

Tadeusz Cisowski

Identyfikacja kolejowych łańcuchów dostaw węgla

Jednym z podstawowych kierunków zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego Polski jest dywersyfikacja kompleksu paliwowo-energetycznego, polegająca na stopniowym zmniejszeniu zużycia szybko malejących, światowych zasobów ropy i gazu, kosztem coraz większego wykorzystywania praktycznie niewyczerpywalnych zasobów węgla. Przyjęta 10 listopada 2010 r. przez Radę Ministrów Polityka energetyczna Polski do 2030 r. stanowi, że węgiel pozostanie gwarantem bezpieczeństwa energetycznego kraju. Paliwo to ma szczególne znaczenie między innymi dla sektora elektroenergetyki, ponieważ w przeważającej części zapotrzebowanie na energię elektryczną zaspokajane jest w oparciu o węgiel, co czyni Polskę jednym z najbardziej stabilnych pod względem bezpieczeństwa energetycznego krajów Unii Europejskiej.

Różnorodność marek węgla, występująca w polskich pokładach węgla kamiennego i brunatnego prowadzi do znacznego zwiększenia kosztów utrzymania zapasów w systemach jego dystrybucji. A to z kolei, wymaga określenia nowych dróg doskonalenia struktur łańcuchów dostaw i obniżenia kosztów obsługi transportowej na rynku węgla.

W artykule rozpatrzono łańcuchy dostaw węgla z kopalń do elektrowni, w trzech aspektach: technicznym, technologicznym i organizacyjnym.

Łańcuch dostaw w aspekcie technicznym przedstawiono jako zbiór środków transportu, maszyn, urządzeń i mechanizmów umożliwiający przepływ węgla z kopalni do punktów jego przeróbki.

W aspekcie technologicznym i organizacyjnym łańcuch dostaw węgla stanowią wzajemne powiązania i oddziaływania jego elementów w procesie realizacji załadunku, przewozu i wyładunku u odbiorcy. Jego elementy to:

- środki transportu (wagony) w procesie i oczekiwaniu na załadunek,
- fronty ładunkowe z urządzeniami ładunkowymi,
- urządzenia przeładunkowe,
- maszyny i place składowe wraz z wyposażeniem.

Wymagania podstawowe, stawiane łańcuchom dostaw węgla:

- techniczne – związane z mechanizacją i automatyzacją prac ładunkowych, wraz z przewozem węgla od nadawcy do odbiorcy;
- technologiczne – dotyczące gotowości węgla do załadunku i przewozu, płynności operacji początkowo-końcowych, bezpieczeństwa ładunku i środków transportu;
- logistyczne – związane z planowaniem i płynną organizacją dostaw węgla, kontrolą poziomu zapasów, przepływem strumieni informacyjnych;
- ekonomiczne – dotyczą minimalnych nakładów finansowych przy zapewnieniu realizacji wszystkich podstawowych zadań.

Podstawowymi funkcjami łańcuchów dostaw węgla są:

- zapewnienie racjonalnej technologii załadunku,
- wybór środka transportu,
- zapewnienie racjonalnej technologii wyładunku,
- magazynowanie węgla (w przypadku intensyfikacji procesów i pojawiania się nowych wejść oraz wyjść do i z systemu).

Przez proces technologiczny w łańcuchach dostaw węgla rozumie się ciąg operacji z ładunkiem i środkami transportu, realizowanych w każdym jego etapie.

Proces ten dzieli się na podstawowy i wspomagający.

Proces podstawowy obejmuje: operacje z ładunkiem, operacje z próżnymi środkami transportu, operacje z załadowanymi środkami transportu, operacje przemieszczania taboru próżnego i ładownego.

Wymienione części procesu technologicznego są ze sobą wzajemnie powiązane. Proces wspomagający obejmuje sporządzanie dokumentów przewozowych, prace związane z przepływem strumieni informacyjnych itp.

Podstawy matematyczne analizy łańcuchów dostaw węgla

Charakter procesów zachodzących w całym łańcuchu dostaw węgla jest stochastyczny zarówno w części dotyczącej załadunku (wyładunku) węgla, jak i w części dotyczącej obsługi środków transportu.

W związku z tym w ich analizie stosuje się metody badań operacyjnych, a w szczególności: rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej, teorii masowej obsługi, teorii niezawodności i modelowania symulacyjnego.

Wymienione metody służą do rozwiązywania określonych zadań. I tak:

- rachunek prawdopodobieństwa i statystykę matematyczną wykorzystuje się w określaniu parametrów strumieni wejścia w systemach wyładunku, strumieni wejścia wagonów próżnych w systemach załadunku, czasu obsługi wagonów próżnych i ładownych w systemie;
- teorię obsługi masowej wykorzystuje się w określaniu parametrów obsługi wagonów próżnych i ładownych na frontach ładunkowych, czasu oczekiwania na operacje ładunkowe, dodatkowego czasu obsługi wagonów (ważenie, czyszczenie, itd.), ogólnego czasu przebywania wagonów w systemie;
- teorię niezawodności wykorzystuje się w budowie modeli sprawności elementów systemu oraz w poznaniu zasad określania końcowych parametrów ekonomicznych systemu.

W ostatnim trzydziestoleciu szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach techniki, radiotechniki, mechaniki precyzyjnej i budowie maszyn znalazła teoria niezawodności do rozwiązywania zadań zarządzania jakością.

Cechą odróżniającą łańcuchy dostaw węgla od systemów mechanicznych jest terytorialne rozproszenie urządzeń, maszyn i mechanizmów, które stanowią złożone podsystemy mechaniczne.

Obiektem badań jest złożony system, składający się z szeregu autonomicznych elementów, zajętych realizacją jednego złożonego procesu technologicznego, rozpatrywany z pozycji teorii niezawodności.

Pojęcie uszkodzenia i przywrócenia zdolności funkcjonalnej w łańcuchach dostaw węgla

Przez niezawodność należy rozumieć zdolność elementu do realizacji zadanych funkcji z zachowaniem swoich parametrów eksploatacyjnych, w określonych normach, w zadanym okresie.

Elementem łańcucha dostaw będzie mechanizm lub urządzenie realizujące określoną czynność procesu technologicznego.

Stopień szczegółowości procesu technologicznego (liczba czynności) zależy od celu oraz dokładności obliczeń, skali oddziaływania czynników technicznych i organizacyjnych na czas oraz technologię czynności, możliwości włączania i wyłączenia danej czynności do i z procesu technologicznego.

Funkcjonowanie łańcucha dostaw nie jest możliwe przy braku elementów łączących, takich jak: układy torowe, łącznice, węzły przeładunkowe itp., które określają w znacznym stopniu niezawodność całego systemu. Elementy łączące wchodzi również w skład elementów realizujących daną czynność.

System uważa się za zdolny do pracy w chwili t , jeśli wszystkie podsystemy realizują swoje funkcje, tj. dokonuje się załadunek, przewóz i wyładunek węgla.

Dowolną przerwę w realizacji funkcji przez podsystem, włączając postój z powodu braku węgla lub wagonu, nazywać będziemy uszkodzeniem.

Wszystkie uszkodzenia systemu, tj. przyczyny zatrzymania się procesu załadunku, przewozu lub wyładunku mogą mieć charakter techniczny lub technologiczny.

Uszkodzenia techniczne związane są z utratą zdolności do pracy z powodu technicznych usterek oddzielnych elementów podsystemu.

Niezawodność techniczna elementu jest funkcją częstotliwości i czasu ich uszkodzeń technicznych. Charakteryzuje ona stopień dokładności technicznej elementu oraz określa jego wpływ na wydajność systemu.

Przywrócenie zdolności do pracy elementu oznacza usunięcie usterki w elemencie lub jego wymianę.

Uszkodzenia technologiczne związane są z realizacją przez poszczególne elementy czynności wspomagających, wymagających przerywania pracy podstawowych mechanizmów systemu.

Można je podzielić na następujące grupy: związane z realizacją czynności poprzedzających cykl pracy centrum podsystemu; związane z realizacją czynności następujących po cyklu pracy centrum podsystemu; związane z realizacją czynności technologicznej przez dowolny element, która nie pokrywa się z pracą centrum podsystemu; związane z przejściem podsystemu do nowego stanu; związane z parametrami technicznymi węgla.

Niezawodność technologiczna jest prawdopodobieństwem jednoczesnej pracy elementu i centrum podsystemu. Tak więc, niezawodność techniczna jako funkcja częstotliwości i czasu uszkodzeń technologicznych charakteryzuje stopień zgodności czynności zachodzących w centrum i na peryferiach podsystemu, podczas realizacji zadanego procesu technologicznego. Na przykład, jeżeli niezawodność technologiczna toru z wywrotnicą wagonową wynosi 0,85, to oznacza, że 85% czasu zajęcia tego toru pokrywa się z czasem pracy wywrotnicy wagonowej, a 15% czasu

nie pokrywa się (wywrotnica wagonowa pracuje, a wagonu nie ma). Przywrócenie zdolności do pracy następuje z chwilą zakończenia czynności technologicznych, które nie są wykonywane jednocześnie z pracą centrum podsystemu.

Niezawodność techniczna i technologiczna charakteryzuje racjonalność i efektywność struktury podsystemów i całego łańcucha dostaw.

Określenie niezawodności elementów łańcucha dostaw węgla, traktowanych jako złożony system obiektów materialnych

Miernikami niezawodności elementów łańcucha dostaw (mechanizmów, maszyn, urządzeń) są charakterystyki ilościowe, wynikające z celu funkcjonowania i warunków eksploatacji.

Ogólnym miernikiem niezawodności elementu i całego łańcucha dostaw będzie prawdopodobieństwo realizacji postawionych zadań w zadanym okresie czasu i w zadanych warunkach eksploatacji.

Realizacja przez dany element swoich funkcji jest złożonym zdarzeniem A , składającym się ze zdarzeń: A_1 – w chwili konieczności użycia element znajduje się w wymaganym położeniu t_3 ; A_2 – przygotowanie do użycia w zadanym czasie τ_n ; A_3 – brak uszkodzeń w okresie użytkowania τ_{np} , a więc:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 \quad (1)$$

Prawdopodobieństwo P zdarzenia A określa następująca zależność:

$$P = r(t_3, \tau_n) \cdot P(t_3, \tau_n) \cdot P(t_3, \tau_{np}) \quad (2)$$

gdzie:

$r(t_3, \tau_n)$ – prawdopodobieństwo zdarzenia A_1 ;

$P(t_3, \tau_n)$ – prawdopodobieństwo zdarzenia A_2 pod warunkiem wystąpienia zdarzenia A_1 ;

$P(t_3, \tau_{np})$ – prawdopodobieństwo zdarzenia A_3 pod warunkiem wystąpienia zdarzeń A_1 i A_2 .

Prawdopodobieństwo $r(t_3, \tau_n)$ jest miernikiem niezawodności elementu; prawdopodobieństwo $P(t_3, \tau_n)$ – miernikiem niezawodności elementu w okresie przygotowania do użycia; prawdopodobieństwo $P(t_3, \tau_{np})$ – miernikiem niezawodności elementu w okresie eksploatacji.

Prawdopodobieństwo P jest ogólnym miernikiem niezawodności elementu. Szczególnymi miernikami niezawodności elementów są: okres eksploatacji do momentu uszkodzenia i intensywność uszkodzeń, czas przywrócenia zdolności funkcjonalnej i intensywność przywrócenia zdolności do pracy.

W obliczeniach mierników niezawodności wykorzystano metody oparte na klasycznej teorii rachunku prawdopodobieństwa.

Jeżeli dowolne usterki pracującego w sposób ciągły elementu są usuwane natychmiast ($Y_L = 0$), brak jest profilaktyki, liczba powrotów do zdolności funkcjonalnej jest nieograniczona i wszystkie prawdopodobieństwa zdarzenia x są niezależne, z jednakową funkcją gęstości rozkładu

$$f_i(x) = f(x) = F'(x) \quad (3)$$

to momenty uszkodzeń stanowią prosty strumień przywracania zdolności funkcjonalnej.

Szczególnym przypadkiem prostego strumienia przywracania zdatności funkcjonalnej jest potok Poissona, dla którego gęstość rozkładu:

$$f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x}; F = 1 - e^{-\lambda x}; \lambda = 0 \quad (4)$$

Ogólny proces przywracania zdatności funkcjonalnej, dla którego:

$$f_i(x) = [1 - F(x)]; \int_0^{\infty} x f(x) dx \quad (5)$$

jest stacjonarnym procesem przywracania zdatności funkcjonalnej. Dla elementów łańcucha dostaw węgla, traktowanego jako system wielofazowy niezwykle ważnym jest liczba uszkodzeń w okresie t , nazywana funkcją przywracania zdatności oraz średnia liczba wymian elementów $H(t)$.

$$H(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \phi_n(t) \quad (6)$$

Dla procesu stacjonarnego

$$H(t) = t; \int_0^t x f(x) dx = \frac{1}{M[x]} \quad (7)$$

Funkcja gęstości przywracania zdatności funkcjonalnej ma postać:

$$h(t) = H'(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \phi_n'(t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t) \quad (8)$$

Prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy elementu w okresie $t, t + \Delta t$ przy $\Delta t \rightarrow 0$ wynosi:

$$P(t, t + \Delta t) = 1 - h(t)\Delta t + 0(\Delta t) \quad (9)$$

Tak więc $h(t)$ w przybliżeniu jest równe bezwarunkowemu prawdopodobieństwu uszkodzenia w jednostce czasu, zaś intensywność uszkodzeń

$$\lambda(t) = \frac{f(x)}{1 - F(t)} \quad (10)$$

jest równa prawdopodobieństwu warunkowemu uszkodzeń w jednostce czasu, pod warunkiem, że do chwili t uszkodzeń nie było.

Dla stacjonarnego procesu przywracania zdatności funkcjonalnej

$$\lambda(t) = \text{const.} \quad (11)$$

Wiadomo, że przy $f(t) > 0$ i $t \rightarrow \infty$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = \frac{1}{T_s} \quad (12)$$

tj. z upływem czasu proces przywracania zdatności funkcjonalnej staje się stacjonarnym.

Biorąc pod uwagę te rozważania można określić funkcję niezawodności $R_r(t)$, tj. prawdopodobieństwo tego, że w chwili t element jest zdolny do pracy.

Element będzie zdolny do pracy w chwili t , jeżeli spełnione będzie jedno z następujących zdarzeń niezależnych:

- w czasie t element funkcjonował bez awarii;
- w czasie t było n awarii i n powrotów do zdatności ($n = 1, 2, 3, \dots$), przy czym ostatni powrót do zdatności miał miejsce na odcinku $x_1, x_1 + \Delta t, x_1 \leq t$ i w pozostałym czasie nie było więcej awarii.

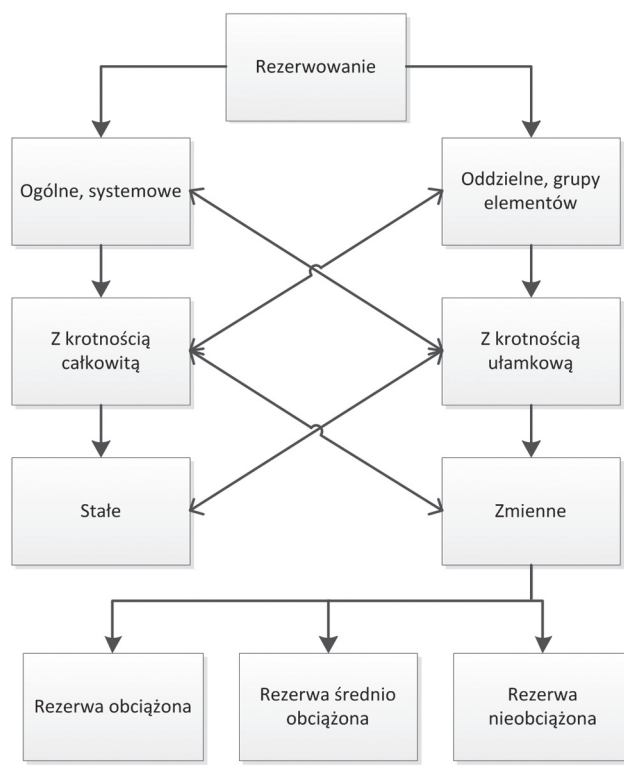
Określenie wskaźników niezawodności w łańcuchach dostaw węgla

Wskaźniki niezawodności wygodnie jest określić, jeśli łańcuch dostaw przedstawiony zostanie w postaci schematu blokowego. Budując schemat blokowy można zauważyć, że kolejność połączenia poszczególnych elementów może różnić się od kolejności rzeczywistej w łańcuchu dostaw. Wynika to z następującego sformułowania zadania: w schematach blokowych elementy łączone są szeregowo (łączenie podstawowe) – jeżeli uszkodzenie jednego elementu powoduje uszkodzenie całego systemu lub równoległe (łączenie rezerwowe) – jeżeli uszkodzenie jednego elementu nie powoduje uszkodzenia całego systemu.

Elementy oznaczone są prostokątami lub kołami z przypisanym numerem lub indeksem.

W zależności od sposobu łączenia elementów w systemie schematy blokowe mogą być szeregowo – wszystkie elementy znajdują się w łączeniu podstawowym, równoległe i mieszane (część elementów znajduje się w łączeniu podstawowym, zaś część – w łączeniu rezerwowym).

Ze względu na sposób rezerwowania schematy blokowe mogą być z rezerwowaniem systemowym i rezerwowaniem grupy elementów (rys. 1).



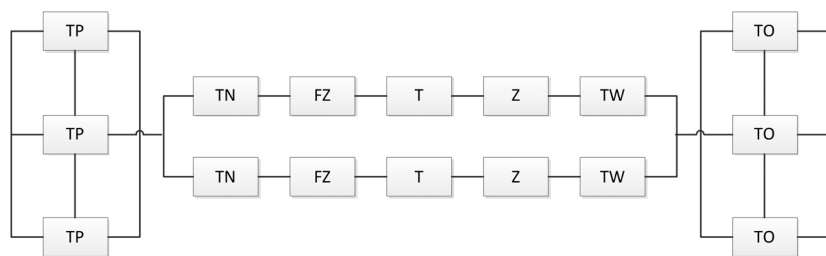
Rys. 1. Sposoby rezerwowania w systemach

Przykłady realnych schematów blokowych łańcuchów dostaw węgla z kopalni do odbiorców transportem kolejowym przedstawiono na rysunku 2, z którego wynika, że łańcuchy dostaw węgla są złożonymi, mieszanymi systemami, wzajemnie powiązanych mechanizmów i urządzeń.

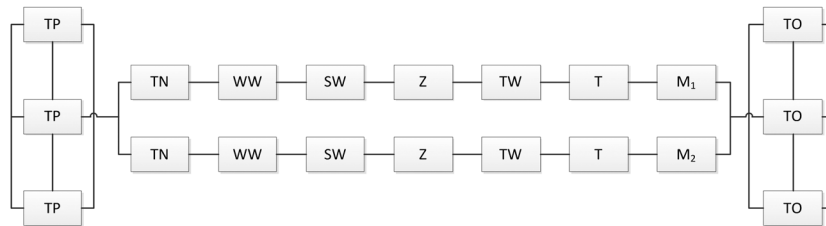
Określenie podstawowych wskaźników niezawodności takich systemów sprowadza się do obliczania prawdopodobieństwa bezawaryjnej ich pracy w czasie T .

Wskaźniki niezawodności wygodnie jest określić dla prostych podsystemów – grupy elementów, łączonych tylko w sposób

a) podsystem załadunku węgla



b) podsystem wyładunku węgla



Rys. 2. Przykłady realnych schematów blokowych podsystemów łańcucha dostaw węgla

TP – tory przyjazdowe; TN – tory do napychania wagonów; FZ – front załadunkowy; T – taśmociąg; Z – zasobnik; TW – tory wyciągowe; TO – tory odjazdowe; WW – wywrotnica wagonowa; SW – siatka zsypu węgla; M1 – magazyn operacyjny; M2 – magazyn rezerwowany

podstawowy lub tylko w sposób równoległy. Dla takich podsystemów znane są stosunkowo proste zależności analityczne, określające intensywność uszkodzeń i przywracania stanu zdatności, średni czas przywracania zdadności, prawdopodobieństwo pracy bezawaryjnej w określonym czasie itp.

W przypadku łańcuchów dostaw węgla mamy do czynienia z systemem autonomicznych maszyn i urządzeń, o wysokim stopniu uszkodzeń technologicznych. W takich systemach, wspomniane zależności analityczne nie mogą znaleźć zastosowania, gdyż postoje technologiczne stanowią w nich nawet do 50% czasu roboczego i wielokrotnie przewyższają postoje z przyczyn technicznych.

Rozważmy dwa proste systemy: szeregowy (podstawowy) i rezerwowi (równoległy). Niezależnie od struktury systemu do obliczeń niezbędne są następujące charakterystyki niezawodnościowe elementów: r_{ml} – współczynnik niezawodności technicznej elementu; r_{cl} – współczynnik niezawodności technologicznej elementu; λ_{ml} – intensywność uszkodzeń technicznych; λ_{cl} – intensywność uszkodzeń technologicznych. Średni czas pracy bezawaryjnej T_{smi} i T_{scl} i średni czas przywracania zdadności τ_{bmi} ; τ_{bcl} – dla dwóch rodzajów uszkodzeń określane są następująco:

$$T_{smi} = \frac{1}{\lambda_{ml}}; \quad T_{scl} = \frac{1}{\lambda_{cl}} \quad (13)$$

$$\tau_{bmi} = \frac{1}{\mu_{ml}}; \quad \tau_{bcl} = \frac{1}{\mu_{cl}} \quad (14)$$

Określenie maksymalnej czasowej produktywności podsystemów łańcuchów dostaw węgla

Stopień wykorzystania poszczególnych mechanizmów i urządzeń tworzących łańcuch dostaw zależy od jego struktury i realizowanego procesu technologicznego. Maksymalna, możliwa produktywność całego systemu określana jest normatywną wydajnością jego głównego elementu (centrum) i współczynnikiem niezawodności, charakteryzującym strukturę i proces technologiczny. Wielkość tę nazywać dalej będziemy maksymalną produktywno-

ścią systemu i oznaczać ona będzie maksymalną liczbę ton lub wagonów załadowanych (wyładowanych) w jednostce czasu, przy określonym stanie technicznym jego elementów i zadanym procesie technologicznym.

Dla systemu, w którym element główny jest urządzeniem pracującym cyklicznie, produktywność maksymalna określona jest jako funkcja długości cyklu mechanizmu głównego, faktycznej ładowności w czasie cyklu, sposobu obsługi i niezawodności podsystemów, tj.:

$$Q_{Tj} = Z_c \cdot G_f \cdot K_b \quad (15)$$

$$Z_c = \frac{A_f}{t_c} \quad (16)$$

$$G_f = G \cdot \gamma \quad (17)$$

$$A_p = A_p \cdot R_r \quad (18)$$

$$t_c = \sum_1^k t_i \quad (19)$$

gdzie:

Z_c – liczba cykli centrum podsystemu w ciągu godziny, przy obciążeniu równym jednostki;

G_f – faktyczna ładowność centrum podsystemu;

G – ładowność normatywna centrum podsystemu;

A_p – czas pracy systemu w ciągu godziny;

A_f – faktyczny czas pracy urządzenia podstawowego;

t_c – długość cyklu urządzenia podstawowego;

t_i – czas poszczególnych operacji centrum podsystemu;

γ – współczynnik wykorzystania ładowności;

R_r – współczynnik niezawodności systemu;

K_b – współczynnik wykorzystania czasu pracy systemu, uwzględniający planowe przerwy (przebiegi techniczne, przerwy zmianowe, itp.).

$$K_b = \frac{A_{pc} - A_n}{A_{pc}} \quad (20)$$

gdzie:

A_{pc} – planowy czas pracy systemu w ciągu doby.

Maksymalna produktywność liczona w wagonach w ciągu godziny, w przypadku gdy w cyklu wykonywane są operacje tylko z jednym środkiem transportu jest równa liczbie cykli centrum systemu, tj.:

$$Q_{TL} = \frac{A_p \cdot R_r}{t_c} K_b \quad (21)$$

jeśli w ciągu cyklu obsługuje się h' środków transportu (załadunek grupy wagonów), to:

$$Q_{TL} = \frac{h' \cdot A_p \cdot R_r}{t_c} K_b \quad (22)$$

Z zależności (15)–(22) wynika, że maksymalna godzinowa produktywność podsystemu zależy od normatywnej wydajności jego centrum i jego struktury, którą określa współczynnik niezawodności, tj. produktywność maksymalna określona jest powiązaniem wewnętrznymi w podsystemie.

Dla podsystemów, w których mechanizm podstawowy jest urządzeniem pracującym w sposób ciągły, maksymalna godzinowa produktywność Q_{Tj} jest funkcją obciążenia liniowego i sposobu obsługi, tj.:

$$Q_{Tj} = 3,6q_m \cdot V \cdot K_b \cdot R_r \quad (23)$$

$$q_m = 1000F_f \cdot \Delta \quad (24)$$

$$F_f = F \cdot \gamma_p \quad (25)$$

$$q_m = \frac{G}{L_j} \quad (26)$$

gdzie:

q_m – obciążenie liniowe maszyny lub urządzenia;

V – prędkość przemieszczania ładunku;

F, F_f – odpowiednio teoretyczne i rzeczywiste pole przekroju poprzecznego strumienia ładunku;

γ_p – współczynnik wykorzystania pola przekroju poprzecznego strumienia ładunku;

Δ – ciężar objętościowy ładunku;

G – masa jednostki ładunków w opakowaniach;

L_j – odległość między poszczególnymi partiami ładunków.

Eksploatacyjna godzinowa produktywność podsystemu Q_{ej} określona jest zależnością:

$$Q_{ej} = Q_{Tj} \cdot P_f \quad (27)$$

lub

$$Q_{ej} = 3,6q_m \cdot V \cdot K_b \cdot R_f \quad (28)$$

liczoną w tonach na godzinę [t/h].

Jeżeli eksploatacyjna godzinowa produktywność podsystemu liczona jest w jednostkach środków transportu, to:

$$Q_{Tj} = \frac{3,6q_m \cdot V \cdot K_b \cdot R_r}{G_b \cdot \gamma_b} \quad (29)$$

oraz

$$Q_{Tj} = \frac{3,6q_m \cdot V \cdot K_b \cdot R_f}{G_b \cdot \gamma_b} \quad (30)$$

gdzie:

G_b – ładowność środka transportu,

γ_b – współczynnik wykorzystania ładowności środka transportu.

Projektując łańcuchy dostaw należy znać nie tylko produktywność łańcucha istniejącego lub projektowanego, lecz również odpowiedź na pytanie odwrotne: jaka powinna być produktywność przy zadanych wielkościach przewozu?

Należy przy tym podkreślić, że w zależnościach (15)–(30) wszystkie wielkości, oprócz R_r , są stałe i początkowe dla każdego konkretnego zadania.

Współczynnik niezawodności R_r zależy od składu i struktury podsystemu, normatywnej wydajności i trybu pracy jego elementów. Wielkości Q_{Tj} i Q_{ej} proporcjonalnie zależą od R_r , dlatego w dalszych rozważaniach w charakterze podstawowego miernika struktury podsystemów i całego systemu przyjęto współczynnik niezawodności R_r .

Algorytm zdolności przerobczej łańcuchów dostaw węgla

Przez zdolność przerobczą łańcuchów dostaw węgla należy rozumieć liczbę tono-operacji (wagono-operacji), wykonywaną w jednostce czasu. Jeżeli w łańcuchu dostaw wykonywana jest tylko jedna operacja z ładunkiem (środkiem transportu), to zdolność przerobcza równa jest jego produktywności. Współczesne łańcuchy dostaw są modułami wielooperacyjnymi. Cecha ta, z jednej strony wymaga łączenia produktywności urządzeń i mechanizmów w poszczególnych operacjach, zaś z drugiej strony narzuca stosowanie odpowiednich mierników oceny efektywności ich pracy. Miernikiem określającym celowość łączenia operacji w jednym module jest miernik zdolności przepływowej towarów, wyrażony w tono-operacjach na godzinę (lub wagono-operacjach na godzinę). Stopień celowości łączenia operacji technologicznych w systemie będzie określony miernikiem zdolności przepływowej w różnych wariantach obsługi ładunku i środka transportu.

Zdolność przepływowa P_{Tj} zależy od maksymalnej wydajności oraz liczby operacji M wykonywanych z ładunkiem i środkiem transportu:

$$P_{Tj} = \frac{h \cdot \lambda_n \cdot M}{\sum_i t_i + t_j} \quad (31)$$

gdzie:

h – liczba środków transportu na froncie ładunkowym;

λ_n – intensywność zgłoszeń środków transportu na front ładunkowy;

M – liczba operacji technologicznych w podsystemie;

$\sum_i t_i$ – czas operacji procesu technologicznego, związanych z przygotowaniem i zakończeniem załadunku lub wyładunku środka transportu;

t_j – czas załadunku lub wyładunku środka transportu.

■ dla podsystemów jednokanałowych:

$$t_k = \frac{h \cdot \lambda}{Q_{Tj}} = \frac{h \cdot \lambda}{Z \cdot R_r \cdot K_b} \quad (32)$$

■ dla podsystemów wielokanałowych w pełni dostępnych:

$$t_k = \frac{h \cdot \lambda}{X \cdot Z \cdot R_r \cdot K_b} \quad (33)$$

gdzie:

X – liczba maszyn i urządzeń ładunkowych w podsystemie.

Przy losowym strumieniu zgłoszeń ładunku i środków transportu do systemu czas operacji związanych z przygotowaniem i zakończeniem załadunku lub wyładunku środka transportu powinien być zwiększony o czas oczekiwania na te operacje, określane metodami teorii obsługi masowej lub modelowania symulacyjnego.

Podsumowanie

Analiza struktury łańcuchów dostaw węgla daje podstawę do traktowania ich jako złożonych systemów obiektów materialnych. Funkcjonowanie takich systemów zależy od wielu czynników, charakteryzujących ich powiązania i wzajemne relacje zarówno z ich poszczególnymi elementami, jak i otoczeniem.

Dokończenie na s. 52 ➤