

WPROWADZENIE ELASTYCZNOŚCI W ZARZĄDZANIU JAKOŚCIĄ NA PRZYKŁADZIE BETONOWANIA

Mahmoud HSINO^{a*}, Jerzy PASŁAWSKI^b

^a Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Pile, 64-920 Piła, ul. Podchorążych 10

^b Instytut Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Poznańska, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 5

Streszczenie: Wprowadzenie systemów zapewnienia jakości w budownictwie poprzez opracowanie odpowiednich standardów (procedury, instrukcje, itp.) przyczyniło się do uporządkowania istniejących zasad działania oraz wprowadzenia jednoznacznej odpowiedzialności. Posiadanie systemu zarządzania jakością nobilituje także przedsiębiorstwo na rynku, czyni bardziej wiarygodnym dostawcą wyrobów lub usług. Niestety zbyt sztywne reguły działania mogą prowadzić do utrudnienia prawidłowego funkcjonowania poprzez ograniczenie inicjatywy i kreatywności pracowników, zbyt biurokratyczne reguły itp. Zastosowanie elastyczności w procedurach zarządzania jakością przyczynić się może do zwiększenia skuteczności i sprawności organizacyjnej dzięki możliwości wariantowania postępowania w celu dostosowania do zmian w otoczeniu.

Słowa kluczowe: systemy zapewnienia jakości, elastyczne procedury, betonowanie.

1. Wprowadzenie

Głównymi motywami skłaniającymi przedsiębiorstwa (w tym i budowlane) do wdrożenia i certyfikacji systemów zarządzania jakością jest chęć poprawy konkurencyjności i wizerunku, usprawnienie działania firmy, podniesienie poziomu jakości wyrobów, spełnianie wymogów stawianych przez kontrahentów, obniżenie kosztów, itp. (Aggarwal, 1995; Llorens-Montes i in., 2004). Systemy te służą m. in. do opanowania problemów pojawiających się podczas realizacji różnych procesów budowlanych dzięki jednoznacznym procedurom postępowania oraz podziałowi kompetencji i odpowiedzialności w przedsiębiorstwie. Dalszymi typowymi etapami rozwoju systemów zarządzania jakością jest wprowadzenie Total Quality Management i Six Sigma.

Wiele organizacji traktuje jednak problem jakości nazbyt poważnie upatrując w nim fetysz, wpadając w tak zwaną pułapkę jakości (Paślawski, 2009; Volberda, 1998; Zalewski, 2004). Polega ona na przesadnym sformalizowaniu procedur (oraz innych elementów systemu). Utrudnia to w znacznym stopniu bieżącą działalność organizacji blokując inicjatywę i zaangażowanie pracowników. Zbyt sztywność procedur postępowania przy konieczności działania w dynamicznie zmiennym otoczeniu niesie za sobą ryzyko zakłóceń, strat, opóźnień itp.

Umiejętność detekcji zagrożeń, bezpośrednia obserwacja zaistniałych błędów, usterek oraz wad, pozwala na opracowanie skutecznego toku postępowania w celu ich usunięcia. W oparciu o te doświadczenia tworzone jest archiwum z kolejnymi przypadkami stanowiącymi podstawę *biblioteki dobrych praktyk* (rezultat ciągłego doskonalenia i uczenia się z przykładów). Ten tok postępowania oparty na monitorowaniu ma na celu zniwelowanie usterek, wad i zakłóceń poprzez wyeliminowanie ich źródeł lub ograniczenie ich wpływu na rezultaty procesów w toku. Jedną z dróg realizacji tych działań jest wprowadzenie *elastycznego* podejścia w postaci wielowariantowej koncepcji realizacji danego procesu, w zależności od zmienności i turbulencji otoczenia, tzn. elastyczności umożliwiającej łatwy dobór opcji realizacji do aktualnych warunków.

Celem planowanych badań jest analiza systemów zarządzania jakością pod kątem możliwości zastosowania elastyczności w wybranych procesach technologicznych. W omawianym przypadku będzie to proces betonowania w dwóch skrajnych sytuacjach oddziaływania dynamicznie zmiennych warunków realizacji. Pierwszy dotyczy zastosowania elastyczności podczas betonowania w warunkach obniżonej temperatury (warunki klimatyczne krajowe) a drugi z nich – w warunkach podwyższonej temperatury (warunki klimatyczne syryjskie).

