

# Spis treści

---

<b>Ważniejsze oznaczenia</b> . . . . .	9
<b>Wstęp</b> . . . . .	13
<b>1. Podstawowe pojęcia</b> . . . . .	17
1.1. Praca produkcyjna . . . . .	17
1.2. Brygada pracowników, jednostki wykonawcze i transportowe . . . . .	18
1.3. Stanowisko robocze . . . . .	20
1.4. Front pracy i działka robocza . . . . .	21
1.5. Proces roboczy . . . . .	21
1.6. Ciągłość i cykliczność pracy . . . . .	22
1.7. Chwila, czas i okres cyklu pracy brygady . . . . .	23
1.8. Rytm pracy . . . . .	24
1.9. Warunek ciągłości pracy brygad . . . . .	25
1.10. Warunek ciągłości korzystania z działek . . . . .	25
<b>2. Czas pracy, okres zmiany roboczej i przerwy</b> . . . . .	26
2.1. Czas niezbędny realizacji zadania . . . . .	27
2.1.1. Obsługa stanowiska roboczego . . . . .	28
2.1.2. Praca operacyjna . . . . .	29
2.1.3. Przerwy technologiczne . . . . .	30
2.1.4. Przerwy konieczne . . . . .	30
2.2. Straty czasu . . . . .	31
2.2.1. Działania zbyteczne i źle wykonane . . . . .	31
2.2.2. Przestoje . . . . .	31
2.2.3. Nieprzestrzeganie dyscypliny pracy . . . . .	32
2.3. Oddziaływanie systemu zarządzania na elementy czasu dysponowanego zmiany roboczej . . . . .	32
2.4. Przykładowe wyniki badań . . . . .	33
2.4.1. Współczynnik wykorzystania czasu roboczego . . . . .	36
2.4.2. Procesy załadunku i „obiegu” jednostek transportowych . . . . .	37

<b>3. Uwarunkowania systemu równomiernej realizacji procesów</b>	45
3.1. Standardy firm budowlanych	45
3.1.1. Systemowe zasady wykonawcze	45
3.1.2. e-INTEGRACJA	46
3.2. System RR w organizacji	49
3.2.1. Warstwa e-CENTRUM	49
3.2.2. Warstwa DYSPOZYTOR	52
3.2.3. Warstwa PRODUKCJA	53
3.3. Zastosowania systemów RS, RFID i S-VS	54
3.3.1. System poprawy bezpieczeństwa pracowników i maszyn RS	54
3.3.2. Automatyczna ładowarka wyposażona w S-VS	55
<b>4. Klasyczne metody organizacji budowy</b>	58
4.1. Metoda kolejnego wykonania	58
4.2. Oryginalny model pracy równomiernej	61
4.3. Metoda równoległego wykonania	65
4.4. Korzystne czasy trwania rytmów oraz liczebności działek i brygad roboczych	67
4.5. Cykle realizacji zadania wg klasycznych modeli organizacji budowy	68
<b>5. Modelowanie realizacji robót budowlanych</b>	71
5.1. Sieć czynności dla równomiernej realizacji zespolonych procesów roboczych	71
5.1.1. Terminy, najwcześniejszy i najpóźniejszy, zdarzeń w modelu sieci czynności	72
5.1.2. Oddziaływanie nieterminowego rozpoczęcia oraz przedłużenia okresu realizacji procesu	74
5.1.3. Wpływ wcześniejszego rozpoczęcia i krótszego czasu trwania procesu	75
5.1.4. Czasy realizacji procesów	75
5.2. Odwzorowanie przebiegu procesów budowlanych	76
5.2.1. Rozkład beta	76
5.2.2. Analizowane wartości odchylenia standardowego	77
5.2.3. Współczynniki skośności	78
5.2.4. Kurtozy rozkładów	79
5.2.5. Przykładowe charakterystyki empiryczne procesów	79
5.3. Analiza cyklu zadania	81
5.3.1. Cykle realizacji zadań przy stałych oraz losowych czasach trwania procesów	83
5.3.2. Oddziaływanie wartości odchylenia standardowego	84
5.3.3. Zmienność względnego okresu cyklu zadania	84
5.3.4. Oddziaływanie liczebności działek oraz liczby realizowanych procesów	87
5.3.5. Oddziaływanie odchylenia standardowego i współczynnika skośności	88
5.3.6. Oddziaływanie współczynnika skośności i kurtozy	88
5.3.7. Przypadki szczególne	89
5.4. Cykle realizacji zadań i niezbędne bufory czasowe	90
5.4.1. Charakterystyka obiektu, działki i procesy robocze	91
5.4.2. Cykle realizacji zadania oraz czasy przestojów działek i brygad	92
5.4.3. Zmienność czasu realizacji zadania oraz przestojów działek i brygad	95

