usługowe, przemysłowe), leśne itp. Przedstawiony podział świadczy o takich cechach nieruchomości jak: różnorodność, trwałość w miejscu i czasie, niepodzielność czy współzależność z otoczeniem. [4]

Ze względu na wielorakość cech nieruchomości i trudności w znalezieniu jednego dla nich mianownika, rozważania niniejsze ograniczono do nieruchomości budynkowych (obiektów budowlanych, budynków) przeznaczonych na cele mieszkalne.

Nie wymaga komentarza fakt, że nieruchomości budynkowe, głównie mieszkalne, są szczególnym dobrem ze względu na swe znaczenie społeczne. Służą bowiem nie tylko do zaspokojenia elementarnej potrzeby życiowej człowieka jaką jest potrzeba schronienia, ale też potrzeb ekonomicznych, intelektualnych i duchowych. Stanowią zatem dobro wyjątkowej wartości i jako takie powinny być użytkowane zgodnie z przeznaczeniem, z zachowaniem najważniejszych, istotnych właściwości w czasie. Oceniając bowiem poszczególne etapy istnienia budynku, od jego projektowania przez budowę aż do śmierci technicznej, okres użytkowania jest najdłuższym, i dla użytkownika, najważniejszym w życiu budynku.

4. UWARUNKOWANIA PRAWNE

Zarządzanie nieruchomością, zgodnie z art. 185 ustawy o gospodarce nieruchomościami [7] „polega na „podejmowaniu decyzji i dokonywaniu czynności mających na celu zapewnienie właściwej gospodarki ekonomiczno-finansowej nieruchomości oraz zapewnienie bezpieczeństwa użytkowania i właściwej eksploatacji nieruchomości w tym bieżącego administrowania nieruchomością, jak również czynności zmierzających do utrzymania nieruchomości w stanie nie pogorszonym, zgodnie z jej przeznaczeniem oraz do uzasadnionego inwestowania w tę nieruchomość".

Analizując przedstawioną definicję należy rozumieć, że w celu prawidłowego utrzymania obiektu budowlanego (nieruchomości budynkowej) konieczna jest znajomość szeroko rozumianego prawa budowlanego jako podstawowego zbioru aktów prawnych, dotyczącego obiektu budowlanego, we wszystkich fazach jego istnienia: od projektowania poprzez budowę i utrzymanie go w należytym stanie technicznym i estetycznym, do rozbiórki włącznie. Zakres regulacji prawnej objętej prawem budowlanym jest szeroki i obejmuje również, obok budowy nowych obiektów, remont, przebudowę i rozbudowę obiektów budowlanych. Szczególną uwagę należy zwrócić na zagadnienie prawidłowego użytkowania obiektów budowlanych.

Art. 61 ustawy Prawo budowlane mówi, że: właściciel lub zarządca obiektu budowlanego jest obowiązany użytkować obiekt budowlany zgodnie z jego przeznaczeniem, wymaganiami ochrony środowiska i utrzymywać go w należytym stanie technicznym i estetycznym. nie dopuszczając do nadmiernego pogorszenia jego właściwości użytkowych i sprawności technicznej, w szczególności w zakresie związanym z wymaganiami, o których mowa jest w ustawie [8]

Obiekt budowlany stanowi uporządkowaną całość, w której można wyróżnić szereg elementów składowych. Każdy z tych elementów ma określoną trwałość. Trwałość elementów zależy od wielu czynników, z których podstawowymi są warunki użytkowania.

Spełnienie warunków właściwego użytkowania zależy od świadomości technicznej zarządców i użytkowników nieruchomości. Stąd konieczność właściwego przygotowania zarządców i uświadomienia im związków zachodzących między sposobem użytkowania a zmianami zachodzącymi w obiekcie w czasie jego użytkowania oraz konieczności stosowania odpowiednich środków zaradczych i zabiegów techniczno-technologicznych.

Można tu przyjąć, że właściwego przygotowania należałoby oczekiwać także od użytkowników nieruchomości, czyli zdania przez nich swoistego egzaminu na mieszkańca.

5. KTO MOŻE ZARZĄDZAĆ NIERUCHOMOŚCIĄ?

Zarządzanie nieruchomością (zgodnie z art. 185 ustawy o gospodarce nieruchomościami) jest działalnością zawodową wykonywaną przez zarządców na zasadach określonych w ustawie. Ustawa określa warunki uzyskiwania licencji zarządcy nieruchomości oraz zakres jego obowiązków i odpowiedzialności, odpowiednio w artykułach 184, 185, 186, 187. [7]

Zarządcą może być osoba fizyczna, posiadająca pełną zdolność do czynności prawnych, niekaralna za przestępstwa mające znaczenie ze względu na wykonywany zawód, posiadająca wykształcenie wyższe, ukończone studia podyplomowe w zakresie zarządzania i odbytą praktykę zawodową oraz ukończone – z wynikiem pozytywnym – postępowanie kwalifikacyjne. Prawo wykonywania zawodu oraz prawo do używania tytułu zawodowego „zarządca nieruchomości" nabywa się z dniem wpisu do centralnego rejestru zarządców nieruchomości. Uzyskany tytuł podlega ochronie prawnej.

Zarządca nieruchomości wykonuje czynności, o których mowa w ustawie, osobiście lub przy pomocy innych osób wykonujących czynności pomocnicze i działających pod jego nadzorem. Zarządca ponosi za nich odpowiedzialność zawodową, również określoną w ustawie. Zobowiązany jest do wykonywania należących do niego czynności, (o których mowa w art. 185 ust. 1 i ust. la, ustawy) „zgodnie z zasadami wynikającymi z przepisów prawa i standardami zawodowymi ze szczególną starannością właściwą dla zawodowego charakteru tych czynności oraz zasadami etyki zawodowej. Jest on także zobowiązany do kierowania się zasadą ochrony interesu osób, na których rzecz wykonuje te czynności". Zarządcę obowiązują również przepisy innych ustaw i towarzyszących im rozporządzeń, do których przede wszystkim należy ustawa Prawo budowlane.

Z przedstawionych rozważań wynika, że właściwe użytkowanie obiektu wymaga właściwego zarządcy. Zarządcy o szerokiej wiedzy, również technicznej, dotyczącej zasad utrzymana obiektu w należytym stanie technicznym. Zarządzanie obiektem (nieruchomością) odbywa się bowiem w warunkach niepewności, wynikających z charakteru obiektów budowlanych, pełniących – jak wspomniano wcześniej – rożne funkcje użytkowe, społeczne i ekonomiczne przy uwzględnieniu różnorodnych oczekiwań użytkowników.

Tabela 1. Analiza porównawcza programów studiów podyplomowych w zakresie zarządzania nieruchomościami w latach 1998–2006
Table 1. Comparative analysis of postgraduate studies programme of the real estate management in years 1998–2006

Lp	Minimum programowe z zakresu zarządzania nieruchomościami – tematyka zajęć dydaktycznych wg Urzędu MiRM 1999/2000 do 2004/2005	Liczba godzin	L p.	Minimum programowe z zakresu zarządzania nieruchomości – tematyka zajęć dydaktycznych wg Min. Infrastruktury 2005/2006	Liczba godzin.	Lp.	Program Studium Podyplomowego „Gospodarka nieruchomościami. Zarządzanie - Utrzymanie - Wycena" 1998/99	Liczba godzin
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				ZAGADNIENIA OGÓLNE				
1	Podstawowe wiadomości z zakresu zarządzania nieruchomościami	5	1	Zarządzanie nieruchomościami jako działalność zawodowa	5	1	Zagospodarowanie przestrzenne	10
2	Organizacja zarządzania państwem – organy administracji państwowej	2	2	*Podstawowe wiadomości z zakresu rzeczoznawstwa majątkowego i zarządzania nieruchomościami*	(8)	2	Informacja geodezyjno-kartograficzna	10
3	Pojęcia i definicje dotyczące nieruchom.	4	3	Pojęcia i definicje dotyczące nieruchomości	6			
4	Stosunki cywilno-prawne	8	4	Stosunki cywilno-prawne	8			
5	Prawo rzeczowe	4	5	Własność i inne prawa rzeczowe. Formy władania nieruchomościami	6			
6	Gospodarka nieruchomościami	10	6	Gospodarka nieruchomościami	8			
7	Gospodarka przestrzenna	4	7	Podstawy prawa i postępowania administracyjnego	6			
8	Źródła informacji o nieruchomościach	6	8	Postępowanie upadłościowe i egzekucyjne	4			
			9	*Gospodarka przestrzenna*	*6*			
			10	Źródła informacji o nieruchomościach	8			
	Σ	43		Σ	46		Σ	20
				ZARZĄDZANIE				
9	Przejmowanie nieruchomości do zarządzania	10	11	Przejmowanie nieruchomości do zarządzania	9	3	Podstawy prawne zarządzania nieruchomościami i ich wyceny	20
10	Zarządzanie nieruchomościami mieszkalnymi	25	12	Zarządzanie nieruchomościami mieszkalnymi	27	4	Eksploatacja nieruchomości (kubaturowych i niekubaturowych)	**10**
11	Zarządzanie nieruchomościami niemieszkalnymi	15	13	Zarządzanie nieruchomościami niemieszkalnymi	20	5	Marketing i ubezpieczenia	**10**
12	Organizacja zarządzania nieruchomościami- prawo gospodarcze	5	14	Organizacja zarządzania nieruchomościami- prawo gospodarcze	8			
	Σ	55		Σ	63		Σ	20
				ZAGADNIENIA EKONOMICZNO - FINANSOWE				
13	Ekonomiczne podstawy rynku nieruchomości	8	15	Podstawy finansów publicznych	4	6	Rynek nieruchomości	10
14	Planowanie i zarządzanie ekonomiczno-finansowe	14	16	Zarządzanie ekonomiczno-finansowe		7	Mikroekonomia (zagadnienia ekonomiczno-finansowe zarządzania nieruchomościami)	15
					16	8	Analizy statystyczne	10
	Σ	22		Σ	20		Σ	35

cd. tabeli 1
tbc. table 1

WYCENA – WYBRANE ZAGADNIENIA								
15	Wycena nieruchomości –wybrane zagadnienia	5	**17**	Wycena nieruchomości –wybrane zagadnienia (w tym zasady sporządzania operatu szacunkowego)	6	**9**	Metody i technologia szacowania nieruchomości	(55)
	∑	5		∑	6			(55)
PODSTAWY BUDOWNICTWA I UTRZYMANIA NIERUCHOMOŚCI								
16	Podstawy budownictwa	5	**18**	Podstawy budownictwa	8	**10**	Organizacja procesu inwestycyjnego	8
	Organizacja procesu inwestycyjnego			*Remonty obiektów budowlanych. Polityka remontowa*	6	**11**	Proces budowlany – podstawy prawne, przebieg, obowiązki uczestników	8
	Proces budowlany – podstawy prawne, przebieg, obowiązki uczestników			*Awarie i katastrofy budowlane*	2	**12**	Prawne aspekty utrzymania obiektów budowlanych	4
	Prawne aspekty utrzymania obiektów budowlanych			*Parametry techniczne w ocenie wartości obiektów budowlanych*	4	**13**	Warunki techniczne użytkowania obiektów budowlanych	6
	Warunki techniczne użytkowania obiektów budowlanych			*Trwałość i ochrona obiektów budowlanych*	2	**14**	Polityka remontowa	10
	Remonty obiektów budowlanych. Polityka remontowa	6		*Podstawy kosztorysowania*	5	**15**	Awarie i katastrofy budowlane	6
	Awarie i katastrofy budowlane	2				**16**	Ocena stanu technicznego obiektów budowlanych	18
	Parametry techniczne w ocenie wartości obiektów budowlanych	4				**17**	Parametry techniczne w ocenie wartości obiektów budowlanych	14
	Trwałość i ochrona obiektów budowlanych	2				**18**	Trwałość i ochrona obiektów budowlanych	6
	Podstawy kosztorysowania							
	∑	19		∑	8		∑	80
DORADZTWO								
17	*Pośrednictwo w obrocie nieruchomościami*	*6*	**19**	Doradztwo w zakresie zarządzania nieruchomościami	6	**19**	Teoria negocjacji i podejmowania decyzji	10
				Umiejętności interdyscyplinarne. Sztuka argumentacji.	*4*			
			20	Podstawowe informacje o zarządzaniu nieruchomościami w państwach członkowskich Unii Europejskiej	6			
			21	Pośrednictwo w obrocie nieruchomościami6	6			
	∑	6		∑	18		∑	10
ZAJĘCIA PRAKTYCZNE								
18	Plany zarządzania nieruchomością	15	**22**	Plany zarządzania nieruchomością	20	**20**	Seminaria	30
	∑	15		∑	20		∑	30
	Razem godzin dydaktycznych	**165**			**181**			**195**

6. PRZYGOTOWANIA ZAWODOWE ZARZĄDCÓW NIERUCHOMOŚCI

W roku 1998 obowiązywała w Polsce ustawa o gospodarce nieruchomościami z dnia 21 sierpnia 1997 roku [7]. Dopuszczała ona do zarządzaniem nieruchomościami osoby posiadające wykształcenie średnie. Kształcenie i podnoszenie kwalifikacji polegało jedynie na ukończeniu kursów specjalistycznych. Uwzględniając znaczenie i rangę prawidłowej gospodarki nieruchomościami (w tym szczególnie zasobami mieszkaniowymi) i jej wpływu na życie społeczno-gospodarcze kraju, przy organizowaniu, w Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Studium Podyplomowego o tematyce „Gospodarka nieruchomościami. Zarządzanie – Utrzymanie – Wycena", przyjęto założenie, że mogą w nim uczestniczyć osoby posiadające wyłącznie wykształcenie wyższe. W załączonej tabeli przedstawiono analizę podstawowych programów Studium Podyplomowego wynikających z wprowadzanych w kolejnych latach zmian w ustawie o gospodarce nieruchomościami i wymagań stawianych przez urzędy, od których decyzji zależało każdorazowo uruchomienia Studium.

Zaproponowany, w roku akademickim 1998/1999, program pierwszej edycji Studium uwzględniał podział na trzy podstawowe bloki tematyczne: zarządzanie nieruchomościami, techniczne utrzymanie nieruchomości i wycenę nieruchomości. Problematykę szczegółową w poszczególnych blokach przedstawiono w załączonej tabeli w kolumnie 8. Na szczególną uwagę zasługuje wprowadzony na naszym Studium, za zgodą Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast (UMiRM), blok dotyczący technicznego utrzymania nieruchomości. Blok ten zawierał przedmioty obejmujące problematykę procesu budowlanego, warunków technicznych użytkowania obiektów budowlanych, polityki remontowej, oceny stanu technicznego, trwałości, a również awarii i katastrof budowlanych jako wyników niewłaściwej eksploatacji (razem 80 godzin dydaktycznych). Dla podniesienia sprawności przyszłych zarządców w zakresie właściwej komunikacji interpersonalnej, zaproponowano wykłady dotyczące teorii negocjacji i podejmowania decyzji. Zagadnienie ekonomiczno-finansowe zawarto w wykładzie z przedmiotu mikroekonomia. Przygotowano też wykłady na temat marketingu i ubezpieczeń.

Kolejna, druga edycja Studium, w swej tematyce musiała uwzględnić nowe minimum programowe opracowane w 1999 roku przez UMIRM [2]. Tematykę przedstawiono w kolumnie 2 omawianej tabeli. Nastąpiła zmiana, a raczej wymiana przedmiotów. Tematykę techniczną ograniczono do przedmiotu Podstawy budownictwa (5 godzin dydaktycznych), zastępując ją w zasadzie przedmiotami związanymi bardziej z administrowaniem niż szeroko pojętym zarządzaniem.

Minimum programowe ww., obowiązywało do roku akademickiego 2004/2005 włącznie. Program dydaktyczny VIII edycji opracowano wg Komunikatu Ministra Infrastruktury z dnia 23 grudnia 2004 roku w sprawie „ustalenia minimalnych wymogów programowych dla studiów podyplomowych w zakresie zarządzania nieruchomościami" [1]. W minimum tym zagadnienia dotyczące problematyki technicznej zwiększono do

8 godzin w stosunku do poprzedniego minimum. Wprowadzono przedmiot związany z doradztwem w zakresie zarządzania nieruchomościami (zgodnie z nowelizacją ustawy o gospodarce nieruchomościami) jak również informację o zarządzaniu nieruchomościami w Unii Europejskiej. Zwiększono liczbę przedmiotów z zakresu prawa, liczbę godzin dydaktycznych z zakresu przepisów obowiązujących w zarządzaniu nieruchomościami. Doceniono zagadnienia dotyczące komunikacji interpersonalnej wprowadzając przedmiot: Umiejętności interdyscyplinarne. Sztuka argumentacji.

Opiekunowie merytoryczni Studium krytycznie obserwowali ukierunkowanie zmian w kolejnych minimach programowych. Słuchaczami Studium są prawnicy, ekonomiści i inżynierowie specjalności niekoniecznie związanych z budownictwem. Zawężenie dziedziny budownictwa do skromnego wymiaru godzin z zakresu podstaw budownictwa nie wyjaśnia technicznych problemów utrzymania nieruchomości prawnikom i ekonomistom, a nie rozszerza też wiadomości posiadanych przez inżynierów. Dlatego każde minimum programowe wzbogacano według inwencji własnej mając na uwadze niezbędne kompendium wiedzy, którą powinien dysponować zarządca. Przyjmując zakres tematyczny minimum programowego jako obowiązujący, mając na uwadze konieczną znajomość zagadnień technicznych w zarządzaniu nieruchomościami, w kolejnych edycjach Studium wprowadzano do programu dodatkowe wykłady o tematyce informującej o powadze zagadnień technicznych w prawidłowym zarządzaniu nieruchomościami - co pokazano w załączonej tabeli.

Na zakończenie warto przytoczyć definicję związaną z zarządzaniem wiedzą. Jest ono rozumiane jako „robienie jak najlepszego użytku z wiedzy [...], tworzenie nowej wiedzy oraz zwiększenie świadomości i zrozumienia".

LITERATURA

[1] Komunikat Ministra Infrastruktury z dnia 23 grudnia 2004 r. w sprawie ustalenia wymogów programowych dla studiów podyplomowych w zakresie zarządzania nieruchomościami. Podpisano Minister Infrastruktury Krzysztof Opawski Dz. Urz. MI z 2004 r. nr 23 poz. 253.

[2] Minimum programowe dla kursów specjalistycznych z zakresu zarządzania nieruchomościami. Zatwierdzone przez Prezesa Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast 14.05.1999 r.

[3] MUCZYŃSKI A., *Zarządzanie stanem technicznym nieruchomości – wybrane zagadnienia*. Wycena. Nr 4 (71) 2005 r.

[4] Poradnik zarządcy nieruchomości. Wydawnictwo VERLAG DASHOFER, Warszawa 2005

[5] Praca zbiorowa pod redakcją Marka Bryksa: *Wprowadzenie do zarządzania nieruchomością*. Poltext Nieruchomości Warszawa 2004.

[6] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks cywilny – Dz.U. z 200 nr 16 poz. 93 z późn. zm.

[7] Ustawa o gospodarce nieruchomościami Dz. U. z 1998 r. nr 115 poz. 741 oraz Dz.U. z 2004 r. nr 261 poz. 2063 z późn. zm.

[8] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane – Dz.U. z 2003 r. nr 207 poz. 2016 z późn. zm.

SELECTED PROBLEMS OF EDUCATION OF REAL ESTATE MANAGERS AGAINST A BACKGROUND OF SUCCEEDING AMANDMENTS IN LAW REGULATIONS

The authors presented the problem of the real estate management (mostly tenement-houses) in the paper. The subject is contained in the scope of work concerning the management in building industry. According to the paper conclusions it appears that the proper use of a building can only be done by a proper educated real setae manager. The real etate manager should have a wide knowledge (technical knowledge as well) relating to the rules of building maintenance in good quality technical state. The real estate management is done in the uncertain conditions. They are caused by a building character, which have to fulfill different functional, social and economic functions with taken into account different tenants expectations. It can be assumed that the tenants of real estate should also have some basic building technical knowledge.

V. EKOLOGIA I RECYKLING W BUDOWNICTWIE

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

pipeline materials steel, lifetime of the piping, cleaning and reparation, corrosion resistance, oxidation and deoxidation

Jarmila BOŽÍKOVÁ*,
Michal BOŽÍK**

EFFECT OF THE QUALITY OF A DISTRIBUTION PIPELINE ON THE QUALITY OF THE MEDIA CONVEYED

The quality of the distributing pipeline assembly as well as the choice of the materials has direct influence on the quality of media conveyed. It is necessary to make choice of suitable materials and assembly technology during the design stage in order to keep the quality of the media conveyed unchanged. Current defects highlight the above insufficiency during the building practice.

INTRODUCTION

Amongst the field-proven distribution pipeline materials steel, copper, iron, stoneware and for an inner distribution plastic piping is being used for a sanitary--technical plumbing at present.

Distribution pipeline based on a steel material are connected in an appropriate manner for all that tube joints must remain impermeable during the whole lifetime of the piping, the pipeline walls must weaken in the joint, the internal area of a pipe must not be reduced and the joint must be easily pursuable and accessible for a sake of cleaning and reparation.

A joint tightness depends on a type (cup joint, flanged connection, screwed joint), joint rigidity and sealing materials. Pipe joints for pipe materials can be of the same or different external diameter or of the same internal area. Steel pipes differ by production on welded and seamless ones that are delivered according to the seam type surface finished with either steamy inner and outer surface or with asphalt inner

* Doc. Ing. Jarmila Božíková, PhD., Stavebná fakulta STU, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, SR, jarmila.bozikova@stuba.sk

** Doc. Ing. Michal Božík, PhD., Stavebná fakulta STU, Katedra technológie stavieb, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, SR, michal.bozik@stuba.sk

eventually both outer surfaces with a sheating. Steel pipes finished by zinc coated inner and outer surface are used quite often.

Simple mode of production, reliable sealing, possibility of demountable joints reparation, good pressure, tension and tension at bending resistance, incombustibility, and corrosion resistance if well protected are advantages of the steel pipeline. Some of their disadvantages are high mass, low corrosion resistance, necessity to apply corrosion protection both on an outer surface and inside the pipeline.

FACTORS REDUCING A QUALITY OF A DISTRIBUTION PIPELINE

Chemical and physical effects mostly damaging devices and pipelines:

- **aggressiveness**, leading to products of corrosion. The aggressiveness is mostly caused by a soluble oxygen and carbon dioxide where conditions for a creation of protective coats are not created,
- **incrustation,** resulting from a salts extraction after exceeding of a solubility factor,
- **dirt bed,** made up of a suspended water elements and corrosion products sedimentation.

As „corrosion" we understand a surface erosis by chemical or electrochemical processes. Cause of the chemical corrosion is a reaction of a metal with an agent that reacts in a contact with it. The corrosion of metals in water is caused namely by a formation of electrochemical elements originating between two metals with different electrochemical potential. The lower potential metal is anode and melts itself – corrodes, the higher potential metal is cathode and does not melt.

The most important factors affecting a corrosion generation and extent:

- a water chemistry (presence of CO_2, O_2, pH. Cl_2, Ca, Mg, sulphates, chlorides, organic matters, micro organisms etc.),
- physical conditions of a system (water temperature, water stream velocity),
- a type of material and the surface treatment.

Types of corrosive attacks differ according to an intensity and character of the metal penetration into surroundings and its structure break. We differ:

a) an equal attack – areal, caused by an acid environment or by an aggressive CO_2,

b) an unequal – local.

Unequal corrosion is more dangerous because it attacks only some places of the metal and according to its nature it is:

- pointed – usually caused by a dissolved oxygen,
- holed – caused by a dissolved oxygen. Vertical holes developing on the pipelines lead to an erosis of the pipeline wall (Pictures 1, 2),
- spotted creates incoherent spots of a different scale,

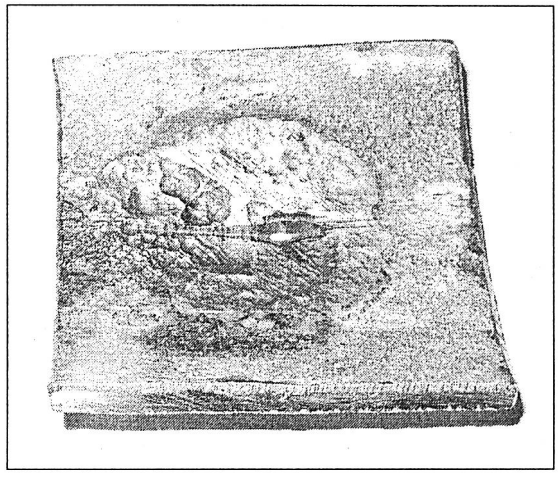


Fig. 1. OC pipeline segment – inside look

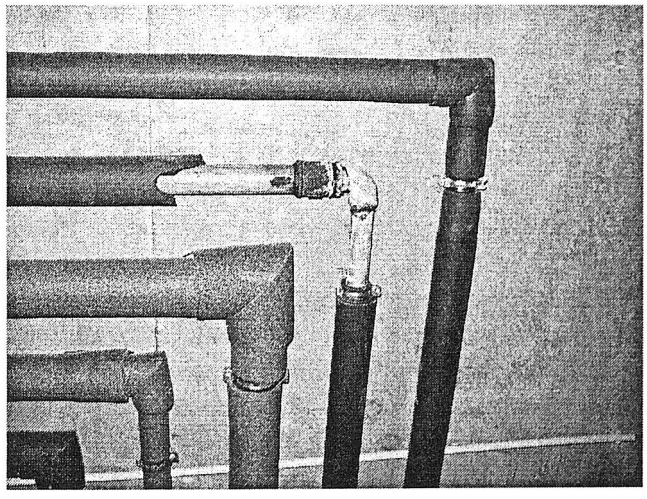


Fig. 2. Pipeline corrosion at a connection to a profile unit

- intercrystalline – progressing into a depth of a crystalline metal on contact surface of its crystalline,
- selective – attacks only some elements of heterogeneoug alloys.