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: m-hsino@o2.pl

2. Idea zastosowania elastyczności przy betonowaniu w obniżonej temperaturze

Omawiana na wstępie pułapka jakości prowadzi do zbyt sztywnych procedur postępowania, które w niektórych sytuacjach mogą zwiększać ryzyko operacyjne. Wynika ono z przyjęcia jedynej możliwej opcji realizacji określonych procesów budowlanych zgodnie z daną procedurą. W rezultacie – biorąc pod uwagę dynamiczną zmienność otoczenia – prowadzi to do zwiększonego ryzyka nie spełnienia wymagań jakościowych (stosowanie jednej metody realizacji pomimo zmian warunków) lub często wstrzymywania robót ze względu na oczekiwanie na warunki sprzyjające realizacji procesów określoną metodą.

Elastyczność w proponowanym ujęciu oznacza przygotowanie pewnej liczby opcji realizacji procesu umożliwiających najlepsze dopasowanie do stwierdzonych lub przewidywanych warunków otoczenia. W przeciwieństwie do typowych elastycznych systemów produkcyjnych skoncentrowanych na dostosowaniu do zmiennego asortymentu produkcji, w budownictwie zastosowanie elastyczności odnosi się do możliwości dostosowania do dynamicznie zmiennych warunków realizacji procesów.

Przykładem sytuacji, kiedy zastosowanie elastyczności w systemie zapewnienia jakości wydaje się szczególnie uzasadnione, jest betonowanie w warunkach obniżonej temperatury. W opisywanym przypadku wykorzystano doświadczenia przy zarządzaniu jakością betonu w konstrukcjach obiektów autostradowych (Procedure FM.8.PR.027, 1999). Opierając się na znajomości aktualnych warunków oraz prognozie na najbliższe 24/48 godzin można określić zalecany tok postępowania w danych warunkach, mając na uwadze osiągnięcie wymaganej wytrzymałości mrozowej (8-10 MPa) w relatywnie krótkim okresie (przykładowo 48 godzin). Przyjęto, że do dyspozycji są następujące opcje:

- podgrzewanie mieszanki betonowej (bez podgrzewania, 10°C, 15°C i 20°C);
- modyfikacja domieszkami umożliwiającymi betonowanie w obniżonej temperaturze (bez domieszki, niskie dozowanie, średnie dozowanie, wysokie dozowanie);
- osłanianie/podgrzewanie dojrzewającej mieszanki (bez osłon, osłony termoizolacyjne, słaby nagrzew, silny nagrzew).

Ponieważ w omawianym przypadku opieramy się na procedurze betonowania w budownictwie komunikacyjnym nie wzięto pod uwagę możliwości przedozowania ilości cementu.

Ogólna formuła postępowania przy betonowaniu dla określonej receptury R1 jest następująca

$$\text{If TA= H and TT= H then TACTIC} = \text{T221}, \quad (1)$$

gdzie TA jest aktualną temperaturą otoczenia (H oznacza przedział od 0,1 do +5°C), TT jest prognozowaną temperaturą otoczenia (H oznacza przedział od 0,1 do +5°C), TACTIC jest to taktyka postępowania przy betonowaniu, przykładowo T221 – taktyka przy betonowaniu oznaczająca:

- podgrzewanie mieszanki betonowej na poziomie średnim (15°C),
- dozowanie domieszki na poziomie średnim (1% m. c.),
- osłanianie dojrzewającego betonu matą izolacyjną.

Naturalnie w omawianej sytuacji należy także przewidzieć monitoring otoczenia i procesu w toku (kontrola narastania wytrzymałości betonu). Monitoring procesu może w najprostszym przypadku polegać na badaniu specjalnie w tym celu przygotowanych próbek (dojrzewających analogicznie do betonowanej konstrukcji), poprzez pobranie odwiertów z konstrukcji aż do badania temperatury (i ewentualnie innych czynników, np. wilgotności) wewnątrz dojrzewającej konstrukcji i wnioskowania na tej podstawie o narastaniu wytrzymałości w czasie rzeczywistym (Karłowski, 2008; Karłowski i Paślawski, 2008; Witakowski, 2005). Zebrane w ten sposób informacje mogą służyć nie tylko do potwierdzenia prawidłowości przebiegu aktualnie realizowanego procesu (należy także uwzględnić możliwość niezgodności prognozy z przebiegiem rzeczywistym), lecz także umożliwiać systematyczne doskonalenie taktyk działania zestawionych w tabeli decyzyjnej – tabela 1.

Przedstawiona powyżej tabela decyzyjna umożliwia dobór opcji postępowania dla różnych warunków betonowania i późniejszego dojrzewania. Podejście to różni się istotnie od sytuacji, kiedy przewiduje się zastosowanie jednego sposobu postępowania przy realizacji określonego procesu budowlanego. Systematyczna analiza rezultatów zastosowania określonych taktyk w danych warunkach stanowi podstawę nauki z przykładów i ciągłego doskonalenia.