<b>6. Modelowanie współpracy jednostek wykonawczych</b>	98
6.1. Podejście deterministyczne i zasada „nieprzerwanego transportu poziomego”	98
6.2. Systemy obsługi masowej	100
6.2.1. MODEL $M/M/FIFO/N/F$	101
6.2.2. Liczba jednostek transportowych z uwagi na najmniejszy koszt bezpośredni	105
6.3. Modele sieci kolejkowych oraz sieci BCMP	106
6.4. Analiza systemu koparka–środkie transportowe przy wykorzystaniu różnych modeli	109
6.4.1. Niezbędna liczba samochodów i wydajność zmianowa	109
6.4.2. Koszty funkcjonowania systemu obsługi	111
6.4.3. Sieci kolejkowe z trzema i pięcioma systemami obsługi	114
6.4.4. Charakterystyki systemu i sieci kolejkowych	121
6.4.5. Wnioski	122
6.5. Zastosowanie modeli kolejkowych oraz systemów RR i RFID przy betonowaniu konstrukcji	123
6.5.1. Systemy RR i rfid przy betonowaniu dużego monolitu	124
6.5.2. Model kolejkowy $M/M/N/-N$ dla przypadku zamówień bezpośrednio po rozładunkach	125
6.5.3. Najkorzystniejsza liczba jednostek transportowych	127
6.5.4. Wyniki obliczeń	127
<b>7. Model numeryczny bezmagazynowej realizacji prac i wyniki analiz</b>	133
7.1. Metoda reprezentacji modelu obsługi	133
7.1.1. Algorytm obliczeniowy	135
7.1.2. Warunki rozpoczęcia	135
7.1.3. Krok powtarzalny	137
7.1.4. Wartości charakterystyk	142
7.2. Analiza wyników obliczeń w układzie modeli $tk$ i $rmo$	143
7.2.1. Błędy pominięcia ograniczonego czasu trwania zmiany roboczej	143
7.2.2. Błędy pominięcia warunków zakończenia zmiany roboczej	146
7.2.3. Błędy nieuwzględnienia warunków rozpoczęcia	154
7.2.4. Błędy brzegowe okresu zmiany roboczej	158
7.2.5. Rezultaty obliczeń przy rozkładach wykładniczych przesuniętych	162
7.2.6. Rozstępy błędów brzegowych przy rozkładach wykładniczych i wykładniczych przesuniętych	164
7.2.7. Rezultaty obliczeń przy przesuniętych rozkładach gamma	165
7.2.8. Rozstępy błędów brzegowych przy przesuniętych rozkładach wykładniczych i gamma	166
7.2.9. Błędy częstości przestojów aparatu obsługi	167
7.2.10. Błędy częstości przestojów zgłoszeń w kolejce	173
7.2.11. Błędy średniej liczby zgłoszeń w kolejce	177
<b>8. Wyniki badań modelowych i empirycznych</b>	179
8.1. Częstości przestojów aparatu obsługi	180
8.2. Częstości przestojów zgłoszeń	184
8.3. Średnie liczby zgłoszeń w kolejce	186

8.4. Wydajności jednostek wykonawczych . . . . .	189
8.5. Najkorzystniejsza liczba jednostek transportowych . . . . .	192
<b>9. Synteza wykonanych analiz . . . . .</b>	<b>195</b>
9.1. Badania empiryczne . . . . .	195
9.2. Rachunek deterministyczny . . . . .	195
9.3. Modele teorii obsługi masowej . . . . .	196
9.4. Sieci kolejkowe . . . . .	197
9.5. System równomiernej realizacji procesów . . . . .	199
9.6. Metoda reprezentacji modelu obsługi . . . . .	201
9.7. Rozbieżności wyników obliczeń ze względu na pominięcie warunków rozpoczęcia i zakończenia zmiany roboczej oraz ograniczonego okresu jej trwania . . . . .	203
9.8. Wydajności, rzeczywista i obliczone na podstawie modeli . . . . .	206
9.9. Jednostki wykonawcze o minimalnych kosztach bezpośrednich . . . . .	207
9.10. Dalsze badania . . . . .	209
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>210</b>