

Ocena i normowanie rozwiązań technologiczno-organizacyjnych procesów budowlanych

Artur Koper¹, Roman Marcinkowski²

^{1,2} Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska,
e-mail: ¹artkop1@wp.pl, ²marcinkowski@pw.plock.pl

Streszczenie: Przedmiotem opracowania są zagadnienia analityczne badania procesów pracy w celu ustalenia racjonalnych sposobów ich realizacji oraz modele ich normowania na potrzeby planowania robót.

Słowa kluczowe: badanie i normowanie procesów pracy w budownictwie

1. Wprowadzenie

Procesy budowlane powinny być standaryzowane i normowane celem projektowania organizacji budowy lub programowania produkcji budowlanej. Zajmują się tym jednostki badające prace, które prowadzą w każdej nowej (nienormowanej) działalności badania i analizy procesów pracy. Celem badania procesów pracy powinno być ustalenie racjonalnych sposobów wykonania badanych procesów wraz z opisem rzeczowym i ilościowym ich charakterystyk technologiczno-organizacyjnych.

W budownictwie wyróżnia się procesy budowlane o różnym stopniu złożoności. W literaturze z zakresu *technologii i organizacji* określono podział procesów budowlanych na: złożone, cząstkowe, proste, operacje, zabiegi, czynności i ruchy robocze. W dysertacji [1] A. Koper zaproponował podział procesów budowlanych na: *czynności technologiczne, procesy podstawowe i procesy złożone* (o różnym stopniu złożoności). Uznaje się, że ten podział jest wystarczający do przedmiotowego problemu. Trzeba jednak zdefiniować te pojęcia.

Czynność technologiczna to praca wykonywana przez ustalony zestaw środków pracy. Środki zaangażowane w realizację czynności technologicznych pracują tyle, ile wynosi ich czas wykonania.

Proces podstawowy to zbiór czynności technologicznych o określonej sekwencji wykonania, który powinien być znormowany pod względem nakładów rzeczowych na wykonanie jednostki obmiaru procesu i stopnia wykorzystania zasobów czynnych. Charakterystyki te powinny umożliwić ocenę czasu i kosztu wykonania procesu w technice jak współcześnie stosowane KNR-y.

Z procesów podstawowych składają się **procesy złożone**. W zasadzie nie normuje się tych procesów, bowiem mają one nieliczną powtarzalność, a procesy składowe mogą być wykonywane różnymi sposobami (rozwiązaniami technologiczno-organizacyjnymi). Problem standaryzacji takich procesów wiąże się z rozpatrzeniem alternatyw procesów podstawowych, wyborem najkorzystniejszych rozwiązań technologiczno-organizacyjnych, ustaleniem kryteriów ich oceny, wskaźników jakości, metod analizy, harmonogramowania, itd. Tylko niektóre z tych zagadnień zostaną poruszone w niniejszej pracy.

Przedmiotem opracowania są zagadnienia analityczne badania procesów pracy w celu ustalenia racjonalnych sposobów ich realizacji oraz modele ich normowania na potrzeby planowania robót.

2. Ocena sposobów wykonania procesów pracy

Celem badania pracy powinno być określenie racjonalnych sposobów wykonania czynności technologicznych i procesów podstawowych, z ustaleniem rodzaju i liczby zasobów – zespołu wykonawczego. Do planowania potrzebujemy jeszcze poznać możliwości czasowe wykonania procesów. Zajmijmy się pierwszym problemem.

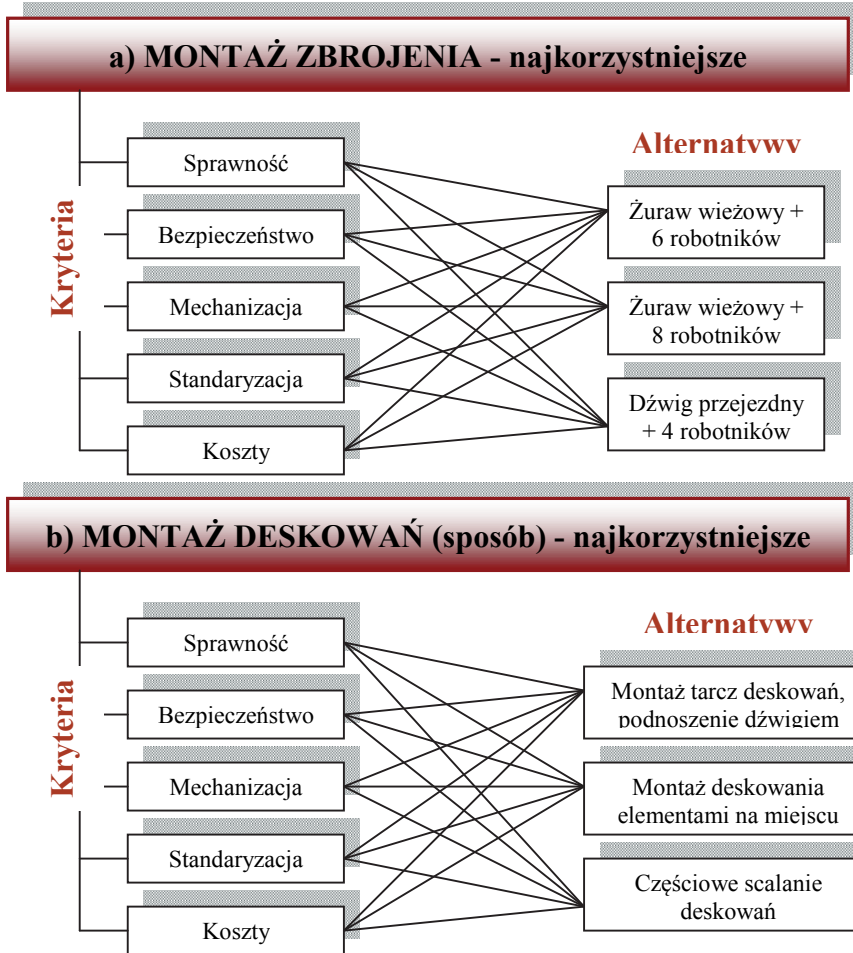
Aby określić racjonalny sposób wykonania procesu podstawowego trzeba ustalić zespół wykonawczy do takiego procesu, normę czasu wykonania i normy nakładów pracy dla poszczególnych zasobów zespołu wykonawczego. Jak już stwierdziliśmy, proces podstawowy to zbiór czynności technologicznych. Można więc ustalić alternatywy organizacji wykonawcy takiego procesu (rodzaje i liczby zasobów), nakłady pracy dla zasobów i czas wykonania procesu. Oczywiście alternatywy te należy ocenić, wybierając do standaryzacji tylko te, które są najbardziej celowe. Nie wystarczy tu jednak tylko ocena czasu czy kosztów – wynikające bezpośrednio z charakterystyk składowych czynności technologicznych. W [1] zaproponowano ocenę procesów pracy przez pryzmat pięciu kryteriów:

- „bezpieczeństwo” – zapewnić wysoki stopień bezpieczeństwa robót;
- „mechanizacja” – zapewnić wysoki stopień mechanizacji robót kosztem ograniczenia pracy ręcznej;
- „sprawność” – uzyskać sprawne (szybkie) wykonanie robót;
- „standaryzacja” – przyjmować takie sposoby realizacji robót, które są powtarzalne i uniwersalne w ramach badanego systemu;
- „koszty” – promować rozwiązania obniżające koszty realizacji.

W analizowanym procesie należy wyróżnić wszystkie możliwe do zastosowania rozwiązania technologiczno-organizacyjne (w tym ich charakterystyki techniczne, porządkowe, ilościowe), jako alternatywy realizacji robót. Każde rozwiązanie alternatywne porównuje się z innymi rozwiązaniami alternatywnymi przez pryzmat kryteriów – celów istotnych dla wykonawców robót. Ocenę wariantów przez pryzmat kryteriów należy prowadzić w sposób ekspercki (dla kryteriów: bezpieczeństwo, mechanizacja, standaryzacja), bądź analityczny (dla kryteriów: sprawność, koszty) skwantyfikowanych według przyjętej skali. Do wykonania takich porównań proponuje się zastosowanie jednej z metod wielokryterialnej analizy porównawczej [2, 3], na przykład metody AHP (*Analytic Hierarchy Process*) z oprogramowaniem Make It Rational [4] (<http://makeitrational.com>). Metodę tę zastosowano do rozwiązania podobnego problemu w [5].

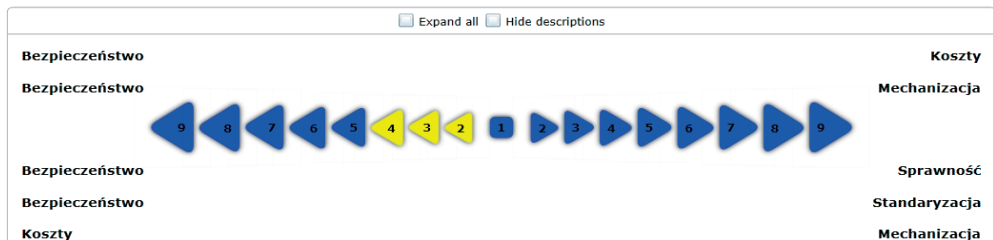
W analizach trzeba mieć na uwadze to, że czas i koszty realizacji procesu nie są sumą odpowiednio czasu i kosztów czynności technologicznych. Proces, to pewna struktura kolejnościowa czynności technologicznych, generująca dodatkowe koszty i czas, z tytułu przerw technologicznych, przestoju maszyn, itp. W każdej alternatywie trzeba więc określić te charakterystyki techniką organizatorską.

W metodzie AHP, poprzez stosowanie porównań parami, jako głównej metody oceny, program wyznacza stopień dominacji danego czynnika (kryterium lub alternatywa) nad drugim, jako miarę siły preferencji decydenta w odniesieniu do rozważanych kryteriów i alternatyw. Oczywiście, porównywać należy jedynie te alternatywy, które są ze sobą konkurencyjne. W jednym badanym procesie może zaistnieć potrzeba wykonania szeregu analiz porównawczych w celu uzyskania rozstrzygnięć różnych problemów decyzyjnych (przykład – rys. 1).

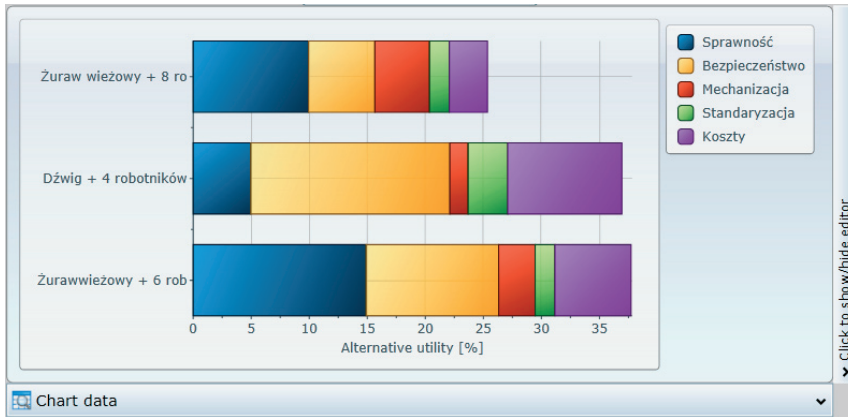


Rys. 1. Przykłady procesów decyzyjnych w poszukiwaniu rozwiązań racjonalnych, w badaniu procesów pracy: a) montaż zbrojenia, b) montaż deskowań (sposób).

Przykładowo, porównując alternatywy jednego z procesów wyróżnionych na rys. 1 – montaż zbrojenia, przez pryzmat kryteriów jak na rys. 2, w programie Make It Rational, otrzymuje się ocenę użyteczności rozpatrywanych alternatyw jak na rys. 3.



Rys. 2. Porównanie przyjętych kryteriów wraz ze stopniem ważności kryteriów w programie Make It Rational (fragment okna programu)



Rys. 3. Wynik analizy użyteczności alternatyw w programie Make It Rational do wykonania procesu „Montaż zbrojenia”

W analizowanym przykładzie optymalnym wariantem użycia środków pracy jest zestaw składający się z: żurawia wieżowego + 6 robotników.

3. Koncepcja normowania procesów pracy

Do projektowania organizacji robót potrzebne są: *norma czasu wykonania i normy nakładów pracy* zasobów czynnych. Charakterystyki te ustalamy mierząc czynności technologiczne – czas ich wykonania określonym potencjałem zasobowym.

Jeżeli przyjmiemy, że przedmiotem pomiaru czynności technologicznej będzie praca o zakresie z^c , a czas jej wykonania zespołem $B = \{b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n\}$ wyniesie t^c , to nakłady pracy na wykonanie jednostki *czynności technologicznej* można określić według zależności:

$$n_i^c = \frac{t^c}{z^c \cdot l_i^c}, \quad (1)$$

gdzie: l_i^c – liczba jednostek zasobu b_i zaangażowanych do wykonania czynności technologicznej.

W przypadku normowania *procesów podstawowych* (a i złożonych – jeżeli jest to celowe), trzeba mieć na uwadze to, że nakłady pracy dla zasobów nie będą wprost proporcjonalne do czasu wykonania procesu. W takim procesie maszyny i specjaliści będą wykorzystywane z przerwami wynikającymi z uwarunkowań technologicznych.

Każdy proces budowlany p w toku jego mierzenia na budowie, powinien mieć ustalone:

- zakres z^p ,
- zbiór pomierzonych czynności technologicznych Q^p (dla każdego elementu zbioru: nazwa, zakres, czas trwania, zbiór zasobów biorących udział w realizacji i ich liczebność),
- czas wykonania procesu t^p .

Efektom normowania procesów pracy powinny być charakterystyki rzeczowe i ilościowe procesów w postaci:

- opisu technologii normowanego procesu,
- jednostki obmiaru procesu,
- jednostkowych nakładów pracy dla zasobów n_i^p ,
- stopnia wykorzystania zasobów s_i^p .

Nakłady pracy zasobów na wykonanie procesu są sumą nakładów pracy zasobów jednorodnych na wykonanie zbioru czynności technologicznych Q^p . Można je określić według zależności:

$$n_i^p = \frac{\sum_{k \in Q_i^p} \frac{t_k^c}{l_{i,k}^c}}{z^p} \quad i \in M^p, \quad (2)$$

gdzie: n_i^p – nakład pracy zasobu i na wykonanie jednostki procesu p ;

t_k^c – czas wykonania k -tej czynności technologicznej, w której zaangażowany jest i -ty zasób;

$l_{i,k}^c$ – liczba jednostek i -tego zasobu zaangażowanych w wykonanie k -tej czynności technologicznej;

Q_i^p – zbiór czynności technologicznych, w których wykorzystywany jest i -ty zasób;

M^p – zbiór zasobów czynnych biorących udział w realizacji procesu p .

Procedura ta sprowadza się do scalenia czynności technologicznych w aspekcie ilości pracy dla zasobów czynnych, a i zasoby bierne również tą techniką mogą zostać scalone. Znajomość nakładów pracy na wykonanie procesów budowlanych nie wystarcza do określenia czasu trwania robót budowlanych. Potrzebna jest dodatkowa charakterystyka ilościowa – stopień wykorzystywania zasobu w realizacji danego procesu budowlanego.

Stopień s_i^p wykorzystania zasobu $i \in M^p$ w realizacji procesu p wyznaczyć można według zależności:

$$s_i^p = \frac{n_i^p \cdot z^p}{t^p \cdot l_i^p} \quad i \in M^p, \quad (3)$$

gdzie: l_i^p – liczba jednostek i -tego zasobu zaangażowanych w wykonanie procesu p .

Przedstawiony sposób normowania procesów budowlanych, wydawałoby się w prosty sposób może być realizowany w praktyce. Niestety, na budowach procesy budowlane są bardzo często zamierzenie przerywane. Powoduje to trudność oceny czasu wykonania procesu, który to jest podstawą do określenia stopni wykorzystania zasobów. W tej sytuacji badający procesy muszą rejestrować przerwy organizacyjne w realizacji procesu (nie należy odliczać przerw, które zwyczajowo wlicza się do norm pracy) i ustalać czas wykonania weryfikując dane z obserwacji. Często też na budowach następuje międzyoperacyjna zamiana jednych zasobów na drugie w realizacji normowanego procesu. Niestety w takim przypadku nie jesteśmy w stanie określić prawidłowo normy czasu wykonania i normy nakładów pracy na wykonanie procesu. Normy te bowiem muszą odnosić się do jednoznacznie określonego procesu budowlanego, który jest realizowany racjonalnym zestawem zasobów czynnych.

Znajomość jednostkowych nakładów pracy na wykonanie procesu i stopnia wykorzystania zasobów w czasie wykonywania procesu pozwala w prosty sposób określać czas wykonania robót budowlanych. Analitycznie sprowadza się to do zastosowania zależności:

$$t^p = \max_i \left(\frac{n_i^p \cdot z^p}{s_i^p \cdot l_i^p} \right) \quad i \in M^p, \quad (4)$$

gdzie: t^p – oceniany czas trwania procesu p o zakresie z^p ;
 n_i^p – normatywny nakład pracy zasobu i na wykonanie jednostki procesu p ;
 z^p – zakres (liczba jednostek przedmiarowych) procesu p ;
 l_i^p – liczba jednostek i -tego zasobu zaangażowanych w wykonanie procesu p ;
 s_i^p – normatywny stopień wykorzystywania i -tego zasobu w realizacji procesu p ;
 M^p – zbiór zasobów czynnych biorących udział w realizacji procesu p .

Oczywiście, przy pomocy tej zależności można oceniać czas wykonania procesów znormowanych. W sytuacji konieczności oszacowania czasu wykonania zbioru procesów, możemy scalać nakłady pracy zasobów dla tego zbioru, uwzględniać stan zasobów zatrudnionych na budowie, a stopień wykorzystywania zasobów w takim zbiorze określać w sposób ekspercki. Bardziej wiarygodnym sposobem oceny czasu trwania zbioru procesów jest jednak harmonogramowanie robót.

4. Podsumowanie

Problem oceny rozwiązań technologiczno-organizacyjnych jest istotny z punktu widzenia normowania procesów budowlanych. Normowanie zaś służy zarządzaniu produkcją budowlaną. Normowanie procesów pracy jest zagadnieniem złożonym, wymagającym pogłębionej wiedzy o technologiach realizacji procesów i organizacyjnych możliwościach usprawnienia wykonywania robót budowlanych. Normujący te procesy musi dodatkowo znać metody i techniki badawcze pracy, sposoby analizy uzyskiwanych w toku wyników oraz formy opisu znormalizowanych procesów. Wszystko to musi być podporządkowane celowi, jaki przyświeca inicjatywie badań i normalizacji procesów. Normować powinniśmy bowiem, tylko takie sposoby wykonania procesów, które są racjonalne i akceptowane w określonych warunkach realizacyjnych.

Istotnym problemem nie poruszonym w niniejszej pracy jest ocena wiarygodności norm i wyrażanie norm ilościowych opisem probabilistycznym [6]. Zagadnienia te były przedmiotem badań i opisu w rozprawie doktorskiej [1]. Proponuje się tam tworzenie baz wiedzy o procesach budowlanych z oceną nakładów pracy, dostosowanych do potrzeb symulacji przedsięwzięć. Normy nakładów pracy mają charakter zmiennych losowych i mogą służyć planistom do przewidywania działalności na budowie, co proponuje się robić technikami symulacyjnymi.

Literatura

- 1 Koper A., Normowanie procesów monolitycznego budownictwa betonowego na potrzeby planowania robót z uwzględnieniem niepewności danych, Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Płock, 2013.
- 2 Deszcz J., Szwabowski J., Metody wielokryterialnej analizy porównawczej: podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań w budownictwie, Wyd. PŚ, 2001.
- 3 Książek M., Analiza porównawcza wybranych metod wielokryterialnych oceny przedsięwzięć inwestycyjnych, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, nr 2/2011, str. 555-561.
- 4 Ossadnik W., Kaspar R., Evaluation of AHP software from a management accounting perspective, Journal of Modeling in Management, Vol. 8 Iss: 3, pp. 305-319, 2013.
- 5 Tomaszewska E., Biskupska D., Wybór zestawów maszyn do montażu elementów prefabrykowanych z zastosowaniem metody analizy hierarchicznej (AHP), Przegląd budowlany, 1/2012, str. 63-68.

- 6 Hoła B., Mrozowicz J., Modelowanie procesów budowlanych o charakterze losowym, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2003.

Evaluation and standardization of technological-organizational solutions of construction processes

Artur Koper¹, Roman Marcinkowski²

^{1,2} Institute of Construction, Faculty of Civil Engineering, Mechanics and Petrochemical, Warsaw University of Technology, e-mail: ¹artkop1@wp.pl, ²marcinkowski@pw.plock.pl

Abstract: This article refers to the analytical researching of the processes of work to establish the rational manners for realizations and standardization models for work planning.

Keywords: researching and standardization of the processes