Physical conditions affecting a corrosion rise are temperature and a speed of a medium flow. The temperature affects the corrosion directly or indirectly. Direct affection means that a chemical reaction speed is higher depending on a rising temperature. Indirect affection means that a gas solubility changes itself affecting calcio-carbonate balance. In closed systems a corrosion speed rises with the rising

temperature, in open systems the corrosion speed rises at first and at higher temperatures it falls as a reason of the gases solubility decrease.

Chemical factors affecting the corrosion:

- pH – at a low pH the corrosion speed increases, at a high pH protective influences on a pipeline display,
- alcality (ANC – acid neutralization capacity) – forces a creation of the protective pipeline coat. Low and medium alcality decreases the corrosion at a majority of materials. High alcality increases the corrosion of copper and plumbum.
- Dissolved oxygen – increases a reaction speed at a majority of corrosion actions.

An inner corrosion of a metal pipeline depends on oxidation and deoxidation reactions occurring on an interface of phases metal-water. In consequence of these reactions electrochemical elements develop that all have an anodic and a cathodic space. At a corrosion of metals two partial actions should be distinguished. By an anodic corrosion action metals are dissolved that manifests itself by a metal ions creation.. A cathodic corrosion action is characterized by a transport of electrons to cathodic places where deoxidation reactions occur. Secondary reactions of corrosion products apply to processes occurring between products of both electrochemical reactions or reacting with other water components.

Anodic reactions of a second level (reactions between Fe^{2+} ion and other water components) may occur in a presence or in an absence of oxygen in a water medium. Fe^{2+} ion may precipitate by two ways – either in a form of $Fe(OH)_2(s)$ or in a form of $FeCO_3(s)$ (siderite). Siderite precipitates if carbonated components are present in the water.

$$Fe^{2+} + 2\ H_2O \rightarrow Fe(OH)_2(s) + 2\ H^+$$
$$Fe^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow FeCO_3(s)$$

In a presence of oxygen above the anode a comprehensive secondary reaction occurs:

$$Fe^{2+} + 1/4\ O_2 + 5/2\ H_2O \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 2\ H^+$$

$Fe(OH)_2(s)$ and $Fe(OH)_3(s)$ precipitates are transition unstable states while both are precursors to thermodynamically stable ferric oxides.

A precipitation speed of $CaCO_3(s)$ has a crucial impact on attributes of a precipitation product and we can consider it one of the most important factors at a metal passivation. At a high speed of $CaCO_3(s)$ emission on a cathode the precipitate is colloid or microcrystalline, at a low process well defined calcite crystals develop. Microcrystalline structure of a precipitated calcium carbonate tends to cover in a thin layer all cathode surface and is characterized by a massive nearly watertight structure and at the same time it can considerably diminish the whole corrosion speed. On the contrary a discrete creation of the solid phase featuring by a relative porosity and permeability has virtually no impact on a speed affection at cathode.

An impact of the water flow speed on a corrosion action seems to be contradictory. A high .speed of the water flow may have a positive impact on a protective coat formation by carrying protective substances to the pipeline surface. On the contrary the high flow speed is connected with an erosive corrosion and in a presence of other corrosive factors may lead to a pipeline material damage. At the high flow speed a contact of the dissolved oxygen that plays an important role at many corrosion actions with the pipeline surface is increased. At low water flow speeds protective water properties can not fully manifest because a diffusion of protective substances towards the surface is slowed-down. At very low speeds or at a speed stagnation conditions for a biological growth are created and a possibility of the pointed corrosion rises.

At identical other water attributes the water with higher temperature should have a more aggressive impact because a speed of chemical reactions in process is increasing. This fact is to a certain extent suppressed by a fact that the temperature markedly influences $CaCO_3$ dissolving. At higher temperatures a tendency of $CaCO_3$ precipitation from water manifests by what an expectancy of a protective coat creation is increased. Accordingly a lower concentration of dissolved oxygen may decrease aggressive impact of warm water.

CONCLUSION

The issue of sanitary-technical plumbing corrosion upraise namely at designing and realization of pipelines for distribution and circulation of warm supply water that is a result of higher water operating temperature. Reduction of oxygen, CO_2 and H_2S solubility is one of the higher temperature effects. Decrease of an oxygen content is here manifested gradually by its combination with zinc and iron. At a zinc coat a coat of corrosion products develop from 50 °C while a temperature rise by 5 °C (e.g. from 50 to 55 °C) leads up to 6times faster corrosion and a further temperature increase leads up to 40times faster corrosion. Following that the temperature of warm supply water should no exceed 50 °C. But here we meet a contradiction between a temperature limit determinated by a standard and a recommended thermal disinfections (e.g. against a bacteria Legionella – min. 70 °C). Consequently it is necessary to deal with this issue not only at designing and realization of pipelines in constructions but also during its operation that may multiply operation costs of all construction.

REFERENCES

[1] LULKOVIČOVÁ O., BOŽÍK M., BOŽÍKOVÁ J., *Expertízny posudok rozvodov TUV v hoteli*, SvF STU Bratislava, júl 2003, 60 s.

[2] BOŽÍK M., BOŽÍKOVÁ J., *Životnosť a revitalizácia vnútorných rozvodov a konštrukčných prvkov TZB v obytných objektoch*, SSTP Bratislava, Zborník z medzinárodnej konferencie Vykurovanie 2001, s. 97–103, SSTP 0115, 12–16.3.2001 Stará Ľubovňa.

[3] BOŽÍK M., BOŽÍKOVÁ J., *Technológia montáže plastových materiálov v balneotechnických rozvodoch*, Zborník príspevkov z vedecko-odborného seminára Uplatňovanie svetových trendov v procese prípravy a realizácie stavieb, STU KTS, CEMAKS, Kočovce 2003, s. 72–77.
[4] TÓTHOVÁ K., DUBOVÁ V., Porovnávacia analýza prevádzky vodovodov. Zborník prác z konferencie s medzinárodnou účasťou Vodovody, kanalizácie a aleternatívne zdroje energie, Košice 30.11–1.12.2005, s. 149–154, ISBN 80-232-0254-5. ZsVTS Košice.

This work was supported by Science and Technology Assistance Agency under the contract No. APVT-20-031804 and VEGA No. 1/3322/06

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

odpady budowlane, wały przeciwpowodziowe, projektowanie, technologia robót

Andrzej CZEMPLIK*
Anna PAWLUK**

METODYKA PROJEKTOWANIA I TECHNOLOGIA BUDOWY WAŁÓW OCHRONNYCH Z ZASTOSOWANIEM ODPADÓW BUDOWLANYCH

Projektowanie i budowa obwałowań rzek są zadaniami interdyscyplinarnymi. Zagadnienia te wykorzystują osiągnięcia melioracji, budownictwa wodnego, inżynierii lądowej oraz budownictwa lądowego w zakresie budowli ziemnych. Wprowadzona w życie w 2001 roku ustawa „O odpadach" oraz przynależne jej przepisy wykonawcze skłaniają producentów odpadów do efektywnego ich przetworzenia. Koszt transportu, składowania i utylizacji gruzu budowlanego przewyższa koszt pokruszenia gruzu, czyli koszt wyprodukowania z gruzu materiału budowlanego, przydatnego do wbudowania. Do niedawna pokruszony gruz budowlany stosowano w kraju niemal wyłącznie na podbudowy placów manewrowych, parkingowych bądź dróg o niewielkim obciążeniu pojazdami. W pracy przedstawiono propozycję metodyki projektowania wałów przeciwpowodziowych z zastosowaniem pokruszonego gruzu betonowego i ceglanego wraz z propozycją technologii robót. Przedstawiono także wyniki obliczeń wykonanych dla obwałowania fragmentu rzeki Bystrzycy.

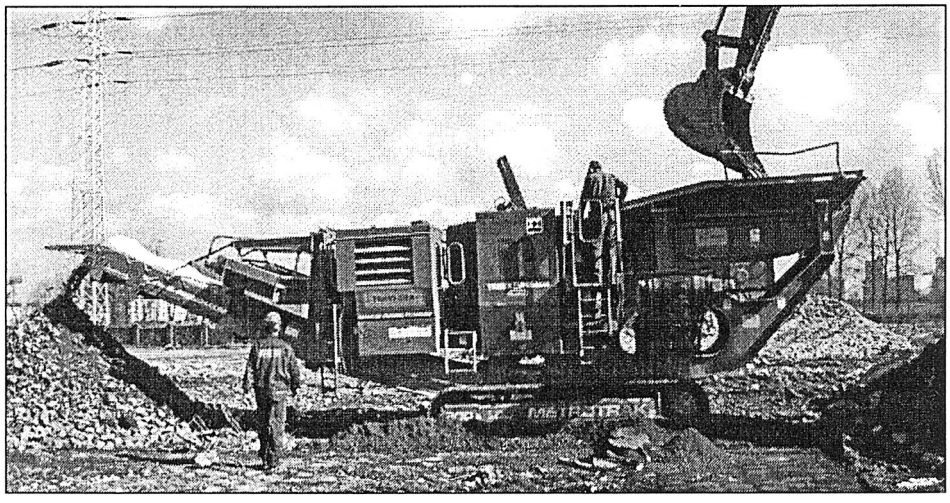
1. WPROWADZENIE

Stosowanie odpadów w budownictwie jest dziedziną stosunkowo mało rozwiniętą w naszym kraju. Trzeba jednak zauważyć, że wprowadzeniu w ostatnich latach do naszego prawa przepisów z zakresu odpadów i ochrony środowiska towarzyszy występowanie w krajowym piśmiennictwie technicznym coraz większej liczby prac świadczących o badaniach naukowych prowadzonych w tym zakresie oraz o wdrażaniu ich wyników na konkretnych budowach [6].

Najpopularniejszym odpadem budowlanym jest gruz ceglanu i betonowy, pochodzący na ogół z rozbiórek, który następnie poddany kruszeniu (rys. 1) zostaje przetwo-

* Politechnika Wrocławska
** Bovis Lend Lease

rzony w materiał budowlany. Badania własności technicznych tak wytworzonego materiału były prowadzone w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych w wielu ośrodkach zagranicznych o czym świadczą liczne publikacje z tamtego okresu. Warto tu wskazać na podsumowanie badań dotyczących kruszonego gruzu betonowego, prowadzonych w Stanach Zjednoczonych w latach 1977–1982 i opublikowanych w pracy [7]. Znanym podręcznikiem stosowania odpadów budowlanych w budownictwie jest praca [1], w której wiele miejsca poświęcono stosowaniu pokruszonego betonu w różnego rodzaju podbudowach pod drogi. Warto to nadmienić, że obecnie w wielu ośrodkach naukowych prowadzone są badania na temat stosowania pokruszonego gruzu betonowego oraz ceglanego jako kruszyw do betonów [3].

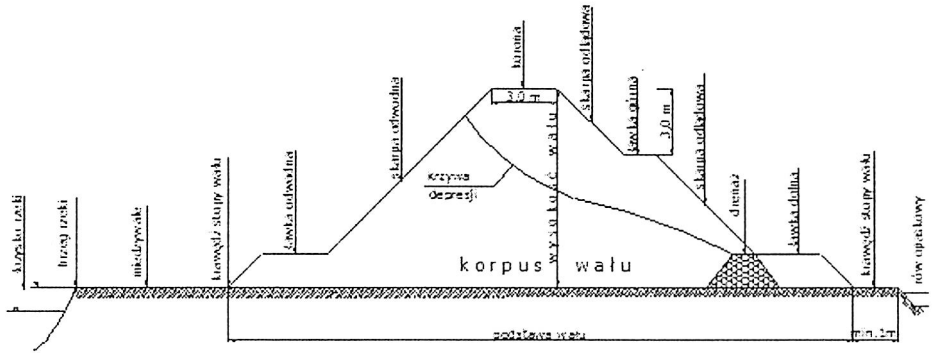


Rys. 1. Nowoczesna, przejezdna kruszarka o dużej wydajności do kruszenia gruzu betonowego
Fig. 1. Modern crushing mashine for concrete rubble

W niniejszej pracy natomiast podjęto zagadnienie zastosowania pokruszonego betonu rozbiórkowego do wzmacniania, odbudowy i budowy wałów przeciwpowodziowych.

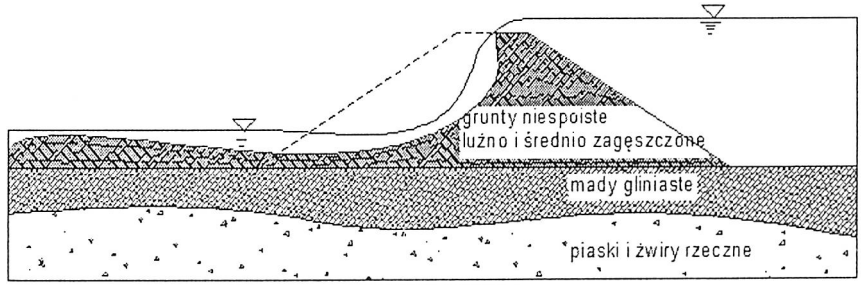
2. OBWAŁOWANIA RZECZNE

Wały przeciwpowodziowe są ziemnymi budowlami piętrzącymi, które wykonuje się z gruntów naturalnych lub antropogenicznych. Ważne jest aby zawartość składników ulegających rozkładowi była w tych gruntach na tyle niewielka, by nie obniżała trwałości i bezpieczeństwa eksploatacji wału. Projektowanie i realizacja wałów przeciwpowodziowych jest zagadnieniem interdyscyplinarnym i na ogół wymaga zaangażowania specjalistów kilku branż, jak hydrologa, geologa oraz konstruktora budowlanego.



Rys. 2. Poglądowy przekrój przez wał przeciwpowodziowy [4]
Fig. 2. Schematic cross-section of the flood bank [4]

Powódź na Dolnym Śląsku w 1997 roku ujawniła kiepski stan techniczny wielu wałów przeciwpowodziowych. Różne mogą być przyczyny złego stanu technicznego wałów. Najczęściej są nimi: niedostateczne zagęszczenie korpusu, destrukcyjne zjawiska filtracyjne oraz niedostateczna wysokość korony wału. Według danych, jakie autorzy pozyskali w Urzędzie Statystycznym Wrocław, ogólna długość wałów o niedostatecznym stanie technicznym wynosiła w Polsce w 2002 roku około 2006 km (tj. około 24% długości wszystkich wałów). Zniszczenie wału może przebiegać w różny sposób, z których jeden z powszechniejszych pokazano na rys. 3.

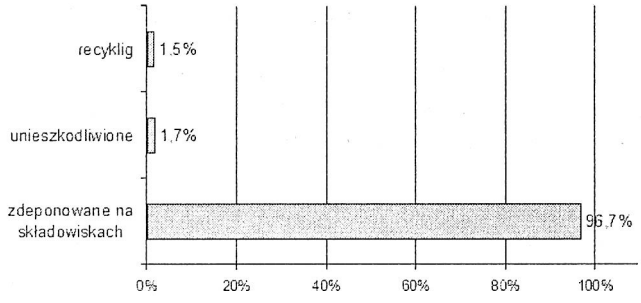


Rys. 3. Niszczenie wału przez wody przelewające się przez koronę [12]
Fig. 3. Destruction of the flood bank caused by the water flowing over the bank [12]

W ostatnich latach, w szczególności po powodzi w 1997 roku opracowano w kraju kilka sposobów odbudowy wałów przeciwpowodziowych, z wykorzystaniem mat bentonitowych, ścian szczelnych czy geotkanin z narzutami kamiennymi [2, 11]. W ostatnich kilku latach, narzuty kamienne zaczęto w znacznej części zastępować pokruszonym i doziarnionym materiałem pochodzącym z kruszenia betonu. Ponadto, pokruszony beton coraz częściej znajduje zastosowanie w odbudowie lub nadbudowie korony obwałowań [5].

3. ODPADY BUDOWLANE

Według oficjalnych danych statystycznych, średnia masa wytwarzanych rocznie odpadów budowlanych w okresie kilku ostatnich lat wynosi około 1550 tys ton. Nie wiadomo jaką część tej liczby stanowi gruz ceglany i betonowy czyli te materiały, które można rozważać do budowy obwałowań. Jednak z uwagi na koszty składowania i utylizacji oraz opłaty i ograniczenia wprowadzone w przepisach z zakresu odpadów i ochrony środowiska, wykorzystanie odpadów w każdy możliwy sposób inny niż kosztowne składowanie i utylizacja jest pożądany przez producentów odpadów. Struktura wykorzystania odpadów w kraju według statystyk rządowych przedstawia się jak na rys 4.



Rys. 4. Struktura wykorzystania odpadów w Polsce (www.mos.gov.pl)
Fig. 4. Schedule of waste utilization in Poland (www.mos.gov.pl)

Jeśli dalej uwzględnić, że w naszych warunkach gruz ceglany stanowi około 40% a gruz betonowy około 20% odpadów poremontowych, to należy szacować, że rocznie około 300 tys. ton gruzu betonowego i dwukrotnie więcej gruzu ceglanego jest wyrzucanych na wysypiska. Rozległe badania własności odpadów budowlanych w kontekście ich przydatności do budownictwa wodnego przedstawiono w pracy [9]. Badania te w pełni potwierdzają dużą przydatność pokruszonego gruzu betonowego do ziemnych budowli wodnych. W tabelach 1 i 2 przedstawiono wybrane wyniki ww. badań.

Tabela 1. Uziarnienie próbek odpadów budowlanych według [9]
Table 1. Graining of the construction wastes according to [9]

Rodzaj próbki	Zawartość frakcji [%]			Wskaźnik różnoziarnistości $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	$d_{max}[mm]$
	kamienistej (> 40mm)	żwirowej (2–40 mm)	piaskowej (0,005–2mm)		
gruz z cegły	60,0	33,0	7,0	14,3	80
gruz betonowy	92,0	8,0	0	1,6	120

Tabela 2. Wyniki badań próbek odpadów budowlanych według [9]
Table 2. Test results of construction wastes according to [9]

Rodzaj próbki	Nasiąkliwość [%]	σ_d po zagęszczeniu [g/cm^3]	Moduły ściśliwości [MPa]		Kąt tarcia wewn. Φ [°]	spójność c [kPa]	Wsp. filtracji k_{10} [m/s]
			M_O zakres obciążeń (0–0,15 MPa)	M zakres obciążeń (0–0,15 MPa)			
Gruz z cegły i zaprawa cem.-wap.	17,0	1,64	2,03[1] 1,89[2]	100,8[1] 19,6[2]	42[1] 35[2]	48,3[1] 64,4[2]	0,001
Gruz betonowy	9,0	1,52	2,03[1] 1,89[2]	112,4[1] 78,5[2]	43[1] 60[2]	158,4[1] 110,3[2]	0,020

[1] wyniki badań odpadów w stanie suchym, [2] wyniki badań odpadów w stanie nasyconym wodą.

Z doświadczeń autorów wynika, że gruz betonowy na potrzeby wykorzystania do budowy budowli ziemnych/wodnych należy kruszyć do frakcji max 120 mm, bezwzględnie odsiewając pyły. Należy pamiętać, że kruszenie gruzu betonowego – w rozumieniu przepisów – jest produkcją materiałów budowlanych z odpadów i wymaga specjalnych pozwoleń wydanych dla producenta.

Przetwarzanie odpadów betonowych w materiał do wbudowania, winien obejmować następujące procesy:

(a) ważenie odpadów wprowadzanych do przetworzenia,
(b) makroskopowa analiza odpadów (gruzu),
(c) wyrywkowa analiza chemiczna gruzu,
(d) odrzucenie materiału nieprzydatnego do przetworzenia,
(e) rozdrabnianie elementów wielkowymiarowych (do max 140 mm),
(f) kruszenie odpadów rozdrobnionych,
(g) segregacja materiału pokruszonego na poszczególne frakcje,
(h) składowanie materiału według podziału na frakcje,
(i) badania (systematyczne dla określonej partii produktu) podstawowych własności technicznych.

Niestety paradoksalnie koszt produkcji materiałów budowlanych z odpadów budowlanych jest w naszym kraju bardzo wysoki (tabela 3, www.ietu.katowice.pl). Z perspektywy przedsiębiorcy budowlanego opłacalna obecnie jest wyłącznie sytuacja, w której odpad zostaje pozyskany, pokruszony i wbudowany na tym samym placu budowy. Niemal każda inna sytuacja daje przedsiębiorcy koszty operacji większe niż zakup nowego materiału i jego wbudowanie z jednoczesnym wywozem odpadu na wysypisko śmieci. Inaczej sytuacja wygląda z perspektywy makroekonomicznej lub choćby w sytuacji gdy gmina jest producentem odpadu (wyburzenia obiektów gminnych) i jednocześnie odbiorcą tego odpadu do remontu np. obwałowań rzek pozostających pod zarządem gminy. Przykładem może tu być Dolnośląski Zarząd Melio-

racji Wodnych, w którym planowane jest szeroko zakrojone stosowanie pokruszonego odpadu betonowego do odbudowy obwałowań rzek.

Tabela 3. Koszty odzysku odpadów budowlanych i wielkogabarytowych wg IETU w Katowicach
Table 3. Costs of recovery of construction and large volume wastes according to IETU in Katowice

Rodzaj procesu	Wskaźnik jednostkowych nakładów inwestycyjnych	Wskaźnikowy koszt odzysku i unieszkodliwiania w obiekcie	Jednostkowy koszt zbiórki i wywozu	Sumaryczny, jednostkowy koszt odzysku i unieszkodliwiana
	zł/Mg przepustowości	zł/Mg	zł/Mg	zł/Mg
Odzysk i unieszkodliwienie odpadów budowlanych	900	122	50	170
Odzysk i unieszkodliwianie odpadów wielkogabarytowych	500	164	80	240
Odzysk i unieszkodliwianie odpadów wytwarzanych w grupie odpadów komunalnych	3 500	636	200	800

4. PROJEKTOWANIE WAŁÓW Z ZASTOSOWANIEM ODPADÓW BUDOWLANYCH

Interdyscyplinarny zakres projektu obwałowania często w praktyce wywołuje problemy w zakresie uzgodnień i koordynacji. W praktyce bowiem potrzeba znajomości całej procedury projektowania przez projektantów wszystkich specjalności wymaganych w rozważanym zadaniu. Autorzy proponują następujący zakres projektowania:

(a) identyfikacja geologiczna lokalnych warunków gruntowych,

(b) określenie zestawu dostępnych materiałów budowlanych w tym pochodzących z odpadów budowlanych z propozycją ekonomicznych priorytetów ich przyjmowania w projektowaniu,

(c) wstępne założenia co do geometrii i konstrukcji obwałowania,

(d) identyfikacja hydrologiczna lokalnych warunków wodnych (przepływy w przekroju rzeki, gradienty ciśnień filtracyjnych, możliwości przebicia lub sufozji, wartości ciśnienia spływowego),

(e) określenie stanów i przepływów wezbraniowych,

(f) określenie chłonności i wydajności drenowania,

(g) analiza gospodarcza, społeczna i ekologiczna nowej trasy obwałowania lub identyfikacja niezbędnego zakresu napraw obwałowania istniejącego,

(h) prognoza strat materialnych w wyniku ewentualmnej katastrofy spowodowanej zniszczeniem obwałowania,

(i) prognoza strat ludzkich w wyniku ewentualmnej katastrofy spowodowanej zniszczeniem obwałowania,

(j) wykonanie ewentualnych badań modelowych,

(k) uściślenie cech geometrycznych obwałowania (wzniesienie korony, nachylenia skarp, kształt profilu i przekroju – prosty lub rozwinięty itd.),

(l) określenie niezbędnego wyposażenia obwałowania w urządzenia technicznej kontroli budowli,

(m) projekt upustów i określenie wyposażenia upustów,

(n) uściślenie konstrukcji obwałowania (sprawdzenie warunku osiadań korpusu i podłoża budowli, wyznaczenie naprężeń w korpusie i podłożu, sprawdzenie warunku wystąpienia przesunięcia i poślizgu po podłożu oraz w podłożu, sprawdzenie warunku wypierania gruntu spod nasypu),

(o) oszacowanie kosztu budowy/naprawy z wyodrębnieniem zaoszczędzonego kosztu składowania odpadu zastosowanego w projekcie.

Dodać należy, że obwałowania muszą – oprócz norm przedmiotowych – spełniać warunki przepisu prawa [10].

5. REALIZACJA ROBÓT

Budowa lub naprawa obwałowań z zastosowaniem odpadów budowlanch wymaga większej dokładności i staranności robót, niż to bywa w przeciętnych robotach ziemnych. Konieczne jest opracowanie szczegółowych specyfikacji na temat systematycznych, codziennych badań sprawdzających.

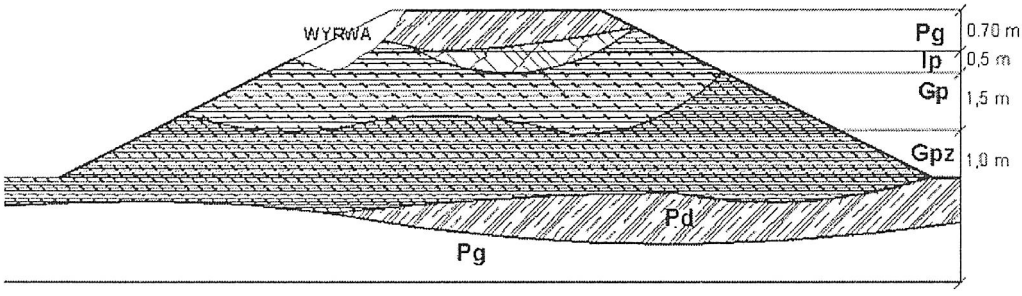
Dobór maszyn i sprzętu winien być dokonany przede wszystkim na podstawie dopuszczalnych nacisków na podłoże sąsiedztwa wału oraz na samą koronę wału. Zatem nie wydajność – jak to bywa przeważnie w robotach ziemnych – ale oddziaływanie na budowany obiekt i jego sąsiedzrtwo winny być wiodącym kryterium doboru maszyn.

W technologii robót ziemnych znane są metody prowadzenia tych robót w okresie zimowym. Mimo tych metod, należy bezwzględnie odrzucić możliwość wykonania dużych napraw bądź budowy nowego wału w okresie zimowym.

6. PRZYKŁAD

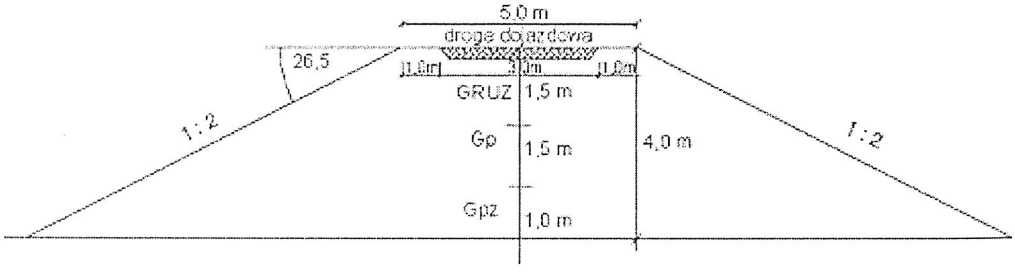
Autorzy korzystając z danych terenowych Dolnośląskiego Zarządu Melioracji Wodnych we Wrocławiu opracowali projekt naprawy 1 km odcinka wału rzeki Bystrzycy, stanowiącego ochronę przeciwpowodziową dla osiedla Złotniki we Wrocła-

wiu. Projekt stanowił swoisty sprawdzian proponowanej wcześniej metodyki projektowania przedmiotowych budowli (rys. 5).



Rys. 5. Przekrój przez uszkodzony wał (wyrwy od powalonych drzew)
Fig. 5. The cross-section of the damaged bank (breach created by a broken tree)

Dla potrzeb projektu dostępne były wszelkie niezbędne dane geologiczne i hydrologiczne. Zaprojektowano podniesienie korpusu wału o 30 cm. Ponadto, zaprojektowano wymianę materiału w obrębie szczytowej warstwy korpusu o miąższości 1,5 m (rys. 6). W obszar ten zaprojektowano wbudowanie rozdrobnionego gruzu ceglanego i gruzu z zapraw cementowych. Materiał ten pod względem uziarnienia odpowiada pospółce gliniastej. Dla ww. materiałów odpadowych sformułowano wymogi: zawartość frakcji żwirowej 16–26%, frakcji iłowej 2–6%. Wymóg ten został spełniony w materiale pochodzącym z tzw. „Górki Legnickiej" we Wrocławiu.



Rys. 6. Przekrój poprzeczny obwałowania po modernizacji
Fig. 6. Cross-section of the bank after modernization works

Stateczność korpusu sprawdzono metodą Falleniusa [8] uzyskując w efekcie:

$$F_{min} = F(6,5) = 1,132 > F_{dop} = 1,1. \quad (1)$$

W dwuczęściowej tabeli 4 (A i B) zestawiono wyniki obliczeń pierwotnych w gruncie oraz materiałach odpadowych.

Tabela 4 (część A). Wyznaczenie naprężeń pierwotnych
Table 4 (part A). Schedule of primary stresses

Grunt	ϕ	$tg\phi$	$tg\Psi = tg\phi + c/\Sigma\Delta zi\gamma i$	$ctg\Psi_i$	$\Sigma\Delta zi\ ctg\Psi i = Xi$ [m]
Gruz z cegły i zaprawa cem.-wap. – tłuczeń ceglany	38,5	0,7954	3,1288	0,3196	0,2397
	38,5	0,7954	1,9621	0,5097	0,3822
glina piaszczysta	18,2	0,3288	0,8532	1,1721	2,3442
	18,2	0,3288	0,7422	1,3473	3,3682
	18,2	0,3288	0,6701	1,4924	4,4773
glina piaszczysta zwięzła	20,1	0,3659	0,6084	1,6437	5,7531
	20,1	0,3659	0,5765	1,7347	6,9387

Tabela 4 (część B). Wyznaczenie naprężeń pierwotnych
Table 4 (part B). Schedule of primary stresses

Grunt	Δzi [m]	γoi [kN/m3]	$\Delta zi\ \gamma i$ [kPa]	c [kPa]	$\Sigma\Delta zi\gamma i$ [kPa]	$c/\Sigma\Delta zi\ \gamma i$ [*]
Gruz z cegły i zaprawa cem.-wap. – tłuczeń ceglany	0,75	20,0	15,00	35,0	15,00	2,3333
	0,75	20,0	15,00	35,0	30,00	1,1667
glina piaszczysta	0,5	22,0	11,00	21,5	41,00	0,5244
	0,5	22,0	11,00	21,5	52,00	0,4135
	0,5	22,0	11,00	21,5	63,00	0,3413
glina piaszczysta zwięzła	0,5	22,5	11,25	18,0	74,25	0,2424
	0,5	22,5	11,25	18,0	85,50	0,2105

Wyniki obliczeń sprawdzających wykazały pełną przydatność zastosowanych materiałów odpadowych do modernizacji przedmiotowego odcinka wału. Pełna weryfikacja prawidłowości zastosowania danych odpadów winna jednak nastąpić po wykonaniu sprawdzających badań polowych przeprowadzonych na pierwszym fragmencie wzmocnionego obwałowania.

7. PODSUMOWANIE

Odpowiednio wyselekcjonowane odpady budowlane, takie jak pokruszony gruz betonowy i ceglany lub rozdrobniony gruz z zapraw cementowych są w pełni wartościowymi materiałami budowlanymi, które mogą być stosowane w budowie, naprawach i modernizacji wałów przeciwpowodziowych.

LITERATURA

[1] COVENTRY S., *The reclaimed and recycled construction materials handbook*. Bliss Books 89, 1999.
[2] HAJDER T., NAJDER A., *Nowoczesne metody rekonstrukcji wałów przeciwpowodziowych*. Materiały Budowlane 10/2003.

[3] KHATIB J.M., *Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate*. Cement-and-concrete-research, v. 35, no. 4, 2005.
[4] MAKOWSKI J., *Wały przeciwpowodziowe Dolnej Wisły, historyczne kształtowanie, obecny stan i zachowanie w czasie znacznych wezbrań*. IBW PAN, Gdańsk 1997.
[5] MORYL A., MOLSKI T., KIWACZ T., *Wykorzystanie materiałów z przeróbki odpadów budowlanych do budowy wałów przeciwpowodziowych*. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, seria Konferencje tom XXXII, nr 406, rok 2001.
[6] ORZESZYNA H., GARLIKOWSKI D., ZEMEŁKO J., *Technologia przetwarzania odpadów budowlanych i jednorodność produkowanych materiałów*. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, seria Konferencje tom XXXII, nr 406.
[7] PETRARCA R.W., GALDIERO V.A., *Summary testing of recycled crushed concrete*. Transport Research Record, No. 989, NRC, Washington 1984.
[8] PISARCZYK S., *Mechanika gruntów*. PW 1999.
[9] PISARCZYK S., *Możliwości zastosowania wybranych odpadów komunalnych w ziemnych budowlach wodnych*. Materiały Budowlane 3/2004.
[10] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA OCHRONY ŚRODOWISKA, ZASOBÓW NATURALNYCH I LEŚNICTWA z dnia 20 grudnia 1996 r. *w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie*. (Dz. Ustaw z 1997 r. Nr 21, poz. 111).
[11] STĘPNIAK S., *Nowe technologie w odbudowie wałów przeciwpowodziowych*. BIT, 2/2002.
[12] ZALEWSKI J., WINTER J., *Strategia modernizacji odrzańskiego systemu wodnego*. PWN, Wrocław 2000.

DESIGN METHODOLOGY AND METHOD STATEMENT OF THE FLOOD BANK CONSTRUCTION WITH USE OF CONSTRUCTION WASTES.

Application of building wastes to construction of the flood bank has been discussed. Some statistics concerning the construction wastes in Poland are presented in the paper. Basic technical properties of some construction wastes are shown. Some results of the application of crushed concrete rubbles into the flood bank repair design done by authors, have been presented.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

termomodernizacja, energooszczędność,
zużycie ciepła, budynki mieszkalne, inwestycje

Lucyna KORONA*

OCENA ZREALIZOWANYCH INWESTYCJI TERMOMODERNIZACYJNYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH ZASOBÓW MIESZKANIOWYCH W BYDGOSZCZY

Przedmiotem badań są zasoby budowlane jednej ze spółdzielni mieszkaniowych w Bydgoszczy. Grupę 95 budynków mieszkalnych sklasyfikowano według roku budowy i zużycia energii cieplnej na przestrzeni dziesięciu lat. Podano charakterystykę i zakres wykonanych prac termomodernizacyjnych. Przeanalizowano sposób realizacji inwestycji termomodernizacyjnych z uwzględnieniem przepisów prawno-technicznych i źródeł finansowania tych działań. Przedstawiono ocenę przydatności zrealizowanych docieplеń w minionych latach w aspekcie aktualnych wymogów energetycznych stawianych budynkom.

1. AKTUALNOŚĆ, CEL I ZAKRES BADAŃ

Zwiększające się koszty eksploatacyjne budynków, możliwości korzystania z preferencyjnych źródeł finansowania działań proekologicznych, dbałość o trwałość i bezpieczeństwo konstrukcji budynku, podniesienie komfortu użytkowania, a także postępująca degradacja środowiska naturalnego to zespół czynników wpływających na wzrost zainteresowania społeczeństwa problemami energooszczędności.

Dane krajowe wykazują, że około 40% dysponowanej w gospodarce energii cieplnej przeznacza się na ogrzewanie budynków [1], [2]. Szacuje się, iż koszt ogrzewania w spółdzielniach mieszkaniowych stanowi aktualnie około 60% wszystkich opłat eksploatacyjnych.

Autorka od kilku lat prowadzi badania dotyczące zagadnień termomodernizacji i energooszczędności w bydgoskich zasobach mieszkaniowych. Celem badań jest analiza i ocena zakresu dotychczasowych działań termomodernizacyjnych prowadzą-

* Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, al. Prof. S. Kaliskiego 7 , 85-796 Bydgoszcz

cych do obniżenia zużycia energii cieplnej w budynkach wielorodzinnych. Przeanalizowano wielkość rzeczywistego zużycia energii cieplnej (energochłonność) od 1995 r. do 2005 r. dla grupy 95 budynków, należących do jednej z bydgoskich spółdzielni mieszkaniowych (SM), co miało wykazać efektywność nakładów poniesionych na termomodernizację.

2. STRUKTURA ZASOBÓW MIESZKANIOWYCH SM

Przedmiotem badań są zasoby mieszkaniowe w jednej z wybranych spółdzielni mieszkaniowych w Bydgoszczy, która istnieje od 1958 r. i liczy ponad 5 tys. członków, zamieszkałych obecnie w 95 budynkach i 5478 mieszkaniach. Dominującą technologią wznoszenia budynków mieszkalnych jest uprzemysłowione budownictwo wielkopłytowe i wielkoblokowe (tab. 1).

Tabela 1. Struktura liczebna budynków wg systemu technologicznego
Table 1. Numerical structure of buildings according to technological system

Lp.	System technologiczny	Liczba budynków
1	wielkopłytowy – PBU-59, PBU- 63	25
2	Szczeciński (S)	22
3	Wielki Blok	13
4	WB wg Unifikacji Bydgoskiej	12
5	Cegła Żerańska	7
6	OWT-65	6
7	inne	10
8	Razem:	95

Większość budynków, bo aż 82% ogólnej liczby budynków, wybudowano przed 1980 r. Jednakże do badań przyjęto 93 budynki mieszkalne, które wybudowano przed 1999 r. Ich łączna powierzchnia wynosi 258 088,7 m^2, a kubatura – 1 133 655,6 m^3. Budynki te charakteryzowały się wysokim współczynnikiem przenikania ciepła przez przegrody budowlane, niekiedy przekraczającym wartość $U > 1{,}2$ W/m^2 K.

Badaniami objęto budynki zasilane z sieci ciepłowniczych, należących do Komunalnego Przedsiębiorstwa Energetyki Cieplnej w Bydgoszczy. Ciepło jest dostarczane za pośrednictwem nośnika ciepła w postaci wody o regulacji ilościowo-jakościowej, zależnej od parametrów temperaturowych i warunków atmosferycznych według zasad ustalonych dla systemu ciepłowniczego.

Ze względu na stan techniczny, wynikający między innymi z wad technologicznych systemów budownictwa uprzemysłowionego oraz wiek, obiekty te wymagają kosztownych remontów i modernizacji.

3. ZAKRES DZIAŁAŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH SM

Działania termomodernizacyjne w SM rozpoczęto już w roku 1984, docieplając te budynki, w których pojawiły się oznaki przemarzania ścian, głównie szczytowych.

Wówczas stosowana była jedynie metoda ciężka mokra, dopiero po 1994 r. zaczęto na szeroką skalę stosować nowe technologie dociepleń.

Z dotacji budżetowych w latach 90., w ramach akcji usuwania wad technologicznych, w SM rozpoczęto od dociepleń ścian szczytowych i do 1999 r. wykonano 53,5 tys. m^2.

Do 1995r. energia cieplna była rozliczana według ryczałtu. W tej sytuacji pomieszczenia z ocieplonymi przegrodami były przegrzewane. W celu uzyskania właściwej temperatury wewnętrznej, z reguły w takich pomieszczeniach otwierano okna. Nadmierne wietrzenie pomieszczeń spowodowane było nieprzystosowaniem instalacji ogrzewczej do zmniejszonych potrzeb cieplnych.

Z uwagi na niewystarczające środki finansowe tylko znikoma liczba instalacji centralnego ogrzewania i węzłów ciepłowniczych została poddana działaniom modernizacyjnym. Dopiero w latach 1997–2001, z uwagi na wymóg instalowania w budynkach automatyki pogodowej, zmodernizowano węzły ciepłownicze w 77 budynkach, i to przy udziale KPEC, oraz wewnętrzne instalacje centralnego ogrzewania w 87 budynkach.

Do końca 2004 roku docieplono 83 budynki, z czego 11 z nich całkowicie i 72 częściowo. Stosowano trzy metody: mokrą ciężką, metodą BSO oraz suchą lekką. Głównym materiałem termoizolacyjnym był styropian Tylko w budynkach 9 piętrowych, powyżej 25 m, z uwagi na wymogi przeciwpożarowe zastosowano wełnę mineralną. Dwa z nich ocieplono metodą lekką suchą, stosując wełnę mineralną i siding PCV. Przeważającą metodą dociepleń była metoda bezspoinowa tzw. BSO. Stosowano różne systemy: Dryvit, ISPO, Atlas, Baumit, Risomur i Kreisel. Prace termomodernizacyjne przebiegały najczęściej w kilku etapach. Na ściany zewnętrzne stosowano styropian o grubości 4 cm, 5 cm, 8 cm oraz 10 cm. Wszystkie stropodachy budynków są docieplone wełną mineralną grubości 15 cm. Natomiast spółdzielnia nie partycypuje w kosztach wymiany stolarki okiennej lub drzwiowej. Lokatorzy we własnym zakresie wymieniają okna i ocieplają drzwi wejściowe do lokalu.

4. ANALIZA ENERGOCHŁONNOŚCI BUDYNKÓW NALEŻĄCYCH DO SM

Wskaźnikiem zużycia energii cieplnej w budynkach jest energochłonność E.

Energochłonność rzeczywistą $E_{śr}$ (kWh/m^2a) dla 95 budynków od 1995 do 2005 r. z uwzględnieniem średniej temperatury otoczenia dla sezonu grzewczego przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2. Energochłonności rzeczywista $E_{śr}$ (kWh/m^{2}a) dla 95 budynków w latach 1995–2005
Table 2. Actual energy consumption level for buildings during the years 1995–2005

Wskaźnik zużycia ciepła	Sezon grzewczy – a				
	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00
Średnia temperatura t_e (°C)	1,8	-0,3	1,5	2,9	3,4
$E_{śr}$ (kWh/m^{2}a)	260	268,2	200,8	194,8	172,5
Wskaźnik zużycia ciepła	Sezon grzewczy – a				
	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05
Średnia temperatura t_e (°C)	4,2	4,6	1,2	2,7	3,8
$E_{śr}$ (kWh/m^{2}a)	167,1	170,8	202,0	181,5	155,4

Pięć pierwszych sezonów grzewczych świadczy, że częściowa termomodernizacja nie daje oczekiwanych rezultatów. Zmniejszenie wartości $E_{śr}$ zaznacza się w ostatnim pięcioleciu. W celu wykonania szczegółowej analizy energochłonności rzeczywistej budynków dokonano ich podziału na 8 grup, w zależności od zakresu przeprowadzonych prac termomodernizacyjnych oraz z uwzględnieniem systemu technologicznego.

Największe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynków przypada na sezon grzewczy 2002/2003. Uwidacznia się to we wszystkich grupach. Przyczyną jest niska średnia temperatura zewnętrzna sezonu grzewczego, wynosząca zaledwie 1,2 °C. Ze zdecydowanie wyższą średnią temperaturą mamy do czynienia w sezonach 2000/2001, 2001/2002 oraz 2004/2005, co wyraźnie przekłada się na niższą energochłonność budynków. Podobna temperatura sezonu 2000/2001 oraz 2004/2005 pozwala na dokonanie porównań w jakim zakresie wielkość docieplenia i modernizacji instalacji wewnętrznej c.o. ma wpływ na energochłonność budynku. (tab.3).

Tabela 3. Wartość średnia rzeczywistej energochłonności E (kWh/m^{2}a)
dla budynków w 5 sezonach grzewczych
Table 3. Average amount of actual energy consumption level during 5 heating seasons

Wyszczególnienie grup budynków	Sezon grzewczy – a					$E_{śr\ sez}$ kWh/m^{2}a
	2000/01	2001/02	20002/03	2003/04	2004/05	
t_e (°C)	4,2	4,6	1,2	2,7	3,8	
I grupa (9 budynków)	132	134	161	139	126	138,4
II grupa (20 budynków)	195	208	246	222	191	212,4
III grupa (7 budynków)	167	174	207	183	152	176,6
IV grupa (8 budynków)	129	126	142	122	109	125,6
V grupa (24 budynków)	177	187	224	201	165	190,8
VI grupa (11 budynków)	174	184	203	177	150	177,6
VII grupa (6 budynków)	186	177	217	200	175	191,0
VIII grupa (8 budynków)	177	176	216	208	175	190,4
$E_{śr\ gr}$ (kWh/m^{2}a):	167,1	170,8	202,0	181,5	155,4	

Grupę I stanowi 9 budynków poddanych całkowitej termomodernizacji. Ich średnia energochłonność na przestrzeni ostatnich pięciu lat wynosi 138,4 kWh/m^2. W większości, budynki tej grupy, zostały docieplone jeszcze przed 2000 r. Wyjątkiem są dwa budynki, których pełna modernizacja zakończyła się w 2002 roku. Po tym roku ich energochłonność spadła, nie mniej jednak tendencje spadkowe zauważalne są również w pozostałych przypadkach.

II grupę stanowią budynki wzniesione w systemie szczecińskim, częściowo zmodernizowane. Budynki tej grupy wyróżniają się bardzo wysokim zapotrzebowaniem na ciepło. Średnia energochłonność ostatnich pięciu sezonów wynosi 212,4 kWh/m^2. Przyczyna leży w rozwiązaniach materiałowych budynków wykonanych w tej technologii. Ich ściany składają się jedynie z warstwy keramzytobetonu, stąd charakteryzują się wysokim współczynnikiem przenikania ciepła. Docieplenia budynków grupy II prowadzone były od 1995 roku i dotyczyły przeważnie modernizacji ścian szczytowych. Budynki docieplane w 2001 i 2004 roku charakteryzowały się w sezonie przed modernizacją energochłonnością na poziomie 193 kWh/m^2. Po dociepleniu w porównywalnym sezonie 2004/2005 ich energochłonność spadła zaledwie do 189 kWh/m^2. Docieplenie tylko ścian szczytowych budynków wzniesionych w systemie szczecińskim ma więc niewielki wpływ na jego rzeczywistą energochłonność.

Grupę III stanowią budynki wzniesione w technologii „cegła żerańska". Ich rzeczywista średnia energochłonność na przestrzeni ostatnich pięciu sezonów grzewczych wynosi 177 kWh/m^2. Wielkość dociepleń w latach objętych badaniami obejmował stropodach oraz ściany szczytowe. Energochłonność budynków spadła ze 167 kWh/m^2 w pierwszym sezonie, do 152 kWh/m^2 w ostatnim. Zapotrzebowanie na ciepło zmalało więc o 9%.

Budynki wykonane w technologii wielki blok, stanowiące **grupę IV** charakteryzują się średnią energochłonnością z ostatnich pięciu sezonów grzewczych równą 126 kWh/m^2. W budynkach tej grupy docieplone zostały ściany szczytowe oraz przeważnie jedna ze ścian osłonowych. Energochłonność budynków spadła ze 129 kWh/m^2 w sezonie 2000/2001, do 109 kWh/m^2 w sezonie 2004/2005. Zapotrzebowanie na ciepło zmalało o 15,5%.

Grupę V stanowią budynki wzniesione w technologii wielkiej płyty osiedla Błonie. Średnia energochłonność tych budynków biorąc pod uwagę badane lata wynosi 190,8 kWh/m^2. Ściany szczytowe docieplane zostały już w latach 80. W latach 2003, 2004 docieplono stropodachy, a w niektórych budynkach również ściany frontowe. Energochłonność budynków grupy V w sezonie 2004/2005 wynosiła 165 kWh/m^2 i spadła o 7% w stosunku do sezonu 2000/2001.

Grupa VI obejmuje pozostałe budynki wzniesione w technologii uprzemysłowionej, częściowo docieplone. Średnia energochłonność pięciu ostatnich sezonów wynosi 177 kWh/m^2. Pierwsze próby docieplenia budynków tej grupy podjęto w latach 90., ocieplając ściany szczytowe. W latach 2001–2004 wykonano docieplenia stropodachów oraz pozostałych ścian szczytowych. Po tych zabiegach energochłonność bu-

dynków spadła o 14% ze 174 kWh/m^2 w pierwszym sezonie do 150 kWh/m^2 w ostatnim 2004/2005.

W grupie VII umieszczono pozostałe budynki ze zmodernizowaną instalacją grzewczą lecz niedocieplone. Ich energochłonność zmalała o 6% mimo braku jakichkolwiek działań termomodernizacyjnych w latach objętych badaniami. Na przykładzie tej grupy można stwierdzić, iż tendencja spadkowa zauważalna również w innych grupach, jest częściowo wynikiem zmiennych warunków cieplnych środowiska zewnętrznego w poszczególnych sezonach, jak również długością sezonu grzewczego.

Ostatnią, **VIII grupę**, tworzą budynki niedocieplone, w których nie wykonano modernizacji wewnętrznej instalacji grzewczej. Energochłonność tych budynków utrzymuje się na średnim poziomie 190,4 kWh/m^{2}a.

5. OCENA DZIAŁAŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH

Początkowo prace termomodernizacyjne prowadzono bez właściwej dokumentacji tj. audytów energetycznych, projektów termomodernizacyji wraz z informacją i planem bioz, ponieważ takowa nie była wymagana. Dopiero ustawa o wspieraniu działań termomodernizacyjnych z 1999r. z póź. zm. [3] a także wymóg uzyskania pozwolenia na budowę, wprowadzony w ustawie Prawo Budowlane od lipca 2003 r. [4] wraz z szeregiem rozporządzeń wykonawczych w pewnym zakresie usystematyzowały działania, aczkolwiek nadal brakuje sprecyzowania zakresu i formy projektu termomodernizacji. Stąd wcześniejsze działania termomodernizacyjne były prowadzone w sposób chaotyczny i niewłaściwy, głównie dotyczyło to rodzaju usprawnień termomodernizacyjnch, doboru grubości i rodzaju materiału termoizolacyjnego jak również efektów ekonomiczno-ekologicznych docieplenia.

W badanych 95 budynkach zapotrzebowanie na ciepło w poszczególnych sezonach grzewczych jest nadal zbyt wysokie, a wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków wynosi 155–200 kWh/m^{2}a w zależności od średnich temperatur zewnętrznych.

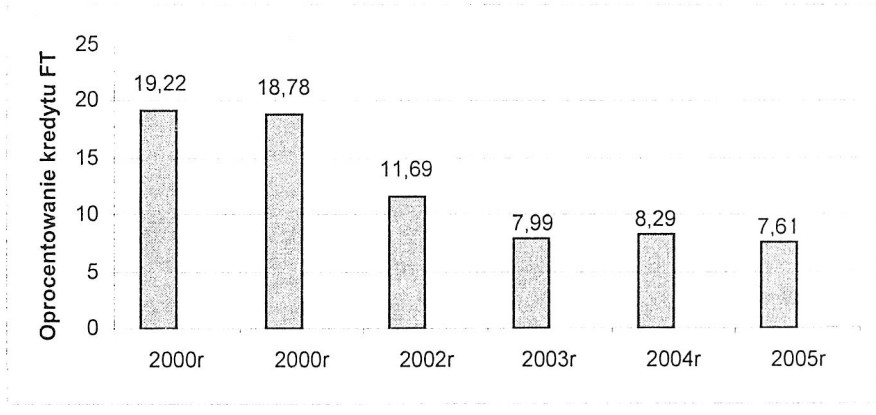
Tabela 4. Koszty remontowe SM w latach 2000–2005
Table 4. Cost of repair during the years 2000–2005

Lp.	Rok	Koszty remontów ogółem (tys.)	Koszty działań termomodernizacyjnych (tys.)	Źródła finansowania termomodernizacji
1	2000	1 400	–	–
2	2001	1 400	–	–
3	2002	2 736,8	983	fundusz remontowy
4	2003	2 705,3	1 137,8	fundusz remontowy
5	2004	3 081,4	1 010	fundusz remontowy
6	2005	4 000	2 600	fundusz remontowy

Natomiast energochłonność rzeczywista w poszczególnych grupach budynków zmniejszyła się, co jednoznacznie wskazuje na celowość kompleksowych działań termomodernizacyjnych. Wyraźne oszczędności zużycia energii cieplnej zaznaczają się w IV i I grupie budynków.

Zarząd spółdzielni przeznacza dużą część własnego funduszu remontowego na działania zmierzające do poprawy funkcjonalności budynków, w tym do ograniczenia zużycia energii (tab. 4).

Do tej pory SM nie skorzystała ani z premii termomodernizacyjnej w ramach Funduszu Termomodernizacyjnego ani z funduszy europejskich. Idea pomocy państwa w ramach zabiegów termomodernizacyjnych ma odzwierciedlenie w realnych działaniach. Koszt kredytu w Polsce jest relatywnie wyższy niż w krajach UE, podczas gdy ceny energii są niższe. Od 2003 r. zaznacza się jednak wyraźną poprawę klimatu kredytowego w ramach Funduszu Termomodernizacyjnego (rys. 1 według danych BGK).



Rys. 1. Wartość średnia oprocentowania kredytów w bankach w ramach Funduszu Termomodernizacji
Fig. 1. Average value of credit charge in banks as a part of Termomodernisation Fund

6. WNIOSKI

1. Straty energetyczne w budynkach, spowodowane niewłaściwym podejściem, polegającym na braku kompleksowej termomodernizacji, obejmującej usprawnienia w strukturze budowlanej, w systemie ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji, oświetlenia a także w instalacjach ciepłej wody użytkowej nadal są znaczne. Zapotrzebowanie na energię cieplną w Polsce wyraźnie spada. Mimo to, w Polsce, zużywa się ponad dwukrotnie więcej energii na ogrzewanie mieszkań, niż w krajach Europy Zachodniej o podobnym klimacie, gdzie wartość współczynnika E spada poniżej 80–100 kWh/m^{2}a.

2. Sytuacja dotycząca standardów energetycznych ulegnie zmianie po wejściu w życie Dyrektywy Unii Europejskiej 2002/91/WE w sprawie jakości energetycznej budynków, która przewiduje szereg nowych wymagań, spełniających określone kryteria społeczne, ekologiczne i ekonomiczne. Najważniejsze z nich to system certyfikacji energetycznej budynków i zasady kontroli źródeł ciepła oraz systemów klimatyzacji.

3. Nie każde przedsięwzięcie energooszczędne można uznać za pożądane, stąd nieodzowna jest ocena opłacalności ekonomicznej i ekologicznej dla każdego budynku.

4. W warunkach dynamicznego rozwoju techniczno-ekonomicznego, problemem zasadniczym jest pozyskanie odpowiednich informacji o istniejących możliwościach technicznych, proceduralnych i finansowych działań termomodernizacyjnych.

LITERATURA

[1] POGORZELSKI J., *Bariery oszczędności energii w budynkach.* Materiały Budowlane 1/2006, s. 3–8.

[2] Praca zbiorowa pod red. J. Norwisza (2004): *Termomodernizacja budynków dla poprawy jakości środowiska.* Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii S.A., Warszawa.

[3] *Ustawa o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych* z dn. 18 grudnia 1998 r. (Dz.U. 1998.162.1121, zm. z dn. 21 czerwca 2001 r. – Dz.U.2001.76. 808).

[4] *Ustawa Prawo Budowlane* j.t. Dz.U. 2003.207.2016 z póź. zm.

AN EVALUATION OF MODERNISING THERMAL INVESTMENTS IN SOME DWELLING-HOUSES IN BYDGOSZCZ

The objective of the study were dwelling resurces of a housing cooperative in Bydgoszcz. A group of 95 dwelling-houses was clasified according to the year of construction and heating energy consumption over ten years. The range and kind of modernising thermal investments were described and moreover, the way of their application was analysed with an attention given to legal and technical regulations as well as financing resources. An evaluation of the usability of additional insulation systems applied in the past years as seen from the perspective of modern energetic requirements in power for buildings has been done, too.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

kruszywo z recyklingu, odpady budowlane,
beton zwykły, wytrzymałość na ściskanie betonu

Dorota MAŁASZKIEWICZ*
Edyta PAWLUCZUK*

WPŁYW KRUSZYWA Z RECYKLINGU NA WYBRANE CECHY TECHNICZNE BETONU

Kruszywo uzyskane z kruszenia wielkogabarytowego gruzu betonowego, zamiast składowania na wysypiskach, może być zużyte na potrzeby budowlane. Zagospodarowaniu tych odpadów jest uzasadnione zarówno ze względów ekonomicznych – koszty transportu, składowania, zakupu nowego kruszywa, jak i ze względów ekologicznych – kurczenie się nieodnawialnych źródeł kruszywa naturalnego. W prezentowanych badaniach do wykonania betonu konstrukcyjnego zastosowano gruz frakcji 2/4, 4/8 oraz 8/16 uzyskany z kruszenia betonowych próbek laboratoryjnych zawierających wysokiej jakości kruszywo bazaltowe. Możliwe było uzyskanie betonu klasy C 25/30 z grubym (2/16) kruszywem odpadowym, przy zawartości cementu 425 kg/m^3. Nasiąkliwość betonu z kruszywem z recyklingu była wyższa w porównaniu do nasiąkliwości betonu kontrolnego, ale pozostawała poniżej limitu przyjmowanego dla betonów nie narażonych na działanie warunków atmosferycznych. Zastosowanie superplastyfikatora pozwoliło zredukować ilość wody zarobowej i poprawić parametry techniczne betonu z kruszywem z recyklingu.

1. WSTĘP

Działalność człowieka charakteryzuje się wytwarzaniem coraz większej ilości odpadów – zarówno komunalnych, jak i budowlanych. Szacuje się, że rocznie w Polsce na wysypiskach składowanych jest około 3,5 miliona ton odpadów budowlanych. Nieznana jest masa odpadów trafiających na tzw. dzikie wysypiska. Odpady budowlane pochodzą głównie z remontów oraz rozbiórek starych konstrukcji nie nadających się do dalszej eksploatacji, mogą również powstawać przy budowie nowych obiektów.

Pojawia się więc problem recyklingu gruzu powstałego ze starych konstrukcji betonowych i żelbetowych. Przerabianie go na kruszywo jest celowe zarówno ze względu na rosnące koszty transportu i składowania odpadów budowlanych, jak i ze względ-

* Politechnika Białostocka Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

du na ochronę środowiska poprzez zmniejszenie eksploatacji źródeł naturalnego surowca skalnego. Kwestie ekonomiczne i ekologiczne odgrywają w tym procesie znaczącą rolę. Problem utylizacji odpadów betonowych jest istotny również z tego względu, że zasoby kruszyw naturalnych nie są odnawialne.

Można wyróżnić dwa sposoby wykorzystania odpadów pochodzących ze starych konstrukcji betonowych:

- zastosowanie go jako wtórnego kruszywa do betonu zwykłego; ten sposób utylizacji wymaga przeprowadzenia badań w celu opracowania odpowiedniej technologii, która zapewniłaby produkcję betonu wysokiej jakości,
- zastosowanie gruzu w budownictwie drogowym; w Japonii [4] około dwie trzecie odpadów betonowych z rozbiórki jest ponownie wykorzystana przy budowie dróg.

Najlepszym rozwiązaniem problemu utylizacji odpadów betonowych jest kruszenie wielkogabarytowego gruzu z separacją złomu stalowego. Uzyskane kruszywo, zamiast składowania na wysypisku, może być zużyte na potrzeby budowlane. Dzięki zagospodarowaniu odpadów (przeróbka gruzu, sprzedaż produktu) firmy rozbiórkowe zyskują możliwość obniżenia kosztów rozbiórek, eliminując koszty wywozu i składowania odpadów.

W ostatnich latach problem utylizacji materiału rozbiórkowego zaczyna cieszyć się zainteresowaniem w Polsce [1, 2, 5, 11, 13]. Norma PN-EN 12620 wprowadza pojęcie kruszywa z recyklingu oraz definiuje je jako *kruszywo powstałe w wyniku przeróbki nieorganicznego materiału zastosowanego uprzednio w budownictwie*. W związku z tym klasyfikacje oraz metody badawcze odnoszące się do kruszyw naturalnych można zastosować również w stosunku do kruszywa z recyklingu.

Jakość kruszywa wtórnego zależy przede wszystkim od klasy betonu, z którego zostało ono pozyskane oraz od ilości zaprawy pozostałej na ziarnach. Do produkcji mieszanki betonowej można jako kruszywa grube zastosować wyłącznie kruszywo wtórne albo jego mieszankę z kruszywem naturalnym w różnych proporcjach. W większości przypadków wtórne kruszywo jest mieszane z kruszywem naturalnym w stosunku 1:1. Jako kruszywo drobne zaleca się stosować wyłącznie kruszywa naturalne, ze względu na wysoką zawartość pyłów w najdrobniejszej frakcji i znaczną niestabilność właściwości. Do projektowania składu betonu z kruszywem wtórnym można stosować te same metody, co do betonu z kruszywem naturalnym, zaleca się jednak metody doświadczalne. Liczne badania potwierdzają przydatność kruszywa z recyklingu zarówno przekruszonego w warunkach laboratoryjnych, jak i pochodzącego z przeróbki przemysłowej, do produkcji dobrej jakości betonu [7, 8, 9, 10, 12].

Beton wykonany z kruszywa z recyklingu w porównaniu do betonu na kruszywie naturalnym posiada [3]:

- mniejszą wytrzymałość na ściskanie (10–30%),
- mniejszy moduł sprężystości (o ok. 10%),
- większy skurcz (o ok. 50%).

2. MATERIAŁY I PLAN BADAŃ

Do wykonania betonu jako spoiwo zastosowano cement CEM I 32,5 R odpowiadający wymogom normy PN-EN 19701. Frakcję drobną kruszywa 0/2 mm stanowił piasek rzeczny.

Kruszywo z recyklingu otrzymano poprzez przekruszenie betonowych próbek laboratoryjnych, tak wiec dysponowano materiałem bez zanieczyszczeń. Beton był wykonany z cementu portlandzkiego, bez dodatków i domieszek chemicznych. Kruszywem grubym zastosowanym w betonie wyjściowym było wysokiej jakości kruszywo bazaltowe. Próbki betonowe były wstępnie kruszone w prasie hydraulicznej i przesiane na sicie 16 mm. Pozostałości na sicie były jeszcze raz kruszone, tym razem w cylindrze, który był umieszczany w prasie. Tak uzyskane kruszywo było przesiewane przez sita o oczkach 16 mm, 8 mm, 4 mm i 2 mm w celu uzyskania trzech podstawowych frakcji: 2/4 mm, 4/8 mm i 8/16 mm. Zamiennikiem kruszywa wtórnego w niektórych składach betonu był żwir o frakcjach 2/4, 4/8 i 8/16 pochodzący ze żwirowni w Kundzinie k. Sokółki.

W prezentowanych badaniach przygotowano 5 serii próbek. Składy mieszanek betonowych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład mieszanek betonowych na 1 m^3
Table 1. Concrete mixture composition for 1 m^3

Seria	Cement kg	Woda dm^3	W/C	Piasek kg	Żwir, kg			Kruszywo wtórne, kg			SP dm^3
					2/4	4/8	8/16	2/4	4/8	8/16	
B0	425	170,2	0,40	560,9	187,0	373,9	747,9	–	–	–	–
B1	425	195,5	0,46	536,6	–	–	–	178,9	357,7	715,5	–
B2	425	181,9	0,43	547,5	91,3	182,5	365,0	91,3	182,5	365,5	–
B3	425	170,2	0,40	536,6	–	–	–	178,9	357,7	715,5	6,38
B4	425	170,2	0,40	547,5	91,3	182,5	365,0	91,3	182,5	365,5	4,25

Zaprojektowano mieszanki betonowe o jednakowej konsystencji V2. Konsystencję regulowano poprzez dodanie wody (składy B1 i B2) lub poprzez zastosowanie superplastyfikatora melaminowo-formaldehydowego (składy B3 i B4). Powierzchnia kruszywa z recyklingu była szorstka i porowata ze względu na pozostałość zaprawy na ziarnach. Z tego powodu oraz ze względu na znaczną zawartość frakcji pylastych nasiąkliwość tego kruszywa jest większa od nasiąkliwości kruszywa naturalnego [6]. W efekcie ilości wody potrzebna do przygotowania mieszanki betonowej o tej samej konsystencji, jak dla mieszanki wzorcowej, musiała ulec zwiększeniu. Dodatkową potrzebną wodę, przy założeniu utrzymania jednakowej konsystencji dla poszczególnych mieszanek, określano na drodze doświadczalnej.

Badanie wytrzymałości betonu na ściskanie przeprowadzono zgodnie z procedurą opisaną w normie PN-EN 12390-3 „Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ści-

skanie próbek do badania", a badanie wytrzymałości na zginanie wg PN-EN 12390-5 „Badania betonu. Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badania". Nowa norma PN-EN 206-1 nie określa metody badania nasiąkliwości betonu, z tego względu badania wykonano wg normy PN-88/B-06250 „Beton zwykły".

3. WYNIKI BADAŃ

Wytrzymałość na ściskanie była badana po 7, 28 i 60 dniach twardnienia betonu, wytrzymałość na zginanie po 28 dniach. Wyniki badań przeprowadzonych na mieszankach betonowych i betonie zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Właściwości techniczne mieszanek betonowych i betonów
Table 2. Performance parameters of concrete mixture and hardened concrete

Właściwość	Wyniki badań				
	B0	B1	B2	B3	B4
Wskaźnik W/C	0,40	0,46	0,43	0,40	0,40
Konsystencja Vebe, s	11	11	13	12	11
Gęstość pozorna, kg/dm^3	2,46	2,43	2,45	2,46	2,48
Wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach, MPa	39,8	38,7	34,8	48,1	44,3
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, MPa	46,3	40,0	40,2	53,0	50,0
Wytrzymałość na ściskanie po 60 dniach, MPa	50,3	43,6	41,8	55,0	52,3
Wytrzymałość na zginanie, MPa	3,8	4,6	4,2	5,5	5,1
Klasa betonu według PN-EN 206-1	C 30/37	C 25/30	C 25/30	C 35/45	C 35/45
Nasiąkliwość, %	4,51	5,81	4,79	4,82	4,59

Wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie i nasiąkliwość betonu wykonanego z kruszywem grubym z recyklingu frakcji 2/16 porównano z parametrami osiągniętymi przez beton wzorcowy (B0). Umiarkowana zawartość cementu (425 kg/m^3) pozwoliła otrzymać beton z kruszywem z recyklingu o wytrzymałości ok. 40 MPa, co odpowiada klasie betonu C 25/30. Uzyskanie tak dobrych wyników było możliwe z powodu zastosowania kruszywa odpadowego pochodzącego z betonu bez zanieczyszczeń, wykonanego z wysokiej jakości kruszywa bazaltowego. W betonie kontrolnym jako kruszywo grube zastosowano naturalny żwir. Skutkiem takiego składu betonów wytrzymałość na zginanie betonu recyklingowego jest wyższa. Dodanie superplastyfikatora w celu zmniejszenia stosunku W/C w betonie z kruszywem odpadowym pozwoliło nawet uzyskać beton o lepszych parametrach wytrzymałościowych.

Nasiąkliwość betonu recyklingowego jest wyższa niż nasiąkliwość betonu kontrolnego, pozostaje jednak poniżej wartości przyjmowanych za dopuszczalne dla betonu pracującego w warunkach osłoniętych przed wpływami atmosferycznymi.

4. WNIOSKI

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala sformułować następujące wnioski.

- Kruszywo z recyklingu wytworzone w warunkach laboratoryjnych może być stosowane do betonu konstrukcyjnego.
- Ze względu na większą nasiąkliwość kruszywa z recyklingu i jego znaczną szorstkość powierzchni, w celu uzyskania mieszanki betonowej o takiej samej konsystencji, jak w przypadku betonu kontrolnego, należało zwiększyć ilość wody w recepturze.
- Możliwe było uzyskanie betonu klasy C 25/30 z grubym (2/16) kruszywem odpadowym pochodzącym z betonu bazaltowego, przy zawartości cementu 425 kg/m^3.
- Nasiąkliwość betonu z kruszywem z recyklingu jest wyższa w porównaniu do nasiąkliwości betonu kontrolnego, ale pozostaje poniżej limitu przyjmowanego dla betonów nie narażonych na działanie warunków atmosferycznych.
- Zastosowanie superplastyfikatora pozwala zredukować wodę zarobową i poprawić parametry techniczne betonu z kruszywem z recyklingu.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego S/IIB/1/06 i S/IIB/1/05.

LITERATURA

[1] AJDUKIEWICZ A., KLISZCZEWICZ A., *Cechy wytrzymałościowe betonu konstrukcyjnego z kruszywem wtórnym,* [w:] XLI Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Kraków–Krynica, 1995.

[2] AJDUKIEWICZ A., KLISZCZEWICZ A.., *Badania belek żelbetowych z betonów na kruszywach wtórnych,*. [w:] XLVII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Krynica 2001, 11–18.

[3] GRODZICKA A., SIEMASZKO-LOTKOWSKA D., WOLSKA-KOTAŃSKA C., *Wybrane aspekty charakterystyki kruszyw pochodzących z recyklingu betonu i ich wykorzystanie,* [w:] Konferencja naukowo-techniczna „Budownictwo spełniające wymagania zrównoważonego rozwoju (sustainable construction)", ITB, Mrągowo, 2002, 141–151.

[4] KAWANO H., *Outline of SIN/TR on Recycled Concrete using Recycled Aggregate*, [w:] Proceedings of the International Workshop on Recycled Concrete. JSPS 76 Committee on Construction Materials, Japan, 2000, 43–48

[5] KOBIAŁKA R., BARAN J., *Wyburzanie obiektów budowlanych,* W: Recykling 2/2006.

[6] MAŁASZKIEWICZ D., *Experimental Study on the Quality of Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete,* [w:] Proceedings of 8th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, Vilnius, May 2004.

[7] RASHWAN M.S., ABOURISZK S., *The Properties of Recycled Concrete*, [w:] Concrete International, Vol. 19, No. 7, 1997, 56–60.

[8] SAGOE-CRENTSIL K.K., BROWN. T., TAYLOR A.H., *Performance of Concrete Made with Commercially Produced Coarse Recycled Concrete Aggregat,e* [w:] Cement and Concrete Research, Vol. 31, No. 5, 2001, 707–712.

[9] SALEM R.M., BURDETTE E.G., JACKSON N.M., *Resistance to Freezing and Thawing of Recycled Aggregate Concrete*, [w:] ACI Materials Journal, Vol. 100, No. 3, May–June 2003, 216–221.

[10] SALEM R.M., BURDETTE E.G., JACKSON N.M., *Interrelationship pf Physical Properties of Concrete Made with Recycled Aggregates*, [w:] The Transportation Research Board 82nd Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM, January 2003.
[11] SZCZERBA J., MATUSZCZYK B., KALARUS D., *Badania kruszyw wtórnych z recyklingu betonów*. [w:] XVII Konferencja Naukowo-Techniczna „Beton I Prefabrykacja", Jadwisin, 2000.
[12] TAVAKOLO M., SOROUSHIAN P. *Strength of Recycled Aggregate Concrete Made Using Field Demolished Concrete as Aggregate*, [w:] ACI Materials Journal,. Vol. 93, No. 2, March–April 1996, 182–190.
[13] ZIELIŃSKI K., *Możliwości zastosowania gruzu budowlanego do produkcji betonów cementowych*, [w:] Recykling 10/2003.

INFLUENCE OF RECYCLED AGGREGATE UPON SELECTED TECHNICAL PROPERTIES OF CONCRETE

Recycled aggregate concrete (RAC) obtained from crushed concrete rubble, instead of being stored on a waste dump, can be reused in building industry. Waste management is justified because of economical reasons – costs of transportations, storage and buying a new aggregate, and ecological reasons (decrease of natural resources of a natural aggregate) as well. The paper reports experimental results of selected performance features of RAC. Recycled aggregate (2/4, 4/8 and 8/16 mm) was obtained from laboratory specimens made from basalt concrete. It was possible to produce RAC of class C 25/30 at cement content equal 425 kg/m^3. RAC water absorption was higher compared to natural aggregate concrete (NAC) due to rough surface texture of the recycled aggregate and remains of mortar. However it was within the limit accepted for concrete not exposed to atmospheric influence. Application of superplasticizer allows reduction of mixing water and improves RAC technical features.

Nr 87 Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

beton, guma, recykling

Piotr RADZISZEWSKI*
Ewa OŁDAKOWSKA*

WYKORZYSTANIE ROZDROBNIONYCH ODPADÓW GUMOWYCH DO MODYFIKACJI BETONÓW CEMENTOWYCH

Wyeksploatowane opony samochodowe stanowią ogromny problem ekologiczny i ekonomiczny w skali światowej. Duże zainteresowanie wzbudza możliwość wykorzystania tego materiału odpadowego do modyfikacji betonu cementowego, chudego betonu i stabilizacji gruntu cementem. Dzięki temu otrzymujemy wartościowy materiał przeznaczony do wielu zastosowań w budownictwie ogólnym i drogowym.

W artykule przedstawiono wyniki wstępnych badań eksperymentalnych przeprowadzonych dla oceny skutków dodania do betonu różnej ilości miału i granulatu gumowego, pochodzącego ze zużytych opon samochodowych. Rozdrobniona guma użyta jako drobne lub grube kruszywo poprawia niektóre właściwości betonu w stosunku do betonu wyjściowego.