Tab. 1. Tabela decyzyjna przy betonowaniu w obniżonej temperaturze

Warunki betonowania	Prognozowane warunki dojrzewania (48 h)			
	H (5°C - 0,1°C)	M (0°C - -4,9°C)	L (-5°C - -9,9°C)	EL (-10°C - -14,9°C)
H (5°C - 0,1°C)	T221	T222	T233	T233
M (0°C - -4,9°C)	T221	T321	T333	T333
L (-5°C - -9,9°C)	T321	T322	T333	T333

3. Idea zastosowania elastyczności przy betonowaniu w warunkach podwyższonej temperatury

Analogiczną sytuacją do wyżej opisanej jest zastosowanie elastyczności w systemie zapewnienia jakości w odniesieniu do procedur betonowania w warunkach podwyższonej temperatury. W tej sytuacji uzasadnione jest zastosowanie elastyczności w postaci wielo-wariantowej koncepcji realizacji betonowania w celu przeciwdziałania skurczowi spowodowanemu wysychaniem betonu oraz redukcji różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią a jego rdzeniem (ograniczenie naprężeń termicznych i ryzyka spękań betonu) itp. W zależności od zmiennych warunków (koncentrując się na temperaturze powietrza) proponuje się następujący podział (latem):

1. dobre warunki do betonowania tj. od 15°C do 24,9°C,
2. możliwe warunki do betonowania od 25°C do 34,9°C,
3. ciężkie warunki do betonowania od 35°C do 44,9°C.

W związku z powyższym w pełni uzasadnione jest zastosowanie elastyczności w postaci różnych procedur zapewniających większą ciągłość robót budowlanych bez niepotrzebnych przerw technologicznych, zbędnych przestoju brygad, sprzętu i maszyn.

W tym celu proponuje się zastosowanie następujących wariantów:

- a) warstwa ochronna natryskiwaną z materiału typu Alsimvel Pink (Cimphil rose) lub Lanco-covers w celu zapobiegania parowaniu wody i wysychaniu powierzchni betonu;
- b) warstwa piasku (o grubości około 0,1 m) na powierzchni świeżego betonu i polewać ją wodą, aby zapobiec jej wyparowaniu i powstawaniu rys (o ile betonowana powierzchnia jest pozioma);
- c) materiały zmiennofazowe (PCM, ang. *phase change materials*) w celu ograniczenia narastania temperatury betonu na skutek wydzielania ciepła hydratacji dzięki absorpcji ciepła niezbędnego do przemiany fazowej dodatku, uzyskując w efekcie redukcję gradientów termicznych i redukcję naprężeń termicznych, powstałych pomiędzy powierzchnią mieszanki a jej rdzeniem;
- d) chłodzić wodę zarobową lub dodawać kostki lodu do mieszanki;
- e) domieszki opóźniające wiązanie.

Spośród wymienionych wyżej wariantów na szczególną uwagę zasługuje możliwość dodatku materiałów zmiennofazowych (punkt c). Ich zastosowanie w warunkach obniżonej temperatury zostało potwierdzone doświadczalnie (Bentz i Turpin, 2007). Efekty nie tylko obejmują fazę wstępnego dojrzewania (ograniczenie możliwości zamrażania betonu), lecz także fazę eksploatacji – zmniejszenie liczby cykli zamrażania-rozmrażania dzięki buforowi ciepła przemiany fazowej. Z punktu widzenia betonowania w warunkach podwyższonej temperatury zastosowanie tego dodatku zapewnić może ograniczenie piku termicznego we wstępnej fazie dojrzewania mieszanki betonowej – maksymalna dopuszczalna temperatura mieszanki betonowej (PN-V-83002, 1999) określona jest

w granicach od 29°C do 32°C (Jasiczak, 1987; Neville, 2000).