1. WSTĘP

Każdego roku w Polsce powstają do zagospodarowania odpady w postaci tysięcy zużytych opon samochodowych, z których jedynie niewielką ilość wykorzystuje się w ramach recyklingu materiałowego. Pozostała ogromna masa materiału odpadowego, ze względu na brak zorganizowanego systemu zbiórki i składowania, wyrzucana jest na wysypiska legalne i dzikie bądź spalana.

Akcesja Polski do Unii Europejskiej zobowiązuje do przestrzegania unijnych dyrektyw między innymi tych związanych z ochroną środowiska naturalnego człowieka. Dyrektywa Landfill 1999/31/EC wprowadza zakaz składowania całych zużytych opon samochodowych od 1 lipca 2003 roku, a od 1 lipca 2006 roku również opon rozdrobnionych. Zobowiązuje ona ponadto kraje członkowskie do stworzenia warunków umożliwiających realizację tego zamierzenia.

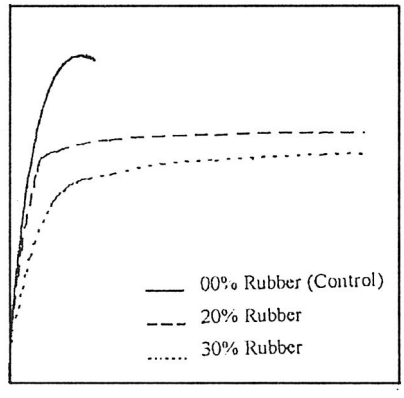
* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

Według autorów jednym ze sposobów utylizacji uciążliwych odpadów jest zastosowanie rozdrobnionej gumy do produkcji betonów cementowych, zaś w budownictwie drogowym do wykonywania podbudów z chudego betonu oraz podbudów z gruntów stabilizowanych cementem. Podbudowy te, ze względu na zjawiska skurczowe, przyczyniają się do powstawania spękań odbitych, których wyeliminowanie w remontach dróg jest bardzo trudne, a nawet często niemożliwe. Wydaję się, że dodatek rozdrobnionych odpadów gumowych może polepszyć pożądane właściwości powyższych materiałów.

Autorzy artykułu rozpoczęli badania eksperymentalne nad sposobem oraz skutkami modyfikacji betonów dodatkiem miału i granulatu gumowego, pochodzącego ze zużytych opon samochodowych i przedstawili wstępne wyniki badań. Celem tych badań było określenie stopnia spadku wytrzymałości betonu wskutek dodania do niego rozdrobnionych odpadów gumowych.

2. BETON CEMENTOWY MODYFIKOWANY ODPADAMI GUMOWYMI ZE ZUŻYTYCH OPON SAMOCHODOWYCH

Zastosowanie rozdrobnionych odpadów gumowych do produkcji betonu wprowadza elastyczny materiał do materiału sztywnego. Beton ulega zniszczeniu w sposób „katastrofalny", bowiem przenosi obciążenia do momentu, gdy są one niższe od wytrzymałości na ściskanie. Jeśli obciążenia przekroczą tę wytrzymałość, beton staje się kruchy, pęka i nie jest w stanie przenieść żadnych obciążeń. Wprowadzenie gumy do betonu może wpłynąć korzystnie na poprawę elastyczności. Taki beton nie niszczy się w sposób nagły. Gdy obciążenia osiągają wytrzymałość betonu, pojawiają się wstępne uszkodzenia, ale beton z dodatkiem gumy nadal może przenosić obciążenia (rys. 1).



Rys. 1. Wykres naprężenia – odkształcenia
Fig. 1. Averaged Stress – Strain Graph

3. MATERIAŁY I PRÓBKI ZASTOSOWANE DO BADAŃ

3.1. CEMENT

Do wykonania próbek betonowych zastosowano cement portlandzki CEM I 32.5.

3.2. KRUSZYWO

Do wykonania próbek użyto mieszaniny piasku rzecznego i kruszywa grubego naturalnego o uziarnieniu do 8 mm. Udział procentowy poszczególnych frakcji kruszywa przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Udział procentowy poszczególnych frakcji kruszywa
Table 1. Percentage fraction of particular aggregate parts

Frakcja [mm]	Zawartość frakcji [%]	Suma frakcji [%]
0–0,125	0,576	0,576
0,125–0,25	4,528	5,104
0,25–0,50	17,200	22,304
0,50–1,00	11,936	34,240
1,00–2,00	5,104	39,344
2,00–4,00	30,656	70,00
4,00–8,00	30,000	100,00

3.3. GUMA

Mechanicznie rozdrobnione opony samochodowe w postaci miału gumowego (wielkość cząstek: 0,2–1,00 mm) oraz granulatu (wielkość cząstek: 1,0–10,0 mm) wyprodukowane w Krośnie Odrzańskim.

3.4. RECEPTURA BETONÓW

Badania własne wykonano na próbkach betonów drobnoziarnistych. Zachowano jednakową plastyczną konsystencję mieszanek betonowych. Miał i granulat gumowy wprowadzano do zarobu poprzez zmniejszanie zawartości kruszywa, uwzględniając objętość zamienianych materiałów. Przygotowano różne serie mieszanek betonowych. Mieszanki betonowe zawierające wyłącznie kruszywo naturalne oznaczono symbolem B, betony zawierające miał gumowy oznaczono symbolem B1, natomiast granulat gumowy symbolem B2. Zachowano stałą zawartość cementu w mieszankach oraz skład granulometryczny kruszywa. Receptury stosowanych mieszanek betonowych podano w tabeli 2.

Tabela 2. Skład mieszanek betonowych
Table 2. Concrete mix composition

Wyszczególnienie	Mieszanka betonowa						
	B0	B1/10%	B1/20%	B1/30%	B2/10%	B2/20%	B2/30%
Cement [kg/m^3]	300	300	300	300	300	300	300
Piasek 0–2 mm [kg/m^3]	798	718	638	558	798	798	798
Piasek 0–2 mm [kg/m^3] zastąpiony miałem gumowym 0–2 mm (objętościowo)	-	80	160	240	-	-	-
Żwir 2–4 mm [kg/m^3]	599	599	599	599	539	479	419
Żwir 2–4 mm [kg/m^3] zastąpiony granulatem gumowym 2–4 mm (objętościowo)	-	-	-	-	60	120	180
Żwir 4–8 mm [kg/m^3]	599	599	599	599	599	599	599
Woda [kg/m^3]	150	150	150	150	150	150	150
Stosunek W/C	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

4. METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Badanie właściwości betonu z rozdrobnionymi odpadami gumowymi przeprowadzono porównując ten beton z betonem zawierającym naturalne kruszywo piaskowo – żwirowe. Badanie przeprowadzono w zakresie jednej z podstawowych cech, a mianowicie wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach dojrzewania. Badań tych dokonano na próbkach sześciennych o wymiarach 100×100×100 mm przy pomocy legalizowanej prasy hydraulicznej trójzakresowej o regulowanej szybkości narastania naprężenia. Próbki umieszczono w specjalnej wkładce zapewniającej nacisk o powierzchni 10 000 mm^2. Zakres pomiarowy siłomierza prasy wytrzymałościowej dobrano tak, aby największa siła potrzebna do zniszczenia próbki nie przekraczała 70% pełnego zakresu obciążeń. Szybkość przyrostu naprężenia wynosiła 0,5 ± 0,1 MPa/s. Wyniki badań (po uwzględnieniu współczynnika przeliczeniowego ze względu na wymiary próbek) przedstawiono w tabeli 3.

Z tabeli 3 wynika, że przeprowadzone badanie dla betonów modyfikowanych rozdrobnionymi odpadami gumowymi ze zużytych opon samochodowych daje wyniki nie gorsze jak betonu porównawczego (z naturalnym kruszywem piaskowo-żwirowym), a w przypadku betonu modyfikowanego dodatkiem 10% miału gumowego nawet lepsze. Dodatek 20% i 30% miału gumowego nieznacznie obniża wytrzymałość betonu na ściskanie. Modyfikacja betonu 10%, 20% i 30% granulatu gumowego powoduje obniżenie wytrzymałości na ściskanie w każdym przypadku. Są to obiecujące wyniki

biorąc po uwagę właściwości wytrzymałościowe, a otrzymany modyfikowany materiał ma inne polepszone właściwości, które będzie można wykorzystać w szczególnych zastosowaniach. Kolejne etapy badań pozwolą na przedstawienie dalszych wyników badań.

Tabela 3. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie f_{c28} [MPa] po 28 dniach dojrzewania
Table 3. Crushing strength f_{c28} tests [MPa] after 28 days of curing

Wyszczególnienie	Beton						
	B0	B1/10%	B1/20%	B1/30%	B2/10%	B2/20%	B2/30%
	C 25/30	C 25/30	C 25/30	C 20/25	C 16/20	C 25/30	C 20/25
1	34,7	32,7	33,5	28,1	22,5	28,6	32,4
2	29,9	39,0	35,1	27,4	18,5	31,0	28,9
3	38,0	38,3	31,2	26,2	27,8	35,3	22,0
$f cm$ [MPa]	34,2	36,7	33,3	27,2	22,9	31,7	27,8

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badanie potwierdziło przydatność do produkcji betonu zwykłego rozdrobnionych odpadów gumowych.

Badane betony z rozdrobnionymi odpadami gumowymi, przy umiarkowanej zawartości 300 kg/m^3 cementu portlandzkiego CEM I 32,5 w betonie wykazały wysokie wytrzymałości nieznacznie odbiegające od betonu porównawczego.

Otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że rozdrobnione odpady gumowe pochodzące ze zużytych opon samochodowych mogą stanowić częściowy substytut naturalnego kruszywa w produkcji betonu zwykłego i prefabrykatów betonowych.

Pracę wykonano w ramach projektów badawczych: S/IIB/1/05 i W/IIB/8/05.

LITERATURA

[1] CZARNECKI L. praca zbiorowa, *Beton według normy PN-EN 206-1*, Kraków, Polski Cement, 2004.
[2] GOULIAS D.G., ALI A.H., *Enhancement of portland cement concrete with tire rubber particles.* Proceedings of the Twelfth International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, USA, 1996.
[3] HORODECKA R., KALABIŃSKA M., PIŁAT J., RADZISZEWSKI P., SYBILSKI D., *Wykorzystanie zużytych opon samochodowych w budownictwie drogowym.*, Warszawa, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, 2002.
[4] KALABIŃSKA M., PIŁAT J., RADZISZEWSKI P., *Technologia materiałów i nawierzchni drogowych.*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

[5] *Norma PN-EN 206-1.*
[6] TANTALA M.W., LEPORE J.A., ZANDI I., *Quasi-elastic behavior of rubber included concrete (RIC) using waste rubber tires,* Proceedings of the Twelfth International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, USA, 1996.

UTILIZATION OF FRAGMENTED RUBBER WASTE FOR CEMENT CONCRETE MODIFICATION

Exploited vehicle tires are a great ecological end economic problem for the whole world. There is great interest in utilization of this waste material for cement and lean concrete modification and also for cement ground stabilizing. It gives us valuable material, designed for many uses in civil and road building industry.

The article presents the results of preliminary experimental research, made for evaluation of adding to concrete various amounts of rubber fines and granulate, made from exploited vehicle tires. Fragmented rubber used as a fine or coarse aggregate improves some concrete properties in relation with initial concrete.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

recykling materiałów budowlanych,
gruz budowlany, płyty azbestowo-cementowe

Mariusz REJMENT*
Marek SAWICKI*

SPOSOBY RECYKLINGU MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANE PODCZAS ROBÓT ROZBIÓRKOWYCH

W artykule opisano sposoby recyklingu gruzu budowlanego oraz płyt azbestowo-cementowych, które mogą być zastosowane bezpośrednio na placu budowy, podczas prowadzenia robót wyburzeniowych oraz rozbiórkowych. Recykling gruzu budowlanego omówiono na przykładzie dwóch inwestycji budowlanych realizowanych obecnie we Wrocławiu. W przypadku płyt azbestowo-cementowych omówiono sposoby recyklingu stosowane obecnie eksperymentalnie w USA oraz w Polsce. W obu przypadkach opisano sposób recyklingu, podano możliwości wykorzystania odzyskanych materiałów oraz opisano zastosowane do recyklingu maszyny i urządzenia. Przedstawiono również zalety wynikające z recyklingu materiałów budowlanych przeprowadzanego bezpośrednio w miejscu prowadzenia robót wyburzeniowych/rozbiórkowych.

1. WPROWADZENIE

Ustawa Sejmu RP o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. [6] oraz obowiązujące obecnie w Polsce dyrektywy Unii Europejskiej nakładają na wytwórcę odpadów m.in. obowiązek odzysku lub unieszkodliwiania odpadów w miejscu ich powstania lub przekazania odpadów innym podmiotom. Do odpadów zalicza się również produkty powstałe w wyniku wyburzania/rozbiórki obiektów budowlanych, tj. odpady budowlane. Obecnie ilość wytwarzanych odpadów budowlanych w Polsce szacuje się na około 3÷4 mln. ton rocznie, a poziom ich przetwarzania wynosi jedynie około 3÷5% i jest prawie 10-krotnie niższy niż w Europie Zachodniej [1, 2, 4]. Większość odpadów budowlanych jest bowiem, natychmiast po ich demontażu na placu rozbiórkowym, wywożona na dzikie wysypiska lub na legalne składowiska odpadów, na których są poddawane recyklingowi albo tylko składowane. Rzadko natomiast odpady budowlane poddawane są segregowaniu i recyklingowi w miejscu ich powstania. Od

* Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, pl. Grunwaldzki 11, 50-377 Wrocław

kilu lat podejmowane są jednak działania mające na celu segregację i recykling odpadów budowlanych (głównie gruzu budowlanego) bezpośrednio w miejscu ich powstania, tj. wyburzania/rozbiórki obiektów budowlanych. Ponieważ gruz budowlany składa się z takich materiałów mineralnych jak: piasek, żwir, grys skalny to materiały te należy powtórnie wykorzystać. Mogą one posłużyć jako podbudowa na gruncie ziemnym (o ile nie są zanieczyszczone materiałami szkodliwymi dla środowiska i zdrowia ludzi) pod drogi, place składowe, parkingi albo powtórnie wykorzystane jako wypełniacze w betonach i zaprawach budowlanych dla nowych obiektów budowlanych. Powyższe działania powodują obniżenie kosztów inwestycji budowlanych oraz sprzyjają ochronie środowiska naturalnego człowieka.

2. RECYKLING GRUZU BUDOWLANEGO

Gruz budowlany stanowi poważny problem przy rozbiórkach obiektów budowlanych (szczególnie takich, które znajdują się w dużych miastach). Szacuje się bowiem, że w miastach odpady budowlane w postaci gruzu budowlanego stanowią nawet do 20% wszystkich odpadów komunalnych [1, 2, 4]. Spowodowane jest to po części faktem, że obecnie znaczna część inwestycji budowlanych prowadzonych jest na gęsto zabudowanych parcelach w centrach miast, na których zachodzi konieczność rozbiórki znacznej liczby istniejących budynków, dróg wewnętrznych, placów postojowych, itp.

Sytuacja taka miała ostatnio miejsce we Wrocławiu. Dwie działki budowlane o pow. odpowiednio 2,1 ha oraz 1,6 ha[1], usytuowane w centrum miasta, przeznaczono na zabudowę pod duże centra handlowe. Na każdej z działek znajdowało się po kilka budynków (warsztaty naprawcze, magazyny). Były to budynki jednokondygnacyjne, niepodpiwniczone, o konstrukcji mieszanej (tj. ściany: murowane; konstrukcja dachów, ławy fundamentowe, słupy, belki podciągi – żelbetowe). Place składowe oraz drogi wewnętrzne wyłożone były betonowymi płytami drogowymi lub asfaltem. W celu realizacji nowej inwestycji budowlanej należało wyburzyć istniejące budynki oraz zdemontować płyty drogowe. Szacunkowe obliczenia wykazały, że na działkach budowlanych, po przeprowadzeniu robót wyburzeniowych, powstanie około 2,500 m^3 (na działce o pow. 2,1 ha) oraz 1,600 m^3 (na działce o powierzchni 1,6 ha) gruzu budowlanego.

Do kruszenia i segregacji, powstałego z wyburzenia gruzu budowlanego, zastosowano przewoźną stację kruszącą RoadMaster RM 907 [7] wyposażoną w kruszarkę stożkową Superior. Stacja krusząca wyposażona była również w osprzęt dodatkowy, tj.: podawacz wibracyjny, taśmociągi odbierające, przesiewacz oraz separator magnetyczny (użyty do wychwytywania zbrojenia pozostałego w gruzie rozbiórkowym).

[1] Zamieszczone dane liczbowe uzyskano od firm prowadzących roboty wyburzeniowe.

Dodatkowo zastosowano, zamocowany na wysięgniku hydraulicznym do kruszarki, młot hydrauliczny RAMMER, który służył do rozdrabniania na podawaczu oraz w komorze kruszenia kruszarki nadgabarytów gruzu budowlanego. Ze stacja kruszącą Roadmaster współpracowały dwie koparko-ładowarki, które ładowały uzyskany z wyburzenia gruz budowlany. Stacja kruszyła bryły gruzu budowlanego, a następnie dokonywała ich segregacji na m.in. frakcje: 45/80, 8/48. Frakcja 45/80 została wykorzystana na placu przyszłej budowy jako stabilizator podłoża pod tymczasową drogę dojazdową oraz parking. Dodatkowo, frakcja 45/80 została ułożona (w zastępstwie żwiru gruboziarnistego), po obwodzie parkingu, jako tymczasowe drenaże. Frakcja 8/48 została wywieziona z placu budowy i posłużyła jako wypełniacz przy betonowaniu fundamentów na innej budowie. Zastosowana do kruszenia i segregacji gruzu budowlanego przewoźna stacja krusząco-segregująca RoadMaster RM 907 była łatwa i szybka w montażu i demontażu oraz charakteryzowała się znaczną mobilnością na placu budowy. Powyższa cecha pozwoliła na szybki transport wewnętrzny stacji na placu budowy, dzięki czemu skrócono znacznie drogę transportu wewnętrznego gruzu budowlanego.

Zalety kruszenia, segregacji i recyklingu gruzu budowlanego z wyburzeń budynków na obu działkach były następujące:

– zysk ekonomiczny z przeprowadzenia segregacja na placu wyburzania (budowy) gruzu budowlanego przed wywiezieniem na składowisko. Koszt dostarczenia na składowisko odpadów posegregowanych jest bowiem dużo niższy niż odpadów niesegregowanych. Spowodowane jest to faktem, że składowiska odpadów przyjmując gruz budowlany mieszany muszą dokonać jego lub kruszenia/segregacji przed składowaniem.

– efektywniejsze wykorzystanie pojemności środków transportu. Gruz budowlany nieposegregowany wypełnia skrzynię ładunkową środka transportu jedynie w 40÷60%, natomiast posegregowany w 70÷90%.

– efektywniejsze wykorzystanie ładowności środków transportu oraz powtórne wykorzystanie gruzu budowlanego na placu budowy spowodowało znaczne zmniejszenie liczby kursów środków transportu wywożących gruz budowany. Było to bardzo istotne ponieważ wyburzanie budynków prowadzono w centrum miasta, gdzie istniało znaczne nasilenie ruchu kołowego.

– zyski dla firmy wykonawczej. Materiał (w tym przypadku kruszywo) uzyskane z recykling było tańsze od żwiru naturalnego.

– zastosowanie posegregowanego gruzu budowlanego jako materiału na istniejącym placu budowy, podbudowa pod drogi parking, fundamenty, wypełniacz do betonów, itp. Wykorzystano powtórnie około 60% gruzu budowlanego (obecnie w krajach Europy Zachodniej wykorzystuje się w ten sposób nawet do 80% gruzu budowlanego).

– korzyści pośrednie: zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego dzięki mniejszemu wypełnienie składowisk.

3. RECYKLING PŁYT AZBESTOWO-CEMENTOWYCH

Szacuje się, że w Polsce na dachach i ścianach budynków zamontowanych jest ponad 1,5 mld m^2 płyt azbestowo-cementowych [3]. Ustawa z dnia 19 czerwca 1997 r. [5] zakazuje stosowania wyrobów zawierających azbest. W budownictwie powstał zatem problem bezpiecznej eksploatacji oraz prawidłowego usuwania, transportu i składowania materiałów budowlanych zawierających azbest (tym płyt azbestowo-cementowych). Obecnie płyty a-c po demontażu są składowane na specjalnie do tego celu wyznaczonych składowiskach. Składowanie płyt a-c powoduje jednak szereg problemów organizacyjnych oraz jest bardzo kosztowne:

– w Polsce liczba i powierzchnia istniejących składowisk, przeznaczonych do składowania materiałów zawierających azbest (w tym płyt a-c), jest niewystarczająca w porównaniu do ilości materiałów budowlanych z azbestem przeznaczonych do demontażu. Powyższe ma wpływ na wysokie koszty składowania,

– tereny przylegające do składowisk staną się nieatrakcyjne do prowadzenia inwestycji (szczególnie budownictwa mieszkaniowego),

– szacuje się, że usunięcie tak dużej ilość materiałów zawierających azbest zajmie w Polsce około 30 lat,

– demontaż, pakowanie oraz transport płyt a-c, przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi przepisami, powoduje znaczny wzrost kosztów robót rozbiórkowych,

– składowanie całych płyt a-c na składowiskach jest nieefektywne ponieważ w płytach a-c ilość azbestu w stosunku do masy cementu wynosi jedynie około 12÷18%,

– należy również zdawać sobie sprawę z faktu, że azbest na składowisku to „bomba z opóźnionym zapłonem", którą pozostawiamy dla przyszłych pokoleń.

Interesującym wydają się zatem próby powtórnego wykorzystania (recyklingu) materiałów budowlanych zwierających azbest, które były dotychczas stosowane eksperymentalnie w Europie Zachodniej oraz w USA Przy czym należy tutaj wyjaśnić, że recyklingowi nie poddaje się azbestu znajdujący się w materiale budowlanym. Przepisy obowiązujące obecnie w krajach Europy Zachodniej, USA oraz w Polsce zabraniają bowiem powtórnego wykorzystywania (recyklingu) azbestu (wyroby takie mogą być jedynie składowane). Azbest w procesie recykling ulega całkowitej utylizacji, a właściwemu recyklingowi poddaje się pozostałe materiały. W USA opracowano metodę polegającą na utylizacji azbestu i odzysku wypełniacza (cementu). Do recykling płyt a-c stosuje się przewoźne małe stacje recyklingowe. Stacja dostarczana jest na plac budowy, na którym demontowane są płyt a-c. Płyty są kruszone a następnie poddawane działaniu wysokiej temperatury, w wyniku której włókna azbestu ulegają całkowitej utylizacji, a pozostały cement plus domieszki można wykorzystać jako wypełnienia do zapraw i betonów.

Ciekawym rozwiązaniem wydaje się również, zaproponowany przez polską firmę [8], uniwersalny reaktor mikrofalowy stosowany do utylizacji materiałów budowlanych zwierających azbest. Sposób działania reaktora jest następujący: płyty a-c są na wstępie

rozdrabniane i mieszane z preparatem poprawiającym absorpcję mikrofal. Tak przygotowana mieszanka umieszczana jest specjalnych pojemnikach, które wkładane są do komory wewnątrz reaktora mikrofalowego. Energia mikrofalowa w reaktorze generowana jest przez cztery generatory mikrofalowe zamontowane na ścianie bocznej metalowej cylindrycznej komory reaktora. W skutek nagrzewania mikrofalami, obrabiana termicznie mieszanina materiałów, w ciągu kilkunastu minut, osiąga temperaturę ponad 900 °C. Włókna azbestowe ulegają w tej temperaturze całkowitej destrukcji przemieniając się w strukturę bezpostaciową, obojętną dla zdrowia ludzi. Powstały materiał można zastosować jako dodatek do betonów i zapraw. Produkty uboczne recyklingu, uwalniane podczas procesu spalania do atmosfery, to para wodna oraz niewielkie ilości odparowanych zanieczyszczeń. Parametry techniczne reaktora: zasilanie reaktora 3×380V (400V), 50 Hz, masa wsadu 2–4 kg, czas grzania 10–20 min.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Należy przypuszczać, że zaprezentowane w referacie sposoby recykling materiałów budowlanych (w tym recyklingu materiałów zawierających substancje niebezpieczne) staną się w przyszłości, przy rozbiórce/wyburzaniu obiektów budowlanych, wiodącym procesem przeróbczym, a nie jedynie działaniem eksperymentalnym. Zadecydują o tym czynniki ekonomiczne oraz coraz ostrzejsze przepisy dotyczące ochrony środowiska naturalnego oraz zdrowi ludzi. Opracowanie nowych oraz udoskonalanie istniejących sposobów recyklingu materiałów budowlanych powinno stać się tematem prac badawczych dla instytucji naukowych oraz zapoczątkować ich współpracę z firmami specjalistycznymi zajmującymi się utylizacją/recyklingiem materiałów budowlanych.

LITERATURA

[1] KOZŁOWSKI M., SAWICKI M., *Gospodarka odpadami. Recykling materiałów budowlanych*, Max. Bud. Przew. Inw. 2004 nr 2 s. 24–28.

[2] KOZŁOWSKI M., SAWICKI M., *Recykling materiałów budowlanych i rozbiórkowych.* Recykling 2004 nr 11 s. 40–41.

[3] REJMENT M., *Usuwanie, składowanie i recykling elewacyjnych płyt azbestowo-cementowych*, [w:] Budownictwo polskie w rok po wstąpieniu do Unii Europejskiej. Wybrane problemy technologiczne i organizacyjne. Konferencja naukowo-techniczna. Politechnika Gdańska. Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska. Katedra Technologii i Zarządzania w Budownictwie. Gdańsk, 9–11 czerwca 2005 (materiały niepublikowane).

[4] SAWICKI M,. *Wybrane problemy recyklingu materiałów budowlanych.* [w:] Budownictwo polskie w rok po wstąpieniu do Unii Europejskiej. Wybrane problemy technologiczne i organizacyjne. Konferencja naukowo-techniczna. Politechnika Gdańska. Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska. Katedra Technologii i Zarządzania w Budownictwie. Gdańsk, 9–11 czerwca 2005 (materiały niepublikowane), s. 329–332.

[5] USTAWA z dnia 19 czerwca 1997 r. Dz.U. 1997 nr 101, poz. 628 o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest.
[6] USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r. Dz.U. 2001 nr 62, poz. 628 o odpadach (z późniejszymi zmianami).
[7] www.bh-ruda.pl
[8] www.promis-tech.pl

RECYCLING METHODS OF BUILDING MATERIALS USED ON A BUILDING SITE

The article presents the methods of recycling of building materials (crushed brick concrete and asbestos cardboards), which can be used on a building site. The recycling of crushed brick concrete was described on the examples of two building projects, which are now carried on in Wroclaw. The recycling of asbestos cardboards was described on the examples of some experimental methods used in the USA and in Poland. The authors described in details the recycling methods, recycling equipment, machines as well as the application of recycled materials in building industry. The authors also showed some advantages of the recycling methods, which are used on a building site.

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

budownictwo ekologiczne,
zdrowie człowieka, ochrona środowiska

Elżbieta ŚLIWIŃSKA*

BUDOWNICTWO EKOLOGICZNE – ZDROWY CZŁOWIEK ZDROWE ŚRODOWISKO

W referacie przedstawiono założenia budownictwa ekologicznego z punktu widzenia zdrowia człowieka i dbałości o środowisko oraz omówiono wybrane czynniki mikroklimatu wnętrz, które zależą od zastosowanych konstrukcji i materiałów budowlanych oraz wpływają na funkcjonowanie organizmu człowieka.

1. ZAŁOŻENIA BUDOWNICTWA EKOLOGICZNEGO

Pod pojęciem budownictwa ekologicznego kryje się wiele definicji. Najlepiej jednak zamiary jego twórców oddaje stwierdzenie, że budynek ekologiczny to taki, który nie szkodzi żadnemu z elementów środowiska – w tym również człowiekowi. Jest to więc budynek, który na żadnym etapie swojego istnienia nie wpływa negatywnie na środowisko naturalne a jednocześnie zapewnia mikroklimat sprzyjający zdrowiu i dobremu samopoczuciu człowieka.

Konsekwencją takiego podejścia jest dbałość o to, aby kolejne etapy powstawania domu, tj. przygotowanie miejsca pod budowę, wytwarzanie materiałów budowlanych i ich transport oraz sam proces wznoszenia budynku, nie spowodowały degradacji środowiska (zanieczyszczenia, niekorzystnych zmian w szacie roślinnej, krajobrazie itp.). Tego samego żąda się w czasie jego użytkowania oraz, gdy po zamierzonym czasie eksploatacji, budynek ulega likwidacji.

Z punktu widzenia człowieka ważne jest, aby szeroko pojęty mikroklimat budynku ekologicznego zapewniał optymalne warunki dla jego funkcjonowania. Jest rzeczą oczywistą, że organizm człowieka jest najlepiej przystosowany, a więc najlepiej funkcjonuje, w środowisku naturalnym, gdyż w takim przebiegała jego ewolucja. Wszelkie zmiany wprowadzone w tym środowisku zwykle zmuszają organizm do uruchomienia mechanizmów adaptacyjnych, które zawsze są obciąże-

* Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

niem fizjologicznym dla organizmu. Zbyt duża modyfikacja środowiska naturalnego najczęściej prowadzi do zakłóceń w przebiegu procesów fizjologicznych, a skutkiem tego jest pogorszenie samopoczucia, a w skrajnych wypadkach znaczne pogorszenie stanu zdrowia.

Do elementów mikroklimatu, które w widoczny sposób wpływają na funkcjonowanie organizmu człowieka, a na dodatek wzbudzają najwięcej kontrowersji i sprzecznych opinii, należy środowisko elektromagnetyczne oraz promieniowanie jonizujące.

2. WYBRANE ELEMENTY MIKROKLIMATU WNĘTRZ A ZDROWIE I SAMOPOCZUCIE CZŁOWIEKA

2.1. ELEKTRYCZNOŚĆ STATYCZNA. STAN JONOWY POWIETRZA

Czynniki charakteryzujące naturalne środowisko elektromagnetyczne ulegają w budynkach nieraz bardzo znacznej modyfikacji. Wynika to przede wszystkim z faktu ekranowania pola naturalnego przez budynki oraz istnienia w nich różnych dodatkowych źródeł ładunków i pól elektrycznych.

Pierwszą przyczyną tego stanu rzeczy jest zwiększona przewodność bryły budynku w stosunku do otaczającego powietrza. Budynek, z powodu zagłębienia w gruncie, zastosowanych zbrojeń czy materiałów budowlanych, zachowuje się jak klatka Faradaya. Ekranowanie naturalnego pola elektrycznego przez budynek zależy od oporności właściwej materiałów budowlanych i zwykle jest większe dla budynków wykonanych z prefabrykatów ($\rho < 10^5\Omega$) niż dla budynków drewnianych ($\rho > 10^5\Omega$). Dla budynków betonowych współczynnik ekranowania, to jest stosunek natężenia pola elektrycznego na zewnątrz budynku do natężenia pola w jego wnętrzu E_z/E_w, jest rzędu 10^8 dla pola elektrostatycznego i 10^4 dla pola wolnozmiennego [12].

Uważa się, że ekranowanie od naturalnego pola elektrycznego Ziemi jest dla człowieka niekorzystne. Skutek pierwszy – to gorsze samooczyszczanie się powietrza. Wszelkie zanieczyszczenia w środowisku pozbawionym naturalnego pola elektrostatycznego, przyciągającego jony dodatnie w kierunku podłoża, będą się znacznie dłużej w powietrzu utrzymywać, drażniąc nasz układ oddechowy. Skutek drugi jest związany z ekranowaniem od wolnozmiennego pola o częstotliwości około 8 Hz, uważanego za regulator biorytmów człowieka [3]. Ponadto, niektórzy badacze uważają, że ekranowanie od pola naturalnego istotnie wpływa na pogorszenie sprawności umysłowej.

Najprostszym sposobem, zapobiegającym zmniejszaniu naturalnego pola elektrycznego, jest stosowanie materiałów budowlanych o mniejszej przewodności (taką ma np. suche drewno budowlane). Środkiem zaradczym w budynkach już istniejących jest wprowadzenie sztucznych źródeł, wytwarzających pole o charakterystyce zbliżonej do naturalnego pola przy powierzchni Ziemi.

Ważną składową elektroklimatu jest również stan jonowy powietrza. Ma on zauważalny wpływ na organizm człowieka. Biometeorolodzy uważają, że nasze samopoczucie, które często uzależniamy od pogody, de facto zależy właśnie od jonizacji powietrza. Badania pokazują, że koncentracja i rodzaj jonów, a zwłaszcza ich szybkie zmiany, wpływają na odczuwanie bólu, podatność na ataki astmy a także na sprawność psychomotoryczną. Małe jony ujemne polepszają wyniki testów sprawności umysłowej i fizycznej, jony dodatnie natomiast generalnie powodują depresje, rozdrażnienie i migreny. Najkorzystniejszy dla człowieka jest stan jonizacji powietrza taki, jak w czystym środowisku wiejskim przy dobrej, słonecznej pogodzie. Odpowiada to stężeniu jonów lekkich w granicach 250–1500 par jonów w centymetrze sześciennym powietrza, najlepiej z przewagą jonów ujemnych.

Charakterystyka jonizacji powietrza w budynkach jest wypadkową wielu czynników. Wśród nich najważniejszy jest stopień odcięcia budynku od naturalnych źródeł jonizacji a także obecność w nim źródeł sztucznych oraz wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń, które przyłączają jony małe tworząc nieaktywnie biologicznie jony duże. Duży więc wpływ na jonizację powietrza będą miały takie cechy jak szczelność okien, częstość wietrzenia, obecność ogrzewania podłogowego, elementów łatwo się elektryzujących, czy sztucznej wentylacji. Dodatkowym źródłem jonizacji są kuchenki gazowe, gdyż spalanie węglowodorów i wydzielanie radonu może spowodować wzrost ilości jonów ciężkich nawet o 250%.

Modyfikacja naturalnej jonizacji powietrza na ogół nie sprzyja organizmowi człowieka, zwłaszcza jeśli wiąże się ze spadkiem ilości małych jonów ujemnych, mających korzystny wpływ na funkcjonowanie komórek układu nerwowego.

2.2. POLA I FALE ELEKTROMAGNETYCZNE

Fale i pola elektromagnetyczne są wszechobecnym zjawiskiem w środowisku człowieka. Do naturalnie występujących poziomów promieniowania organizm ludzki jest ewolucyjnie przystosowany, a często nawet od nich uzależniony. Pełnią one rolę informacyjną (światło widzialne), regulującą (fale z zakresu rezonansu Schumanna), są ważnym składnikiem środowiska termicznego (podczerwień), lub mają znaczenie dla przebiegu różnych procesów fizjologicznych w naszym organizmie (np. UVB dla powstawania witaminy D). Sam organizm jest również źródłem zjawisk elektromagnetycznych, związanych z funkcjonowaniem wielu tkanek czy organów, zwłaszcza układu nerwowego i układu krążenia.

W ostatnich kilkudziesięciu latach w wyniku rozwoju cywilizacji pojawiło się w naszym otoczeniu szereg nowych, sztucznych źródeł promieniowania elektromagnetycznego (urządzenia radiowo-telewizyjne, telefonia komórkowa, kuchenki mikrofalowe, sterowanie na odległość). Pola promieniowania wytwarzanego przez te urządzenia, mimo że są w dużej mierze kontrolowane i podlegają regulacji, mogą osiągać natężenia znacznie przewyższające „naturalne tło elektromagnetyczne".

Oddziaływanie fal elektromagnetycznych na organizm człowieka zależy od kilku czynników. Najważniejsze z nich to: własności elektryczne tkanek, zakres częstotliwości fal oraz odległość od źródła i jego moc. Efekty biofizyczne tego oddziaływania dzieli się najczęściej na dwie grupy. Do pierwszej należy efekt termiczny, najwcześniej i najlepiej poznany. Jest on w zasadzie związany z działaniem fal krótszych niż 3 m (zależy to od rozmiarów człowieka i jego uziemienia). Drugą grupę oddziaływań tworzą efekty nietermiczne, tj. efekt rezonansowy, modulacja biopotencjałów i jonizacja [16]. Jonizację wywołują najkrótsze fale w widmie (UVC, UVO, promieniowanie gamma i rentgenowskie) i stanowi to odrębny problem narażenia środowiskowego. Skutkiem zjawisk rezonansowych może być niszczenie wiązań biochemicznych, a wraz z tym całych struktur biologicznych (białek, enzymów) – np. częstotliwość rezonansowa dla hemoglobiny leży w zakresie mikrofal. Modulacja biopotencjałów może poważnie naruszać prawidłowy przebieg wielu procesów, zwłaszcza transportu substancji przez błony komórkowe czy transportu informacji przez neurony. Układami szczególnie wrażliwymi na wprowadzanie zmian potencjałów są układ nerwowy i układ bodźcoprzewodzący serca. Słabe pola elektromagnetyczne o częstotliwościach zbliżonych do częstotliwości fizjologicznych mogą wpływać na przebieg EEG, EKG, rytmów biologicznych metabolizmu wapnia itp. [1], [8], [9], [11].

Badania wpływu fal e-m na organizmy żywe prowadzone są w wielu ośrodkach na świecie. Szczególne zainteresowanie budzą fale o częstotliwościach do 300 GHz, które – jak wielokrotnie wykazały różne badania i obserwacje – mogą wpływać na zdrowie i samopoczucie człowieka. Linie energetyczne wysokiego napięcia (50 Hz) są obarczane odpowiedzialnością za powstawanie białaczek zwłaszcza u dzieci. Fale radiowe i mikrofale - za wpływ na układ nerwowy (co się objawia zmęczeniem, bólami głowy, pogorszeniem koncentracji), na rozwój płodów u kobiet ciężarnych a nawet na zwiększenie się ilości przypadków autyzmu w ostatnich latach czy powstawania niektórych nowotworów [4], [5], [7], [10], [13], [15].

Konstrukcja budynków pozwala na wnikanie do nich fal używanych w radiofonii i telekomunikacji (najkrótsze fale radiowe i mikrofale). Mało tego, wiele elementów konstrukcyjnych (zbrojenia, barierki balkonowe), instalacyjnych (metalowe instalacje sanitarne, rynny), czy wyposażenia wnętrz (metalowe płaszczyzny lodówek, pralek) staje się wtórnymi źródłami tych fal, powodując wielokrotne lokalne zwiększenie natężenia pola, często do wartości uważanych za niebezpieczne. Problemem są też trudne do ekranowania zmienne pola magnetyczne, wytwarzane przez domowe instalacje i urządzenia elektryczne.

Prawdopodobnie dopiero za kilka lub kilkanaście lat wiedza na temat wpływu na organizm człowieka fal elektromagnetycznych z poszczególnych zakresów widma będzie na tyle duża, że zostaną opracowane normy bezpieczeństwa odwołujące się do efektów biofizycznych innych, niż tylko termiczny. Na razie do tego efektu właśnie odnosi się graniczna wartość współczynnika SAR, wymagana obecnie

w Unii Europejskiej. Dlatego więc, w oczekiwaniu na nowe unormowania, warto minimalizować możliwość zwiększania natężeń pól elektromagnetycznych ponad tło naturalne poprzez odpowiednią lokalizację budynków, dobór konstrukcji, materiałów i wyposażenia oraz zwracanie uwagi na metalowe elementy w otoczeniu budynków.

2.3. PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Promieniowaniem jonizującym nazywa się promieniowanie mające zdolność oderwania jednego lub kilku elektronów z zewnętrznych powłok elektronowych atomu. Taką zdolność posiada promieniowanie elektromagnetyczne o wysokiej częstotliwości, to jest promieniowanie X i γ oraz naładowane i nienaładowane wysokoenergetyczne cząstki, nazywane promieniowaniem korpuskularnym. Do najbardziej znanych rodzajów promieniowania korpuskularnego należą cząstki α, cząstki β, a także protony, neutrony i inne większe fragmenty jąder.

Skutek działania promieniowania jonizującego na tkanki żywe polega na uszkadzaniu najważniejszych struktur biologicznych, to jest wody komórkowej i łańcuchów DNA. Najważniejszym procesem wywołanym przez promieniowanie jonizujące jest radioliza wody komórkowej, czyli jej rozpad w wyniku jonizacji. Powstają wówczas cząsteczki silnie utleniające (wolne rodniki), które łatwo wchodzą w różne reakcje chemiczne, ingerując w procesy biochemiczne ustroju. Innym niekorzystnym procesem o dużym znaczeniu biologicznym jest rozrywanie łańcuchów DNA, gdyż zakodowane w nich informacje genetyczne mają wpływ na prawidłowe odtwarzania komórek.

Działanie biologiczne promieniowania jonizującego, czyli stopień uszkodzeń przez nie powodowany, jest zależny przede wszystkim od gęstości jonizacji [16]. Największy wpływ na gęstość jonizacji, oprócz natężenia promieniowania, ma jego rodzaj. Najsilniejszą powoduje promieniowanie korpuskularne o dużych, naładowanych cząsteczkach, gdyż wówczas prawdopodobieństwo zderzenia z atomami materii jest największe. Drugą, oprócz gęstości jonizacji, istotną cechą promieniowania jonizującego jest jego przenikliwość. Od niej zależy czy łatwo się można przed danym rodzajem promieniowania osłonić oraz jak głęboko to promieniowanie może wnikać do wnętrza ciała.

W środowisku naturalnym, gdy natężenia promieniowania są stosunkowo nieduże, najbardziej niebezpieczne jest promieniowanie alfa, gdyż jego działanie biologiczne jest największe. Ponieważ jednak jest ono słabo przenikliwe, jego szkodliwość objawi się przede wszystkim wówczas, gdy dostanie się ono do wnętrza organizmu np. przez układ oddechowy lub pokarmowy. Ponieważ błona śluzowa je wyścielająca jest tkanką delikatną, bardzo łatwo o jej uszkodzenie. Co więcej, zarówno z płuc jak i z jelit ułatwiona jest dalsza wędrówka cząsteczek alfa, zwłaszcza ich przenikanie do układu krwionośnego i bezpośrednie działanie na krwinki lub układ krwiotwórczy.

Stąd najczęstsze choroby spowodowane promieniowaniem alfa – to nowotwory płuc i białaczki [6], [14].

Narażenie ludzi na działanie promieniowania jonizującego w budynkach może pochodzić z dwóch źródeł. Pierwsze to podłoże, na którym posadowiony jest budynek. Drugim są materiały budowlane użyte do jego wzniesienia.

Z podłoża do budynku przedostaje się przede wszystkim radon (źródło promieniowania alfa). Jego stężenie we wnętrzach zależy od szeregu czynników. Najważniejsze z nich to obecność skał zawierających uran, przepuszczalność gleby umożliwiająca jego ekshalację oraz obecność strumieni podziemnych, przenoszących rozpuszczony w nich radon na większe odległości. Duży wpływ na infiltrację radonu z podłoża ma architektura i konstrukcja budynku (typ zabudowy, strony świata, ilość i rozmieszczenie otworów okiennych, rodzaj fundamentów, przebieg instalacji sanitarnych). Nie bez znaczenia są też warunki meteorologiczne, zwłaszcza kierunek wiatru, ciśnienie powietrza czy nasłonecznienie gleby. Należy pamiętać też o tym, że na terenach szczególnie bogatych w uran (rad) woda z ujęć lokalnych może być również obfitym źródłem radonu w budynkach [17].

Źródłem promieniowania jonizującego w materiałach budowlanych są głównie izotopy promieniotwórcze trzech pierwiastków: potasu, radu i toru. Ich stężenia w materiałach są wynikiem skażenia promieniotwórczego surowców służących do ich produkcji. Najczęściej podniesiony poziom promieniotwórczości wykazuje glina, fosfogipsy, popioły lotne, granit. Należy pamiętać, że na emisję radonu z przegród budowlanych ma wpływ nie tylko jego stężenie (wynikające ze stężenia jego prekursora, czyli radu) w użytych surowcach. Istotna jest również łatwość migracji radonu do pomieszczenia, wyrażona przez współczynnik emanacji. Zależy ona od stopnia porowatości samego materiału a także od struktury jego powierzchni.

Dodatkowym źródłem promieniowania w pomieszczeniach jest radon pochodzący z gazu ziemnego. Należy o tym pamiętać zwłaszcza w aglomeracjach miejskich, gdzie stosuje się gaz ziemny jako surowiec energetyczny. Według badań ONZ stężenia radonu obserwowane w kuchniach takich mieszkań mogą przewyższać nawet poziom 8000 Bq/m^3.

Dopuszczalne w Polsce stężenie radonu w powietrzu wynosi w nowobudowanych budynkach 200 Bq/m^3. Wartość taką można utrzymać dbając o to już na etapie projektowania i konstrukcji budynku. Zwiększonej infiltracji radonu z podłoża zapobiega stosowanie osadników radonowych, uszczelnianie budynków i wentylacja przestrzeni podpodłogowych [2]. Bezpieczeństwo w zakresie materiałów budowlanych zapewnia przestrzeganie współczynników kwalifikacyjnych (f_1 – dotyczący skażenia promieniowaniem gamma, pochodzącym z potasu, radu i toru, oraz f_2 – dotyczący promieniowania alfa, którego źródłem jest radon). Możliwe jest też zmniejszenie emanacji radonu z powierzchni materiałów poprzez ich szkliwienie, powlekanie nieprzepuszczalnymi powłokami malarskimi, a nawet zastosowanie szczelnych tapet. Bardzo skuteczną metodą obniżania stężenia radonu w powietrzu

pomieszczeń jest ich częste wietrzenie. Ma to szczególne znaczenie przy nowoczesnej, szczelnej stolarce budowlanej.

3. PODSUMOWANIE

Zapewnienie odpowiedniego dla zdrowia mikroklimatu będzie możliwe jedynie wówczas, gdy zadba się o to na samym początku procesu budowlanego – na etapie wyboru lokalizacji i projektu architektoniczno-budowlanego. Najważniejsze elementy, na które leży zwrócić uwagę są następujące:

- odległość od linii energetycznych, transformatorów, przekaźników radiowo-telewizyjnych i GSM oraz ewentualnych stref geopatycznych – ze względu na ich wpływ na modyfikację pól elektromagnetycznych
- sprawdzenie podłoża pod kątem możliwości ekshalacji radonu (zawartość radu w skałach, przepuszczalność gleby dla radonu, strumienie podziemne z rozpuszczonym radonem)
- ilość i rozmiary elementów metalowych w budynku i jego otoczeniu – ze względu na możliwość indukcji wtórnych pól elektromagnetycznych
- dobór materiałów budowlanych ze względu na zawartość pierwiastków promieniotwórczych
- minimalizacja hałasów dźwiękowych, infradźwiękowych oraz wibracji – izolacja akustyczna i amortyzacja (przegrody, kanały wentylacyjne, wentylatory i inne urządzenia)
- wykorzystanie otoczenia, roślinności i lokalnych warunków mikroklimatycznych – w celu minimalizacji strat ciepła z budynku
- dobór wielkości i rozmieszczenia przeszklenia pod kątem nie tylko oszczędności energii ale również komfortu cieplnego ludzi (możliwość wystąpienia dyskomfortu lokalnego z powodu asymetrii promieniowania)

LITERATURA

[1] ALTPETER E-S, RÖÖSLI M., BATTAGLIA M., PFLUGER D., MINDER C. E., ABELIN T., *Effect of Short-Wave (6-22 MHz) Magnetic Fields on Sleep Quality and Melatonin Cycle in Humans:* The Schwarzenburg Shut-Down Study. Bioelectromagnetics 27 (2006).

[2] CLARKIN M., T. BRENNAN, *Radon resistance construction techniques for new residential construction,* EPA/625/2-91/032, 1991.

[3] CYMBOROWSKI B., *Zegary biologiczne.* PWN, Warszawa 1987.

[4] DOLK H., et al., *Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain.* Am. J. Epidemiology 145(1) P 1–9 Jan 1997.

[5] GRABARCZYK Z., KOZŁOWSKI C., NOWICKI M., PACHOCKI K., *Zagrożenia elektromagnetyczne.* CIOP, Warszawa 1997.

[6] HENSHAW D.L., *Radon exposure in the home: its occurence and possible health effects.* Contemporary Physics, 34: 31–48, 1993.
[7] JAHN O., *Electromagnetic fields: Low dose exposure, current update.* Int. Arch. Occup. Environ Health., vol. 73, suppl. S1–S3, 2000.
[8] JAUCHEM J.R., *Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effect in humans.* Int. Arch.Occup.Environ.Health, 70: 9–21, 1977.
[9] KWEE, *The biological effects of microwave radiation.* Abstract in Proceedings of the Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, Bologna, Italy, June 1997.
[10] KANE R.C., *A possible assocoation between fetal/neonatal exposure to radifrequency electromagnetic radiation and the increase incidence of autism spectrum disorders.* Medical Hypotheses, 62: 195–197, 2004.
[11] KLITZING L., *Low-Frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man.* Physica Medica, Vol. 11, No. 2, p. 77–80, April–June 1995.
[12] KORNIEWICZ H, KOWALSKI J.M., MICHNOWSKI S., *Wpływ rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych na zagrożenie zdrowia przez elektryczność statyczną.* Wpływ rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych w budownictwie na zdrowie człowieka. Wydawnictwa ITB, 1980.
[13] NIEHS-Report, *Health effects from exposure to power-line frequency and magnetic fields.* 1999.
[14] STIDLEY C.A., SAMET J.M., *A review of ecologic studies of lung cancer and indoor radon.* Health Phys., 65: 234–251, 1993.
[15] SZMIGIELSKI S., *Ryzyko zdrowotne pracy w polach radio- i mikrofalowych.* Materiały Krajowego Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 1997, tom A, str. 137–148.
[16] ŚLIWIŃSKA E., *Środowisko fizyczne człowieka.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2003.
[17] ZHAI P.J., ZHAO Y.L., *The effect of water used in toilets on indoor radon level.* Nuclear Tracks and Radiation Measurements, 22: 509–510, 1993.

ECOLOGICAL BUILDING – HEALTH FOR PEOPLE AND THE ENVIRONMENT

The paper presents indoor climate factors which influence human physiology and depend on building constructions, materials and surroundings. Shortened guidelines for architectonic planning are also included.

VI. REFERATY SPONSOROWANE

Prace Naukowe Instytutu Budownictwa
Nr 87 Politechniki Wrocławskiej Nr 87

Studia i Materiały Nr 18 2006

budynki, diagnostyka, zawilgocenie, osuszanie, renowacja

AQUAPOL POLSKA CPV,
58-160 Świebodzice,
ul. Stefana Żeromskiego 12

DIAGNOSTYKA BUDYNKÓW JAKO PODSTAWA PLANU RENOWACJI OBIEKTÓW HISTORYCZNYCH

Tematyka zawilgocenia przegród budowlanych oraz proces ich osuszania to zagadnienie złożone. Istnieje wiele metod zwalczania wilgoci, które są szeroko opisane w literaturze, czy też prasie fachowej. Znacznie mniej miejsca poświęca się kwestii diagnostyki obiektów poddawanych renowacji oraz wnikliwej analizy ich wyników. Diagnostyka budowli powinna obejmować badania przed rozpoczęciem działań mających na celu osuszenie budynku, w trakcie tego procesu oraz po jego zakończeniu. Bez przeprowadzenia takiej analizy nie jest możliwe obiektywne stwierdzenie, jaką skutecznością w danym przypadku wykazuje się stosowana metoda osuszania. Ponadto, bez badań diagnostycznych nie jest możliwe przygotowanie racjonalnego planu renowacji osuszanych (osuszonych) murów (np. położenie tynków). Można to porównać do próby leczenia pacjenta przez lekarza, który nie przeprowadzał żadnych badań diagnostycznych.

1. PRZYCZYNY I SKUTKI ZAWILGOCENIA

Jedną z przyczyn występowania wilgoci w przegrodach budowlanych jest wilgoć spowodowana podciąganiem kapilarnym wody z gruntu (wilgoć kapilarna).

Większość materiałów budowlanych ma strukturę kapilarno-porowatą, co umożliwia wodzie jej przemieszczanie się. Jedną z sił powodującą ten ruch jest napięcie powierzchniowe cieczy. Wartość napięcia powierzchniowego maleje wraz ze wzrostem temperatury, co oznacza, że ciecz przepływa z miejsc cieplejszych do chłodniejszych. Prędkość podciągania kapilarnego wody zależy w dużym stopniu od właściwości materiału, w mniejszym od parametrów cieczy. Podstawą jest, że **im mniejszy promień kapilary, tym wysokość podciągania kapilarnego jest większa, ale proces przebiega wolniej**. Wysokość podciągania kapilarnego wody można opisać wzorem:

$$H = \frac{2E \cdot \cos x}{-r \cdot g \cdot q},$$

gdzie: E – napięcie powierzchniowe cieczy (pomiar tensjometrem, metoda maksymalnego ciśnienia pęcherzykowego)
r – promień kapilary
g – przyśpieszenie ziemskie
q – gęstość cieczy (pomiar tensjometrem)
x – kąt zwilżania (pomiar tensjometrem),

lub:

$$H_K = \frac{0{,}15}{r},$$

gdzie:
r – promień kapilary.

Materiały budowlane przyjmują wodę kapilarnie zawsze wtedy, gdy wchodzą z nią w bezpośredni kontakt. Wilgoć może być transportowana przez fundament, ścianę mającą kontakt z gruntem lub przez posadzkę leżącą bezpośrednio na gruncie. Gdy nie ma izolacji poziomej, woda w ścianie może być podciągnięta kapilarnie do wysokości około 1.8 m ponad poziom gruntu. Mury ceglane są w stanie przyjąć około 500 l/ m^3 wody.Warto zaznaczyć, że materiały nieporowate (np. głazy granitu lub zbitego wapienia) znacznie ograniczają podciąganie kapilarne, mimo kapilarności zaprawy.

Podciąganie kapilarne wody w wyniku położenia fundamentów budynku poniżej poziomu wód gruntowych występuje jednorodnie w całym budynku, na ścianach zewnętrznych oraz filarach i ścianach wewnętrznych, a wysokość zawilgoconej strefy nie waha się w ciągu roku. Podciąganiu kapilarnemu sprzyja duża ilość wody znajdującej się w gruncie, a im wyższe jest ciśnienie, tym szybciej woda przenika wgłąb ściany.

Z wilgocią kapilarną powiązana jest wilgoć higroskopijna. Korelacja ta występuje z powodu transportu związków soli przez wodę podciąganą przez pory materiału budowlanego. Rozpuszczone w wodzie sole „wędrują" razem z nią w kapilarach, a po odparowaniu wody krystalizują. Ciśnienie krystalizującej soli jest bardzo wysokie – do 2 ton na cm^2 i prowadzi ono do destrukcji materiałów budowlanych. Co więcej, jak powszechnie wiadomo, sole mają silne własności higroskopijne, co powoduje „ściąganie" wilgoci z otoczenia i jej magazynowanie, a to także ma negatywny wpływ na kondycję ścian obiektów budowlanych.

Odrębnym tematem jest wilgoć kondensacyjna, wiążąca się ze skraplaniem wody z powietrza o wysokiej wilgotności względnej.

Wszystkie przyczyny wilgoci powinny być zidentyfikowane. Należy także podać możliwości rozwiązania problemów z wilgocią przez wykonanie stosownych prac.

Zawilgocenie oraz zasolenie murów, szczególnie w obiektach wybudowanych ponad 100 lat temu, stanowi bardzo poważne zagrożenie dla kondycji ścian budynków. W wyniku zawilgocenia występuje rozwarstwianie tynku, odpadanie powłok malarskich, powstają przebarwienia. Ponadto obecność wody w kapilarach materiału budowlanego powoduje poważne straty ciepła.

Na przykładzie procedur firmy AQUAPOL przedstawię wdrożenie systemu osuszania budynków wraz z diagnostyką przeprowadzaną na obiekcie. Technik firmy ma za zadanie rozpoznać wszystkie źródła zawilgocenia budynku (jeśli takowe występują), a firma zobowiązuje się do podania klientowi listy prac towarzyszących („Lista zaleceń"), które to prace pozwolą usunąć źródła zawilgocenia inne niż podciąganie kapilarne (np. uszkodzenia instalacji odprowadzających wodę itp.).

2. ANALIZA OBIEKTU

W ramach prac mających na celu usunięcie problemu zawilgocenia z obiektu budowlanego należy przeprowadzić analizę budynku. Stanowi to niejako punkt wyjściowy do przygotowania planu osuszania i renowacji budynku. Procedurę postępowania opisuje austriacka norma ÖNORM B 3355-1 *„Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk. Bauwerksdiagnostik und Planungsgrundlagen"* (*Osuszanie murów – Diagnostyka budowlana i zasady planowania*), na podstawie której pracuje firma AQUAPOL.

Według tej normy, analiza obiektu powinna obejmować:

- Inwentaryzację budynku i jego otoczenia (plan, informacje o materiale, z którego wykonano budynek, czasie wykonania, informacje odnośnie poziomu wód gruntowych wokół obiektu oraz kierunku napływu wód, rozpoznanie przyczyn zawilgocenia itp.)
- Badania diagnostyczne (badanie zawilgocenia oraz zasolenia ścian, badanie składu występujących soli (siarczany,chlorki,azotany), badanie różnicy pH pomiędzy murem a tynkiem, badanie kondensacji pary wodnej na powierzchni ściany lub w rdzeniu muru i inne)

Punkt pierwszy nie wymaga szerszego omówienia. Warto natomiast przyjrzeć się głębiej badaniom diagnostycznym.

Najważniejszym badaniem jest pomiar zawilgocenia ścian. Pomiar powinien być przeprowadzony przed procesem osuszania oraz w trakcie jego trwania.

Celem pomiaru jest stworzenie bazy wyjściowej przed osuszaniem, do której można się odnieść w późniejszym okresie, przy ocenie skuteczności działań osuszających. Ponadto celem takiego badania jest sprawdzenie warunków w ścianie – niektóre metody osuszania mają ograniczenie w postaci poziomu zawilgocenia, do którego mogą być stosowane. Istnieje wiele metod pomiaru zawilgocenia, które różnią

się dokładnością. Obecnie najbardziej uznaną metodą pomiaru jest metoda Darra, która polega na pobraniu z muru odwiercin oraz zmierzenie ich wilgotności masowej na przyrządzie zwanym wagosuszarką. Wyżej wymieniona norma opisuje miejsca pomiaru oraz sposób pobierania próbek i dokumentację pomiaru.



Fot. 1. Wagosuszarka RADWAG WPS-30S

3. MIEJSCE POBRANIA ORAZ PUNKTY POMIARÓW

Pobranie próbek należy dostosować do materiału budowlanego, stanu budowli oraz obrazu uszkodzeń.

Do pomiarów kontrolnych należy wybierać miejsca w niezakłóconym obszarze murów, próbki z głębokości 10-15 cm i wysokości 30 cm ponad zdefiniowanym poziomem izolacyjnym. Do badań kontrolnych zgodnie z paragrafem 5.3.1 będą brane pod uwagę miejsca oraz pobrane próbki pierwszego pomiaru.

3.1. SPOSÓB ORAZ ODPOWIEDNI CZAS POBRANIA PRÓBEK

Pobranie próbek może nastąpić np. przez wiercenie (sypiący się materiał). Wszystkie pobrane próbki należy chronić przed wilgocią. W przypadku pobrania próbek do badania zawartości wilgoci wszystkie narzędzia służące do ich pobrania powinny posiadać temperaturę rąk. Próbki pobierane poprzez wiercenie powinny być pobierane przy użyciu wiertarki wolnoobrotowej.

3.2. DOKUMENTACJA POBRANIA PRÓBEK

Miejsce pobierania próbek powinno być dokładnie opisane pod względem położenia, wysokości oraz głębokości. Należy również zaznaczyć jaki materiał został wykorzystany, jego rodzaj, czas pobierania, klimatyczne warunki, datę oraz opis

obiektu. Jak już wyżej podano, wilgotność w procedurze firmy Aquapol określana jest metodą wagowo-suszarkową. W wagosuszarce wbudowany jest komputer, który oblicza zawilgocenie próbki materiału. Uzyskany wynik jest rezultatem pomiaru ubytku masy odparowanej wilgoci z odwiercin próbki. Dokładny wzór podaje norma ÖNORM B 3355-1

3.3. ZAWARTOŚĆ WILGOCI *F*

Do stwierdzenia zawartości wilgoci należy wykorzystać sypiący się materiał otrzymany metodą podpunkt 3.2.

Badanie zawartości wilgoci należy określić metodą Darr. Wszystkie próbki będą zważone, w temperaturze 105 (±5) °C zostaną wysuszone i ponownie zważone



Fot. 2. GANN Hydromette UNI-1

$$F = \frac{m_m - m_s}{m_s} \times 100\% \text{ (Pomiar w procentach)}$$

gdzie:

m_m – masa próbki przed wysuszeniem

m_s – masa próbki po wysuszeniu

Taki wzór jest podawany także w innych instrukcjach (np. w instrukcji WTA).

Warto tutaj zwrócić uwagę na różnice w pomiarze wilgoci między metodami nieniszczącymi a niszczącymi, na przykładzie porównania pomiaru przyrządem GANN Hydromette UNI-1 (metoda nieniszcząca) oraz pomiaru metodą Darra z użyciem wagosuszarki Radwag WPS-30S (metoda niszcząca).

Technicy firmy AQUAPOL dokonali, przyrządami podanymi powyżej, badania porównawcze. Celem tych pomiarów było sprawdzenie, czy istnieje różnica w wynikach pomiarowych metodą inwazyjną i nieinwazyjną. Badania przeprowadzono w ścianach wewnętrznych budynku z przełomu XIX i XX wieku o ścianach ceglanych z widocznymi wysoleniami. Głębokość pobieranych próbek do metody Darra: 15 cm. Uzyskano następujące wyniki:

Tabela 1. Badania porównawcze przyrządem GANN Hydromette UNI-1 oraz metodą Darra.

Punkt pomiarowy / wysokość od posadzki	Odczyt przyrządu GANN Hydromette	Odczyt wagosuszarki RADWAG WPS-30S	Skład materiałowy odwiercin.
M_1 / 30 cm	120	5,01 %	cegła
M_1 / 60 cm	130	2,40 %	cegła
M_2 / 30 cm	135	7,97 %	cegła
M_2 / 60 cm	141	7,09 %	cegła
M_2 / 90 cm	130	3,26 %	fuga
M_2 / 120 cm	112	4,00 %	cegła
M_2 / 150 cm	120	< 1 %	cegła

Źródło: opracowanie własne

Powyższy przykład sugeruje wniosek, że procentowe określanie stopnia zawilgocenia murów metodą nieinwazyjną jest nie możliwe gdyż, obarczone jest dużym błędem, szczególnie w odniesieniu do murów o wysokim zasoleniu. Taka metoda może się okazać skuteczna do określenia maksymalnego pionowego zasięgu zawilgocenia, licząc od poziomu terenu lub posadzki.

Prowadzenie pomiarów wilgotności F pozwala na kontrolę nad przebiegiem procesu osuszania. Przy użyciu tego pomiaru nie można jednoznacznie stwierdzić, czy mur został osuszony. Aby to określić, potrzebne są dodatkowe obliczenia. Oblicza się maksymalną nasiąkliwość materiału W_{max} (pkt 3.3.3 normy). Z muru pobiera się próbkę materiału (nie mylić z odwiercinami; jest to np. cała cegła lub wyłupany kawałek). Próbka jest ważona, następnie zostaje ona na 48 godzin zanurzona w wodzie. Przez taki czas materiał nasiąknie maksymalnie wodą. Po 48 godzinach próbka jest ponownie ważona. Porównuje się różnicę masy i określa się maksymalną nasiąkliwość zgodnie z wzorem:

$$W_{\max} = \frac{m_m - m_s}{m_s} \times 100\%$$

gdzie:

m_n – masa próbki po namoczeniu (zanurzeniu na 48 godzin w wodzie)

m_s – masa próbki suchej.

Na podstawie wyliczonej wilgotności F oraz maksymalnej nasiąkliwości W_{max} oblicza się parametr pozwalający na określenie stanu zawilgocenia muru. Jest to stopień przesiąknięcia wilgocią D (pkt 3.3.4 normy):

$$D = \frac{F}{W_{\max}} \times 100\%$$

Należy zaznaczyć, że zmierzone zawilgocenie ścian w postaci wyniku wilgotności masowej oznacza całkowitą wilgotność próbki; zawilgocenie to nie musi wynikać

wyłącznie z podciągania kapilarnego. Częściowo zawilgocenie może wynikać na przykład z kondensacji wody w kapilarach. Istnieje wzór, z pomocą którego można oszacować, ile w zmierzonej metodą Darra próbce jest wilgoci kondensacyjnej w kapilarach:

$$F_K = \frac{\sqrt[3]{F_M^2 \cdot \left(\frac{B_L}{100 - B_L}\right)}}{\sqrt[2]{M_T^2 \cdot \frac{\Delta T}{B_T}}},$$

gdzie:

F_K – wilgoć kondensacyjna w kapilarach,
F_M – wilgotność masowa muru,
B_L – wilgotność względna powietrza w otworze (w rdzeniu muru),
M_T – temperatura muru w otworze (w rdzeniu muru),
B_T – temperatura w otworze,
ΔT – różnica temperatur między M_T a temperaturą punktu rosy.

Przykład:

Dla następujących danych

$F_M = 17{,}3\ \%$ $B_L = 85\%$ $M_T = 8\ °C$
$B_T - 7\ °C$ t_s – temperatura punktu rosy $= 4{,}6\ °C$ $\Delta T = 3{,}4\ °C$

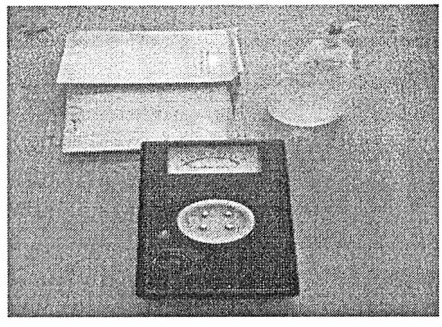
otrzymujemy wilgoć kondensacji w kapilarach równą 2,1%.

Badanie zasolenia muru, to kolejne istotny element diagnozy muru. Stopień zasolenia wpływa na wilgoć higroskopijną w murze. Ponadto, na zasolony mur należy zastosować specjalne tynki, gdyż „klasyczny" tynk nie będzie w stanie odprowadzać soli z muru ani też wytrzymać ciśnienia krystalizacji. W większości przypadków sól jest tak samo groźna jak wilgoć, stąd informacje na temat soli zgromadzonej w murze są ważniejsze niż wyniki zawilgocenia, gdyż w zależności od stopnia zasolenia podejmuje się decyzję o doborze tynków. Instrukcja WTA precyzuje stopień zasolenia muru, dzieląc je na niski, średni i wysoki, w zależności od stężenia chlorków, siarczanów i azotanów w badanych próbkach murów:

Tabela 2. Stopnie zasolenia muru wg instrukcji WTA określone procentowym udziałem masy soli w masie próbki. Źródło: [3]

Rodzaj związków	Poziom niski [%]	Poziom średni [%]	Poziom wysoki [%]
Chlorki	< 0,2	0,2–0,5	> 0,5
Azotany	< 0,1	0,1–0,3	> 0,3
Siarczany	< 0,5	0,5–1,5	> 1,5

Dokładne badanie jest czasochłonne i wymagają zaplecza laboratoryjnego. W celu pomiaru zasolenia próbki technicy firmy AQUAPOL stosują przyrządy pozwalające stwierdzić, jaki jest stopień zasolenia muru (bez wnikania w skład soli). Wysuszoną próbkę odwiercin umieszcza się na czujniku i namacza wodą destylowaną. Po dwóch minutach na skali odczytuje się wynik w postaci procentowej, przedstawiającej stopień maksymalnego możliwego zasolenia materiału. To badanie, daje orientację o tym, czy należy zwrócić uwagę na zastosowanie np. tynków odprowadzających sól. Dwudziestoletnie doświadczenie firmy AQUAPOL zaowocowało opracowaniami, jakie tynki należy zastosować w zależności od wyniku zasolenia murów zmierzonego omówioną metodą.



Fot. 3. AQUAPOL Salzdetektor – przyrząd do pomiaru zasolenia

Innym badaniem diagnostycznym jest badanie różnicy pH między murem a tynkiem. Duża różnica pH powoduje reakcje elektrochemiczne skutkujące przyciąganiem wilgoci. Różnica pH wynika najczęściej z zastosowania niewłaściwych materiałów, które reagują ze sobą elektrochemicznie, czego skutkiem może być podciąganie wilgoci.

4. PODSUMOWANIE

Omówiona w niniejszym referacie procedura diagnostyczna jest podstawową regułą postępowania stosowaną przez firmę AQUAPOL przy wdrażaniu systemu osuszania murów oraz podczas pomiarów kontrolujących przebieg procesu osuszania. Celem podstawowym firmy AQUAPOL jest nie tylko osuszenie, ale poprowadzenie klienta w etapie bezpośrednio po osuszeniu – w etapie renowacji.

W większości przypadków samo osuszenie stanowi tylko niewielki procent kosztów oraz zasobów czasowych potrzebnych do doprowadzenia ścian obiektu do optymalnego stanu. Oczekuje się, że ten optymalny stan utrzyma się przez bardzo długi czas.

Osuszanie samo w sobie nie poprawi wyglądu ścian i nie zlikwiduje problemu zasolenia. Konieczna jest **ciągłość zaplanowanych działań renowacyjnych**, a planu

nie da się stworzyć bez uzyskania informacji o stanie murów. Według normy ÖNORM B 3355-1, badania te są podstawą do stworzenia koncepcji renowacji mającej na celu doprowadzenie do trwałego dobrego stanu ścian i tynków. Stąd wieloletnia praca specjalistów firmy AQUAPOL mająca na celu wypracowanie procedury diagnostyki dającej klientowi, oraz firmie komplet danych potrzebnych do stworzenia planu działań renowacyjnych (w firmie AQUAPOL nazywanego „koncepcją renowacji"). Przedstawiony materiał nie wyczerpuje tematu, omówienie szczegółowe wszystkich procedur wymagało by wiele miejsca. Badania i obliczenia które, wykonuje Technik-laborent firmy AQUAPOL na obiekcie wynikają ze złożoności problemów zastanych na obiekcie.

LITERATURA

[1] ÖNORM B 3355-1 *Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk. Bauwerksdiagnostik und Planungsgrundlagen*, 1999

[2] Izolacje nr 10/2005

[3] ROKIEL Z., *Przyczyny zawilgacania murów oraz degradacyjny wpływ wilgoci na elementy obiektu budowlanego.*

[4] POGORZELSKI J.A., *Stan wilgotnościowy przegród budowlanych.*

SPIS TREŚCI

Przedmowa 3

I. TECHNOLOGIA ROBÓT I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

BOŁTRYK Michał, MAŁASZKIEWICZ Dorota, Analiza możliwości pozyskania trzciny *Phragmites* z Doliny Narwi jako wypełniacza do betonu lekkiego 7
BOŽÍK Michal, BOŽÍKOVÁ Jarmila, Technology of plastic material installations at water distribution systems 15
FLIGIER Krzysztof, System aktywnych ścian oporowych DERMAT® w budownictwie drogowym, mostowym oraz kształtowaniu terenów pod zabudowę 21
GAJZLER Marcin, Możliwości wykorzystania systemu hybrydowego w procesie wspomagania decyzji materiałowych do napraw konstrukcji betonowych 29
JACKIEWICZ-REK Wioletta, WOYCIECHOWSKI Piotr, ZMYŚLONY Małgorzata, Wpływ zawartości popiołów lotnych w betonie na jego wybrane cechy 39
JASICZAK Józef, SZYMAŃSKI Paweł: Modelowanie skurczu betonu o zmiennym w/c i zmiennych warunkach pielęgnacji 47
ŁAŹNIEWSKA Beata, Wpływ domieszki napowietrzającej na mrozoodporność betonów samozagęszczalnych 55
MAKÝŠ Peter, Labour content of concreting in relation to climatic conditions 63
ORŁOWSKI Jurij, SZAFRANKO Elżbieta, Normy Europejskie a proces przygotowania i realizacji robót betonowych, kontrola przebiegu i przygotowania robót 69
PONIKIEWSKI Tomasz, Aspekty technologiczne zastosowania betonu samozagęszczalnego modyfikowanego zbrojeniem rozproszonym 75

II. ORGANIZACJA ROBÓT BUDOWLANYCH

BOGUSZ Wojciech, POŁOŃSKI Mieczysław, PRUSZYŃSKI Kamil, Analiza możliwości wymiany danych pomiędzy programami MS Project i Pertmaster 85
DESZCZ Joanna, Zakładowa Kontrola Produkcji w systemie oceny zgodności wyrobów budowlanych 93
HOŁA Bożena, SCHABOWICZ Krzysztof, Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do predykcji wydajności układów maszyn do robót ziemnych 101
JANUSZ Leszek, KAPLIŃSKI Oleg, Analiza złożonego procesu technologicznego. Studium przypadku 109
MARCINKOWSKI Roman, JAKUBOWSKI Grzegorz, Symulacyjno-analityczne harmonogramowanie przedsięwzięć realizowanych w systemach pracy potokowej 121
MILIAN Zdzisław, Zastosowanie metody rekurencyjnej określania rozkładu czasu realizacji przedsięwzięcia w stochastycznych sieciach Pert 129
PLEBANKIEWICZ Edyta, Podstawowe problemy wstępnej kwalifikacji wykonawców robót budowlanych 139

PODOLSKI Michał, Zastosowanie metaheurystycznych algorytmów szeregowania zadań w harmonogramowaniu wieloobiektowych przedsięwzięć budowlanych ... 147
ROGALSKA Magdalena, BOŻEJKO Wojciech, HEJDUCKI Zdzisław, Harmonogramowanie przedsięwzięć budowlanych z zastosowaniem hybrydowego algorytmu ewolucyjnego ... 157
SEKUNDA Radosław, Zarządzanie zasobami złożonymi w realizacji robót inżynieryjno-budowlanych ... 165

III. ZARZĄDZANIE W BUDOWNICTWIE

BIZON-GÓRECKA Jadwiga, Ryzyko innowacyjne na przykładzie branży budowlanej ... 175
CZARNIGOWSKA Agata, SOBOTKA Anna, Zapewnienie jakości usług w inwestycjach realizowanych w systemie partnerstwa publiczno-prywatnego ... 183
DROZD Wojciech, Analiza kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo, wynikających z zaniedbań w dziedzinie bezpieczeństwa pracy ... 191
GAŠPARÍK Jozef, Quality assurance during the process of building planning and realization ... 199
HULÍNOVÁ Zdenka, Theory and practice in the field of the safety and health protection at work ... 205
MARTINEK Włodzimierz, NOWAK Paweł, KSIĄŻEK Mariola, Wybrane aspekty kwantyfikacji rozwiązań budowlanych ... 209
MATWIEJCZUK Wiesław, MATWIEJCZUK Tomasz, Rozstrzyganie przetargów na realizatora inwestycji z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych ... 217
MINASOWICZ Andrzej, ZAWISTOWSKI Jacek, Określenie efektywności inwestycji w zależności od wpływu różnych czynników, z uwzględnieniem przedziałów ufności i dokładności obliczeń symulacyjnych ... 223
SKORUPKA Dariusz, Metoda oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych ... 231
WRÓBEL Reinhard, Outsourcing usług budowlanych w zarządzaniu ryzykiem projektowym w przedsiębiorstwie budowlanym ... 239
ZIELIŃSKA-KAŁA Elżbieta, Bezpieczeństwo pożarowe w realizacji procesu inwestycyjnego ... 247
ZIMA Krzysztof, Ocena inwestycji budowlanej z wykorzystaniem informacji niedokładnych ... 255

IV. UTRZYMANIE I UŻYTKOWANIE OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

BUCOŃ Robert, SOBOTKA Anna, Niezawodność eksploatacyjna obiektów budowlanych ... 265
DZIADOSZ Agnieszka, Metoda wyboru wariantu realizacji inwestycji deweloperskiej ... 273
KASPROWICZ Tadeusz, Analiza identyfikacyjna i ocenowa stanu eksploatacyjnego obiektów budowlanych ... 283
KONIOR Jarosław, Korelacja różnego rodzaju cech elementów budowlanych ... 293
KRISTOWSKI Adam, Modelowanie ocenowe obiektu budowlanego dla potrzeb planowania procesu eksploatacji ... 301
KRZEWIŃSKI Roman, Eksploatacja schronów ... 305
MARCINKOWSKA Ewa, GAWRON Krzysztof, Śródmiejskie kamienice Wrocławia jako przedmiot obrotu nieruchomościami ... 315
MARCINKOWSKI Roman, Problem zapewnienia jakości w projektowanym systemie eksploatacji obiektów budowlanych ... 325
OWCZAREK Stefan, ORŁOWSKI Zygmunt, SZKLENNIK Nina, Budynek referencyjny – podstawa oceny stanu budynku ... 333
OWCZAREK Stefan, ORŁOWSKI Zygmunt, SZKLENNIK Nina, Koncepcja systemowej oceny zużycia budynków ... 341
ŚLIWOWSKI Maciej, SAWICKI Marek, Wykusz jako element architektoniczny poprawiający walory funkcjonalne mieszkań ... 347

TRUCHANOWICZ Tadeusz, Koncepcja metod identyfikacji stanu użytkowania obiektu budowlanego 353
WERNER Witold, Budownictwo infrastrukturalne w świetle potrzeb gmin miejskich 361
ZWIERZCHOWSKA Zofia, GAWRON Krzysztof, MARCINKOWSKA Ewa, Wybrane problemy edukacji zarządców nieruchomości na tle kolejnych nowelizacji przepisów prawnych 369

V. EKOLOGIA I RECYKLING W BUDOWNICTWIE

BOŽÍKOVÁ Jarmila, BOŽÍK Michal, Effect of the quality of a distribution pipeline on the quality of the media conveyed 381
CZEMPLIK Andrzej, PAWLUK Anna, Metodyka projektowania i technologia budowy wałów ochronnych z zastosowaniem odpadów budowlanych 387
KORONA Lucyna, Ocena zrealizowanych inwestycji termomodernizacyjnych na przykładzie wybranych zasobów mieszkaniowych w Bydgoszczy 397
MAŁASZKIEWICZ Dorota, PAWLUCZUK Edyta, Wpływ kruszywa z recyklingu na wybrane cechy techniczne betonu 405
RADZISZEWSKI Piotr, OŁDAKOWSKA Ewa, Wykorzystanie rozdrobnionych odpadów gumowych do modyfikacji betonów cementowych 411
REJMENT Mariusz, SAWICKI Marek, Sposoby recyklingu materiałów budowlanych stosowane podczas robót rozbiórkowych 417
ŚLIWIŃSKA Elżbieta, Budownictwo ekologiczne – zdrowy człowiek, zdrowe środowisko 423

VI. REFERATY SPONSOROWANE

Diagnostyka budynków jako podstawa planu renowacji obiektów historycznych 433

CONTENS

Foreword 3

I. TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION WORK AND BUILDING MATERIALS

BOŁTRYK Michal, MAŁASZKIEWICZ Dorota, Analysis of possibility of application common reed *Phragmites* from Narew Valley as a filler in lightweight concrete 7
BOŽÍK Michal, BOŽÍKOVÁ Jarmila, Technology of plastic material installations at water distribution systems 15
FLIGIER Krzysztof, The system of DERMAT® active retaining walls at the road and bridges building as well as shaping areas of land development purposes 21
GAJZLER Marcin, Capabilities of using hybrid system within supporting decision making process for repairing of concrete constructions 29
JACKIEWICZ-REK Wioletta, WOYCIECHOWSKI Piotr, ZMYŚLONY Małgorzata, Influence of fly ash content on chosen concrete characteristics 39
JASICZAK Józef, SZYMAŃSKI Paweł, Modelling of concrete contraction with changeable w/c coefficient and changeable conditions of concrete curing 47
ŁAŹNIEWSKA Beata, Influence of air entraining admixture addition on frost resistance of self-compacting concrete 55
MAKÝŠ Peter, Labour content of concreting in relation to climatic conditions 63
ORŁOWSKI Jurij, SZAFRANKO Elżbieta, European standards and the preliminary process and concrete works, control of preliminary and realization works 69
PONIKIEWSKI Tomasz, Technological aspects of self-compacting concrete with steel fibres 75

II. ORGANISATION OF CONSTRUCTION WORK

BOGUSZ Wojciech, POŁOŃSKI Mieczysław, PRUSZYŃSKI Kamil, Analysis of the data exchange possibility between the MS Project and the Pertmaster programs 85
DESZCZ Joanna, Factory production control in conformity evaluating system 93
HOŁA Bożena, SCHABOWICZ Krzysztof, Applying of artificial neural networks in predicting effectiveness ratio for earthmoving machinery systems 101
JANUSZ Leszek, KAPLIŃSKI Oleg, Analysis of complex technological process. A case study 109
MARCINKOWSKI Roman, JAKUBOWSKI Grzegorz, Analytical simulation of scheduling of projects executed in torrent systems of work 121
MILIAN Zdzisław, A recursive method for computing the exact probability distribution of the project completion time in a stochastic pert network 129
PLEBANKIEWICZ Edyta, The basic problems of contractor pre-qualification 139
PODOLSKI Michał, The application of metaheuristic algorithms of job scheduling problems for scheduling multiobject civil engineering projects 147
ROGALSKA Magdalena, BOŻEJKO Wojciech, HEJDUCKI Zdzisław, The schedule of constructional enterprises applying evolutionary hybrid algorithm 157
SEKUNDA Radosław, Management of composite resources in engineering tasks realization 165

III. MANAGEMENT IN BUILDING ENGINEERING

BIZON-GÓRECKA Jadwiga, The innovative risk on the example of construction branch 175
CZARNIGOWSKA Agata, SOBOTKA Anna, Service quality of ppp-procured infrastructure projects 183
DROZD Wojciech, The analysis of the costs as result of negligence in the domain safety of the work 191
GAŠPARÍK Jozef, Quality assurance during the process of building planning and realization 199
HULÍNOVÁ Zdenka, Theory and practice in the field of the safety and health protection at work 205
MARTINEK Włodzimierz, NOWAK Paweł, KSIĄŻEK Mariola, Chosen aspects of construction solutions quantification 209
MATWIEJCZUK Wiesław, MATWIEJCZUK Tomasz, Tenders decision for investments contractor with artificial neural networks application 217
MINASOWICZ Andrzej, ZAWISTOWSKI Jacek, Analysis of investments efficiency, dependent on various probabilistic factors, with influence of confidence intervals and precision of calculations 223
SKORUPKA Dariusz, The method of construction projects risk assessment 231
WRÓBEL Reinhard, Outsourcing of builder's services in the project-risk management in the building company 239
ZIELIŃSKA-KAŁA Elżbieta, The fire – safety for investment process realization 247
ZIMA Krzysztof, Estimate building investment with approximate information use 255

IV. MAINTENANCE AND SERVICE LIFE OF BUILDINGS

BUCOŃ Robert, SOBOTKA Anna, Operating reliability of buildings 265
DZIADOSZ Agnieszka, Method of choice of variant realization development investment 273
KASPROWICZ Tadeusz, Identification and evaluation analysis of construction structures exploitation state 283
KONIOR Jarosław, Building elements correlation of various types parameters 293
KRISTOWSKI Adam, Modelling opinions of building's object for planning process of exploitation 301
KRZEWIŃSKI Roman, Shelter's exploitation 305
MARCINKOWSKA Ewa, GAWRON Krzysztof, Down-town tenement-houses in Wrocław as a subject of real estate sales amendments in law regulations 315
MARCINKOWSKI Roman, Problem of quality assurance in projected exploitation system of buildings' objects 325
OWCZAREK Stefan, ORŁOWSKI Zygmunt, SZKLENNIK Nina, Reference building – basis of estimate building condition 333
OWCZAREK Stefan, ORŁOWSKI Zygmunt, SZKLENNIK Nina, Conception of systematic estimation of buildings technical wear 341
ŚLIWOWSKI Maciej, SAWICKI Marek, Bay window as an architectural element which improves functional quality of flats 347
TRUCHANOWICZ Tadeusz, Conception of identification methods of construction object operation state 353
WERNER Witold, Infrastructural development in the light of city district needs 361
ZWIERZCHOWSKA Zofia, GAWRON Krzysztof, MARCINKOWSKA Ewa, Selected problems of education of real estate managers against a background of succeeding 369

V. ECOLOGY AND RECYCLING IN BUILDING ENGINEERING

BOŽÍKOVÁ Jarmila, BOŽÍK Michal, Effect of the quality of a distribution pipeline on the quality of the media conveyed 381

CZEMPLIK Andrzej, PAWLUK Anna, Design methodology and method statement of the flood bank construction with use of construction wastes 387
KORONA Lucyna, An evaluation of modernising thermal investments in some dwelling-houses in Bydgoszcz 397
MAŁASZKIEWICZ Dorota, PAWLUCZUK Edyta, Influence of recycled aggregate upon selected technical properties of concrete 405
RADZISZEWSKI Piotr, OŁDAKOWSKA Ewa, Utilization of fragmented rubber waste for cement concrete modification 411
REJMENT Mariusz, SAWICKI Marek, Recycling methods of building materials used on a building site 417
ŚLIWIŃSKA Elżbieta, Ecological building – health for people and the environment 423

VI. SPONSORED PAPERS

Diagnosis of buildings as a basis of renovation of historical objects 433

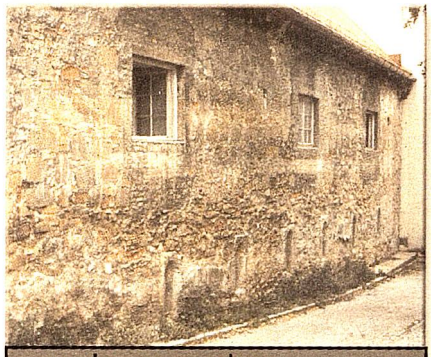


SYSTEM OSUSZANIA MURÓW

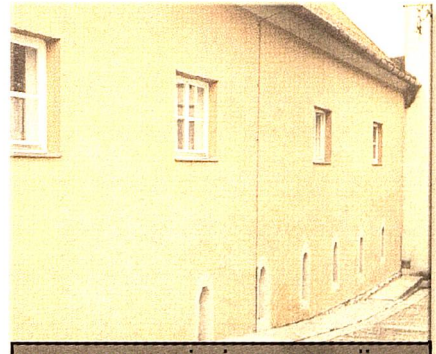
AQUAPOL®

OFERUJEMY:

- instalację systemu wraz z pomiarami wilgoci przeprowadzanymi zgodnie z europejskimi normami
- bezpłatne doradztwo w zakresie osuszania obiektów
- ochronę serwisową, aż do całkowitego osuszenia
- 20 lat gwarancji



przed osuszeniem



po osuszeniu i renowacji

OSUSZAMY CAŁĄ BRYŁĘ BUDYNKU JEDNOCZEŚNIE

SYSTEM AQUAPOL nie wymaga:

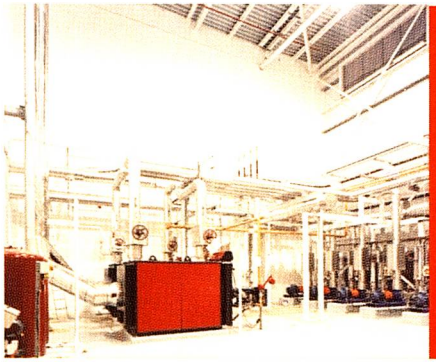
- wykonywania otworów w murze
- stosowania środków chemicznych
- podcinania murów
- zasilania prądem elektrycznym

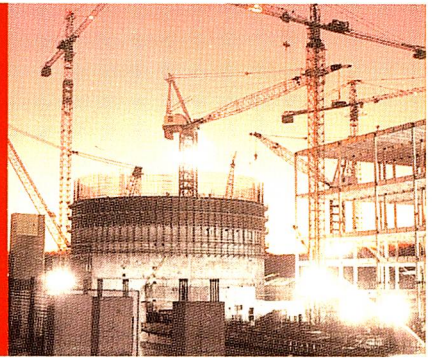
Nasz system jest skuteczny i bezpieczny

AQUAPOL POLSKA CPV
58-160 Świebodzice
ul. Żeromskiego 12

tel./fax (074) 854-58-91
e-mail: aquapol@aquapol.pl
www.aquapol.pl

International Experience, Local Knowledge





PM is an international design and project management company providing a wide range of engineering solutions for greenfield, expansion and upgrade projects across a variety of industries. From our central multidisciplinary design office in Wroclaw we serve projects all across Central and Eastern Europe. Services include:

■ Architectural, Structural, HVAC, Electrical, External and Internal Services and 3D design ■ Permitting
■ Construction and Project Management ■ Procurement and Tender Process ■ Statutory Investment Supervision
■ Technical Due Diligence & Technical Consultancy

www.pmg.pl

KEIM Farby Mineralne Sp. z o.o.



Podstawą unikalnej jakości farb mineralnych **KEIM** są składniki naturalne: spoiwo - płynny krzemian potasowy przypominający po zastygnięciu strukturą i twardością kryształ górski oraz mineralne wypełniacze i pigmenty nieorganiczne.

- farby elewacyjne i do wnętrz
- tynki mineralne i renowacyjne
- system renowacji kamienia
- impregnaty i środki czyszczące



Pałac, Łomnica k. Jeleniej Góry



Pałac, Radomierzyce k. Zgorzelca

Doradcy Techniczno-Handlowi:

- GDAŃSK - tel. 0608 42 18 36
- KRAKÓW - tel. 0602 73 74 90
- POZNAŃ - tel. 0606 90 69 85
- WARSZAWA - tel. 0604 95 01 48
- WROCŁAW - tel. 0696 03 50 29

KEIM Farby Mineralne Sp. z o.o., 51-315 Wrocław, ul. Kiełczowska 64 b
tel. (071) 329 81 52, fax (071) 329 81 54, e-mail: info@keim.com.pl, **www.keim.com.pl**

Politechnika Wrocławska

INSTYTUT BUDOWNICTWA

Adres korespondencyjny
Wybrzeże Wyspiańskiego 27,
50-370 Wrocław

Siedziba
Plac Grunwaldzki 11, 50-377 Wrocław
tel.: 071 320 23 65
fax: 071 322 14 65
e-mail: inst.bud.@pwr.wroc.pl
internet: www.ib.pwr.wroc.pl



Oferta współpracy z gospodarką

- Kompleksowe badania sprężonych, żelbetowych i stalowych belek, słupów oraz elementów płytowych o różnych przekrojach.
- Badania stalowych konstrukcji budowlanych i ich połączeń, badania zimnogiętych elementów obudów oraz konstrukcji zespolonych.
- Kompleksowe badania pojedynczych i podwójnych, stalowych, żelbetowych, częściowo sprężonych i sprężonych żerdzi w zastosowaniu do słupów i masztów.
- Kompleksowe badania betonowych i żelbetowych rur oraz kształtek bezciśnieniowych, a także rur ciśnieniowych w aspekcie zastosowania jako kolektory.
- Badania niszczące i nieniszczące elementów i konstrukcji budowlanych wykonanych z różnych materiałów.
- Badania wyrobów betonowych i prefabrykatów galanterii drogowych stosowanych w budownictwie drogowym i mostowym.
- Badania materiałów kamiennych, zapraw, betonów i wyrobów z zapraw i betonów.
- Kompleksowe badania, ekspertyzy i ocena stanu technicznego budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, budynków zabytkowych, budynków przemysłowych, chłodni kominowych, silosów na materiały sypkie, zbiorników na ciecze, basenów, kominów, żerdzi energetycznych.
- Analizy zużycia energii, optymalizacja zużycia energii w obiektach budowlanych, pomiary strat ciepła z wykorzystaniem termowizji.
- Harmonogramy i plany sieciowe robót budowlanych, plany bezpieczeństwa robót.
- Ekspertyzy budowlano-konstrukcyjne i budowlano-mykologiczne, ekspertyzy cieplno-wilgotnościowe i poprawy mikroklimatu wnętrz.
- Projekty budowlane i wykonawcze, projekty wzmocnień konstrukcji, projekty termomodernizacji, projekty kompleksowych zabezpieczeń przeciwwilgociowych istniejących budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, w tym budynków zabytkowych.

Akredytowane Laboratorium Badawcze Instytutu Budownictwa

Laboratorium Badawcze Instytutu Budownictwa jest akredytowane w Polskim Centrum Akredytacji, Nr akredytacji AB 455



POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI
POLISH CENTRE FOR ACCREDITATION

PCA

CERTYFIKAT AKREDYTACJI
LABORATORIUM BADAWCZEGO
ACCREDITATION CERTIFICATE OF TESTING LABORATORY
Nr AB 455

Potwierdza się, że / This is to confirm that

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA INSTYTUT BUDOWNICTWA
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
LABORATORIUM BADAWCZE INSTYTUTU BUDOWNICTWA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Pl. Grunwaldzki 11, 50-377 Wrocław

spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001

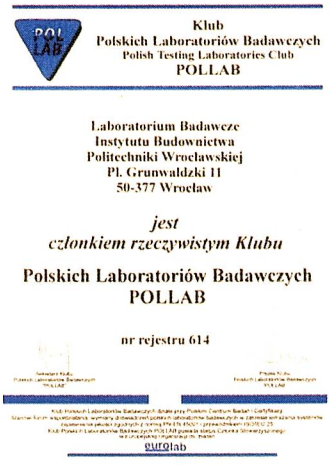
Akredytowana działalność jest określona w Zakresie Akredytacji Nr AB 455

Akredytacja pozostaje w mocy pod warunkiem przestrzegania wymagań jednostki akredytującej określonych w kontrakcie Nr AB 455

Okres ważności certyfikatu akredytacji od 03.02.2004 r. do 02.02.2008 r.

DYREKTOR
POLSKIEGO CENTRUM AKREDYTACJI
KAROL HALFTMANN

Warszawa, dnia 3 lutego 2004 roku



Klub
Polskich Laboratoriów Badawczych
Polish Testing Laboratories Club
POLLAB

Laboratorium Badawcze
Instytutu Budownictwa
Politechniki Wrocławskiej
Pl. Grunwaldzki 11
50-377 Wrocław

jest
członkiem rzeczywistym Klubu

Polskich Laboratoriów Badawczych
POLLAB

nr rejestru 614

eurolab

Badania wykonywane w ramach akredytacji w **Pracowni Konstrukcji Budowlanych:**

- Badanie mieszanki betonowej
- Badanie próbek betonowych
- Badanie stwardniałego betonu
- Badanie materiałów kamiennych
- Badanie metali i wyrobów metalowych
- Badanie próbek metalowych
- Badanie próbek betonowych
- Badanie stali do zbrojenia i sprężania betonu
- Badanie zgrzewanych siatek do zbrojenia
- Badanie prefabrykatów budowlanych z betonu
- Badanie elementów konstrukcji wsporczych linii energetycznych
- Badanie kanałów odwadniających
- Badanie rur
- Badanie rur i kształtek
- Badanie elementów ogrodzeń
- Badanie zwieńczeń wpustów i studzienek kanalizacyjnych
- Badanie wpustów ściekowych
- Badanie studzienek włazowych i niewłazowych
- Badanie stopni do studzienek włazowych
- Badanie krawężników betonowych
- Badanie bloczków
- Badanie pustaków
- Badanie betonowej kostki brukowej
- Badanie betonowych płyt brukowych

Badania wykonywane w ramach akredytacji w **Pracowni Technologii Betonu:**

- Badanie betonu
- Badanie kamienia naturalnego
- Badanie zaprawy
- Badanie cementu

PRACE NAUKOWE INSTYTUTU BUDOWNICTWA
(wydane w latach 1997–2006)

Nr 69, Konferencje nr 22, *Materiały kompozytowe – właściwości, wytwarzanie, zastosowanie.* I Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 1997

Nr 70, Konferencje nr 23, *Budownictwo betonowe w energetyce.* I Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 1998

Nr 71, Konferencje nr 24, *Problemy remontowe w budownictwie ogólnym.* VIII Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 1998

Nr 72, Monografie nr 31, H. Nowak, *Oddziaływanie cieplnego promieniowania środowiska zewnętrznego na budynek*, Wrocław 1999

Nr 73, Monografie nr 32, A. Ubysz, *Odkształcenia plastyczne i samonaprężenia w żelbetowych konstrukcjach prętowych*, Wrocław 1999

Nr 74, Konferencje nr 25, *Problemy projektowania oraz optymalizacja rozwiązań materiałowych i technologii wykonywania obiektów w aspekcie trwałości i ochrony przed korozją.* XI Konferencja OKTRA '99, Wrocław 1999

Nr 75, Konferencje nr 26, *Materiały kompozytowe – właściwości, wytwarzanie, zastosowanie.* II Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 1999

Nr 76, Monografie nr 33, J. Hoła, *Naprężenia inicjujące i krytyczne a destrukcja naprężeniowa w betonie ściskanym*, Wrocław 2000

Nr 77, Monografie nr 34, Z. Hejducki, *Sprzężenia czasowe w metodach organizacji złożonych procesów budowlanych*, Wrocław 2000

Nr 78, Konferencje nr 27, *Problemy eksploatacji, remontów i wznoszenia budowlanych obiektów energetycznych.* II Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2000

Nr 79, Konferencje nr 28, *Diagnostyka, utrzymanie, remonty, modernizacje oraz budowa obiektów budowlanych na terenie Lubińskiego Zagłębia Miedziowego*, Wrocław 2001

Nr 80, Konferencje nr 29, *Materiały kompozytowe – właściwości, wytwarzanie, zastosowanie.* III Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2001

Nr 81, Konferencje nr 30, *Budownictwo w energetyce.* III Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2002

Nr 82, Konferencje nr 31, *Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych.* X Jubileuszowa konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2002

Nr 83, Monografie nr 35, E. Hotała, *Nośność graniczna nieużebrowanych cylindrycznych płaszczy silosów stalowych*, Wrocław 2003

Nr 84, Konferencje nr 32, *Budownictwo w energetyce.* IV Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2004

Nr 85, Monografie nr 36, J. Karyś, *Czynniki materiałowe i technologiczne warunkujące trwałość zbrojonych kompozytów z cementów glinowych w środowisku siarczanowym*, Wrocław 2005

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
326182 L/1

Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej
są do nabycia w księgarni
„Tech"
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
budynek A-1 PWr., tel. (0-71) 321 32 52
Prowadzimy sprzedaż wysyłkową

ISSN 0137-6241