4. Wnioski

Zaprezentowana analiza możliwości zastosowania elastyczności w procedurach zarządzania jakością wraz z koncepcją zastosowania jej przy betonowaniu w warunkach obniżonej i podwyższonej temperatury pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Szytwe procedury zapewnienia jakości mogą prowadzić do ograniczenia zdolności dostosowania do zmiennych warunków otoczenia, co w przypadku realizacji procesów budowlanych wystawionych na bezpośrednie oddziaływanie dynamiczne zmiennego otoczenia oznaczać może albo kontynuację robót w zmiennych warunkach (ryzyko zaniżenia jakości) lub konieczność wstrzymania robót (ryzyko wydłużenia terminu realizacji).
2. Elastyczność w proponowanym ujęciu oznacza przygotowanie pewnej liczby opcji realizacji procesu umożliwiających najlepsze dopasowanie do stwierdzonych lub przewidywanych warunków otoczenia.
3. W budownictwie zastosowanie elastyczności odnosi się do możliwości dostosowania do dynamicznie zmiennych warunków realizacji procesów (w przeciwieństwie do typowych elastycznych systemów produkcyjnych skoncentrowanych na dostosowaniu do zmiennego asortymentu produkcji).
4. Omawiany przykład wprowadzenia elastyczności przy betonowaniu poprzez modyfikację stosowanych materiałów (zastosowanie dodatku materiałów zmiennofazowych) ilustruje możliwość ograniczania ryzyka operacyjnego, zapewnienie większej zgodności przebiegu realizowanych procesów z planem oraz zdolność do przekraczania barier technologicznych
5. Biorąc pod uwagę wzajemne oddziaływanie zarządzania jakością i elastycznością logicznym wydaje się postępowanie zakładające priorytet dla budowy systemów zapewnienia jakości, a następnie – po zdobyciu doświadczeń z wykorzystaniem opracowanych procedur – analizę możliwości wprowadzenia elastyczności w wybranych przypadkach.
6. Prezentowany przykład ilustruje potencjalne korzyści z wprowadzenia opcji elastyczności w zakresie zapewnienia jakości przy zarządzaniu procesami produkcyjnymi w budownictwie
7. Istotną zaletą omawianego rozwiązania jest możliwość cyklicznego uczenia się na podstawie analizowanych przykładów.
8. W rezultacie systematycznie gromadzone informacje mogą prowadzić do rozwijania autonomicznego systemu doradczego wspomagającego kierownika budowy w podejmowaniu decyzji operacyjnych.

Literatura

- Aggarwal, S. (1995). Flexibility Management: The Ultimate Strategy. *Industrial Management*, Vol. 37, No. 6, 20-26.
- Bentz D. P., Trupin R. (2007). Potential applications of phase change materials in concrete technology. *Cement & Concrete Composites*, Vol. 29, 527-532.
- Jasiczak J. (1987). Technologia monolitycznych robot betonowych wykonywanych w krajach o klimacie suchym i gorącym. *Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej*, Poznań.
- Karłowski A. (2008). Telemetric system for management in concrete process. W: Proc. of the 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Vilnius "Technika", 318-323.
- Karłowski A., Paślawski J. (2008). Monitoring of construction processes in the variable environment. *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 14, 503-517.
- Lloréns-Montes, F. Javier, García-Morales, Víctor J. and Verdú-Jover, Antonio J. (2004). Flexibility and quality management in manufacturing: an alternative approach. *Production Planning & Control*, Vol. 15, 525-533.
- Neville A. M. (2000). Właściwości betonu. *Polski Cement*, Kraków.
- Paślawski J. (2009). Elastyczność w zarządzaniu realizacją procesów budowlanych. *Wyd. Politechniki Poznańskiej*, Poznań.
- Procedure FM.8.PR.027 (1999). Winter Concreting, Quality Assurance System. *Fougerolle International – Mostostal Warszawa S. A.*, Poznań.
- Volberda H. (1998). Building the flexible firm. How to remain competitive. *Oxford University Press*, Oxford.
- Witakowski P. (2005). Internetowy system nadzoru dla budownictwa betonowego. *Budownictwo, Technologie, Architektura*, 4/2005, 34-39.
- Zalewski R. I. (2004). Jakość i elastyczność produkcji. W: Szanse i perspektywy polskiej gospodarki w Unii Europejskiej, Skawińska E. (red.). *Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne*, Warszawa, 87-130.

INTRODUCTION OF FLEXIBILITY IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM BASED ON CONCRETING EXAMPLE

Abstract: The introduction of quality systems in the construction industry by developing appropriate standards (procedures, instructions, etc.) contributed to clarifying the existing rules of operation, and the introduction of clear responsibilities. Having a quality management system also ennobles the company in the market, makes a more reliable supplier of goods or services. Unfortunately, too rigid rules of operation may lead to difficulties by limiting the proper functioning of the initiative and creativity of workers, the bureaucratic rules of operation, etc. The use of flexibility in the procedures of quality management can contribute to enhancing the effectiveness and efficiency through capacity of variant proceedings in order to adapt to changes in the environment.

Autorzy składają podziękowanie za wsparcie finansowe badań z Działalności Statutowej Instytutu Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej