

Izabela KOTOWSKA¹

WYBRANE MIERNIKI OCENY ZDOLNOŚCI PRZEPUSTOWEJ PORTU

STRESZCZENIE

Pozycja konkurencyjna portów morskich uwarunkowana jest wieloma czynnikami. Jednym z nich jest zdolność przepustowa portu morskiego w zakresie obsługi poszczególnych grup ładunkowych. Wiele badań zdolności przepustowej portu morskiego oparta jest na wydajności urzędzeń przeładunkowych do obsługi środków transportu morskiego. Nie uwzględnia się natomiast aspektów związanych z wydajnością obsługi środków transportu zaplecza czy zdolnością składową portu. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metod oceny wybranych czynników mających wpływ na wydajność portu, a często pomijanych w obliczeniach całkowitej zdolności przepustowej portu morskiego.

Słowa kluczowe: port morski, zdolność przepustowa portu morskiego, wydajność eksploatacyjna portu

WSTĘP

Zdolność przepustową portu morskiego można zdefiniować jako tę ilość i jakość usług różnych typów i rodzajów, jakie port jest w stanie wykonać w danym czasie za pomocą aktualnego potencjału produkcyjnego (technicznego i roboczego) oraz aktualnie stosowanej technologii i organizacji produkcji.² Port morski jest organizmem złożonym, w którym realizowane są usługi na rzecz ładunku, statku i środków transportu zaplecza. Wśród znanych czynników wpływających na zdolność przepustową portu morskiego zalicza się: stopień wyposażenia portu w potencjał przeładunkowy: urządzenia przeładunkowe i sprzęt zmechanizowany oraz ich stan techniczny, powierzchnię składową, stan i poziom kwalifikacji zawodowych pracowników, stosowaną technologię usług portowych, organizację pracy, zmienowość pracy portu, zwyczaje i przepisy portowe.

¹ Izabela KOTOWSKA, dr inż., Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Inżynieryjno-Ekonomiczny Transportu, Instytut Zarządzania Transportem.

² L. Kuźma (red.), *Ekonomika portów morskich i polityka portowa*, Gdańsk 2003, s. 71.

O ile wymienione czynniki są powszechnie znane o tyle mierniki określające zdolność przepustową portów oparte są głównie na ocenie wydajności obsługi statków w porcie. Są to metody uwzględniające wydajność techniczną urządzeń lub średni czas obsługi statku przy nabrzeżu.³

Takie podejście zniekształca ocenę zdolności przepustowej portu. Należy pamiętać, że port jest organizmem złożonym, w którym nadrzędną rolę pełni ładunek a nie statek. Środki transportu morskiego pełnią tylko funkcję usługową wobec ładunku, podobnie jak barki, wagony i pojazdy drogowe.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat nastąpił szereg zmian zarówno w otoczeniu portowym, jaki sposobie organizacji przewozów. Nastąpiła zmiana struktury ładunków występujących w transporcie. Wzrósł udział w przewozach ładunków drobnicowych, szczególnie ładunków zjednostkowanych, kosztem ładunków masowych. Port, który do niedawna spełniał głównie rolę transportową, obecnie zaczyna funkcjonować, jako ogniwo w łańcuchu logistycznym, w którym poza przeładunkiem odbywa się szereg usług manipulacyjnych. To sprawia, że wyznaczenie zdolności przepustowej portu tylko na podstawie wydajności urządzeń przeładunkowych staje się niewystarczające.

Od kilku lat zmieniają się funkcje, jakie pełnią porty morskie. Coraz większego znaczenia nabiera funkcja logistyczna, a co za tym idzie rosną potrzeby składowe portu. Wraz z upowszechnianiem się nowych technologii transportowych i przeładunkowych (np. konteneryzacji) maleje czas postoju statku w porcie, wydłuża się czas składowania, podczas którego często wykonywane są różnego rodzaju manipulacje ładunkowe. Zatem całkowita zdolność przepustowa portu wymaga nie tylko określenia zdolności obsługi statku, ale również wydajności obsługi środków transportu zaplecza, przepustowości torów kolejowych i toru wejściowego do portu.

$$Z = \min\{Z_{tw}, ZP_p, Z_{itz}\} \quad (1)$$

gdzie:

Z - zdolność przepustowa portu

Z_{tw} - zdolność przepustowa toru wejściowego

Z_{itz} - zdolność przepustowa infrastruktury transportu zaplecza

ZP_p - zdolność przeładunkowa portu

³ Szerzej na ten temat w: L. Kuźma (red.), *Ekonomika portów morskich i polityka portowa*, Gdańsk 1993 oraz K. Kreft, A. Salomon, *Narzędzia informatyczne w projektowaniu działalności portów morskich*, Wyd. UG, Gdańsk 1998

$$ZP_p = \sum_{i=1}^m ZP_t \quad (2)$$

oraz:

$$ZP_t = \min\{ZP_n, ZP_{stz}, ZS\} \quad (3)$$

gdzie:

ZP_t – zdolność przeładunkowa terminalu (rejonu przeładunkowego) i

m – liczba terminali

ZP_n – zdolność przeładunkowa statków przy nabrzeżach w terminalu i

ZP_{stz} – zdolność przeładunkowa środków transportu zaplecza w terminalu i

ZS – zdolność składowa terminalu i

Nie wszystkie z przedstawionych czynników wpływających na przepustowość portu można w miarodajny sposób ocenić, ze względu na duży wpływ czynników zewnętrznych, niezależnych od działalności portu. Jest nim m.in. zdolność przepustowa dróg dojazdowych do rejonów przeładunkowych, która jest zazwyczaj zdecydowanie większa niż wymagana, ale możliwość jej wykorzystania zależy od aktualnego ruchu na drogach publicznych w otoczeniu portu.

W artykule zaproponowano metody oszacowania trzech czynników mających wpływ na zdolność przepustową portu morskiego: zdolność składową portu, zdolność przepustową torów kolejowych, zdolność przeładunkową środków transportu zaplecza.

ZDOLNOŚĆ SKŁADOWA PORTU

Zdolność składowa portu jest jednym z czynników wpływającym na przepustowość portu. Obecnie zdecydowana większość ładunków obsługiwana jest w relacjach pośrednich, dlatego zdolność składowa portu powinna przewyższać zdolność przeładunkową nabrzeży.

Dla użytkowników portu, ze względu na właściwości fizyko-chemiczne ładunków, ważne są możliwości składowe portu dla poszczególnych grup ładunkowych w określonych terminalach.

Znając średni czas składowania (w danym magazynie lub placu) można określić zdolność składową terminalu w oparciu o następującą zależność.

$$ZS = \sum_{j=1}^l ZS_j \quad (4)$$

gdzie:

ZS - roczna zdolność składowa terminalu

ZS_j - roczna zdolność składowa placu/magazynu j na terminalu

l - liczba placów/magazynów na terminalu

$$ZS_j = \frac{365 * M_{max} * (1 - k_{rt})}{T_{sr}} \quad (5)$$

gdzie:

ZS_j - zdolność składowa placu/magazynu

M_{max} - maksymalna masa składowanego ładunku, będąca iloczynem nośności i powierzchni składowej w magazynie/placu j

T_{sr} - średni czas składowania ładunku w magazynie/placu j

k_{rt} - współczynnik rezerwy technicznej obejmujący m.in. ciągi komunikacyjne, sposób składowania, pomieszczenia socjalne (przyjmuje się od 30% do 40% w zależności od rodzaju powierzchni składowej i składowanego ładunku)

Określona w ten sposób zdolność składowa portu uzależniona jest od średniego czasu składowania ładunku, który często zbliżony jest do długości czasu wolnego od opłat składowych. Najczęściej w portach okres ten wynosi od 7-14 dni dla ładunków drobnicowych i od 14 do 30 dni dla ładunków masowych. Zdolność składowa może zatem ulegać znacznym wahaniom od zmian długości wspomnianych okresów. Wprawdzie skrócenie czasu wolnego od opłat może przyczynić się do zwiększenia zdolności składowej terminalu, ale wpływa niekorzystnie na jego konkurencyjność. Wraz ze wzrostem znaczenia funkcji logistycznej portu wydłuża się czas składowania ładunku. Równocześnie przedsiębiorstwa przeładunkowe, chcąc zachęcić do korzystania z ich usług, wydłużają okres wolnego składowania, co w konsekwencji wpływa na zmniejszanie się zdolności składowej portu.

ZDOLNOŚĆ PRZEPUSTOWA TORÓW KOLEJOWYCH

Jednym z czynników wpływających na zdolność przepustową portu morskiego jest przepustowość infrastruktury transportu zaplecza, na którą składają się: zdolność przepustowa dróg i torów kolejowych. Na zdolność przepustową torów kolejowych wpływ ma ich długość oraz średni czas postoju wagonu w danym rejonie przeładunkowym.

Zdolność przepustową torów kolejowych można określić na podstawie pojemności torów ładunkowych oraz średniego czasu postoju wagonu w porcie zgodnie z zależnością:

$$ZP_{w(t)} = ZP_w * k_n * N_w \quad (6)$$

gdzie:

$ZP_{w(t)}$ - zdolność przepustowa torów kolejowych na terminalu (tony)

k_n - współczynnik wykorzystania ładowności wagonów, współczynnik ten zazwyczaj wynosi od 0,8-1,0 w zależności od rodzaju ładunku

N_w - średnia granica obciążenia wagonów na torach klasy C obsługiwanych w rejonie przeładunkowym (uzależniona od rodzaju obsługiwanych wagonów towarowych)

ZP_w - zdolność przepustowa linii kolejowych na terminalu (wagon)

Zdolność przepustową linii kolejowych rejonu przeładunkowego można określić na podstawie iloczynu pojemności torów ładunkowych i średniego czasu postoju wagonu w porcie pomniejszonego o współczynniki korygujące zgodnie z zależnością:

$$ZP_w = L_w * k_{pt} * R * (1 - k_{re}) \quad (7)$$

gdzie:

L_w – maksymalna pojemność torów ładunkowych w terminalu (wagon)

k_{pt} – współczynnik normalnej pojemności torów ładunkowych, wynoszący od 0,5 do 0,9 w zależności od układu torowego na nabrzeżu

R – liczba rotacji wagonów

k_{re} – współczynnik rezerwy eksploatacyjnej, wyrażający nierównomierność podstawienia wagonów w punkcie ładunkowym oraz nierównomierność obrotu masy ładunkowej wynoszący od 0,3 do 0,5

Maksymalną pojemność torów ładunkowych i liczbę rotacji wagonów można określić według wzorów:

$$L_w = \frac{L_t}{L_{wz}} \quad (8)$$

oraz:

$$R = \frac{B}{T_w} \quad (9)$$

gdzie:

L_t – długość torów ładunkowych w rejonie przeładunkowym

L_{wz} – średnia długość ze zderzakami wagonów obsługiwanych w terminalu

B – roczny budżet czasu pracy nabrzeża (godz.) – uzależniony od liczby dni pracy w roku i liczby zmian:

$B = (365 - d) * 24$ praca w soboty i niedziele na trzy zmiany

$B = 250 * 16$ praca bez sobót i niedziel na dwie zmiany

d – liczba dni ustawowo wolnych od pracy w roku

T_w – średni czas postoju wagonu w rejonie przeładunkowym (godz.).

ZDOLNOŚĆ PRZEŁADUNKOWA ŚRODKÓW TRANSPORTU ZAPLECZA

TERMINALE DROBNICOWE

Kolejnym czynnikiem mającym wpływ na zdolność przeładunkową portu jest wydajność obsługi środków transportu zaplecza: wagonów, samochodów i barek w terminalach. Metoda oceny zdolności przeładunkowej środków transportu lądowego jest różna w zależności od rodzaju ładunku. W przypadku ładunków drobnicowych załadunek odbywa się sprzętem przeładunkowym tj. wozy podnośnikowe, wozy typu *reach stacker*.

Całkowitą roczną zdolność przeładunkową środków transportu lądowego można obliczyć na podstawie dobowych lub zmianowych zdolności przeładunkowych określonych przez przedsiębiorstwa przeładunkowe, z uwzględnieniem niezbędnej rezerwy technicznej. Mając na uwadze fakt, że przeładunki wagonów i samochodów odbywają się tymi samymi urządzeniami przeładunkowymi lub sprzętem zmechanizowanym, w obliczeniach należy uwzględnić udział poszczególnych środków przewozowych w obsłudze transportu zaplecza.

Zdolność przeładunkową wagonów w rejonach przeładunkowych, wyrażoną w tonach obsługiwanych ładunków można określić na podstawie wzoru:

$$WP_{w(t)} = WP_w * k_n * N_w \quad (10)$$

oraz:

$$WP_w = WP * B_d * u_w * (1 - k_{rw}) \quad (11)$$

gdzie:

$WP_{w(t)}$ - roczna zdolność przeładunkowa wagonów w terminalu (tony)

k_n, N_w - jak w punkcie 3.

WP_w - roczna zdolność przeładunkowa wagonów w terminalu (wag.)

B_d - roczny budżet czasu pracy (liczba dni pracy w roku), określony na podstawie zależności:

$B_d = 365 - d$ praca w soboty i niedziele na trzy zmiany

$B_d = 250 * 16/24$ praca bez sobót i niedziel na dwie zmiany

d - liczba dni ustawowo wolnych od pracy w roku

WP - dobowa wydajność obsługi wagonów kolejowych w terminalu

u_w - udział wagonów w obsłudze środków transportu zaplecza w danym terminalu

k_{rw} - współczynnik rezerwy technicznej (uwzględniający przeglądy techniczne urządzeń oraz przerwy w pracy nie wynikające z winy portu np. warunki pogodowe); współczynnik ten waha się od 20% do 40%.

Wydajność obsługi samochodów, podobnie jak w przypadku wagonów można określić jedynie na podstawie informacji otrzymanych od przedsiębiorstw przeładunkowych. Roczną wydajność obsługi samochodów można obliczyć na podstawie wzoru:

$$ZP_{s(t)} = ZP_s * B_d * M_s * (1 - u_w) * (1 - k_{rs}) \quad (12)$$

gdzie:

$ZP_{s(t)}$ - roczna wydajność obsługi samochodów w przedsiębiorstwie przeładunkowym (t)

ZP_s - dobowa zdolność przeładunkowa samochodów określona przez przedsiębiorstwa portowe (sam.)

u_w, B_d - j.w.

k_{rs} - współczynnik rezerwy technicznej (uwzględniający przeglądy techniczne urządzeń oraz przerwy w pracy nie wynikające z winy portu np. warunki pogodowe); współczynnik ten waha się od 20% do 40%.

M_s - średnia masa ładunku przewożonego pojazdem samochodowym

Z przeprowadzonych badań wynika, że średnia masa ładunku w pojeździe drogowym jest zbliżona do jego ładowności.

TERMINALE MASOWE

Metody przedstawionej w punkcie 4.1 nie można zastosować do terminali obsługujących ładunki masowe, ponieważ do ich przeładunku stosuje się nabrzeżne urządzenia przeładunkowe a nie sprzęt

zmechanizowany. Ponad 90% ładunków obsługiwanych jest w relacjach pośrednich, co sprawia że obsługa środków transportu zaplecza wyklucza te urządzenia z obsługi statku. Zdolność przeładunkową wagonów i pojazdów samochodowych można obliczyć na podstawie wydajności technicznej urządzeń przeładunkowych (podobnie oblicza się zdolność przeładunkową nabrzeża), przy założeniu, że 50% budżetu czasu pracy urządzeń przeznaczonych jest do obsługi statków, a pozostała do obsługi środków transportu zaplecza: barek, wagonów i pojazdów samochodowych (nie należy stosować współczynnika nierównomierności podejść statków).

$$ZP_{stz} = 0,5 * WE_t * B_{pu} \quad (13)$$

gdzie:

ZP_{stz} – zdolność przeładunkowa środków transportu zaplecza w terminalu i

B_{pu} - roczny budżet czasu pracy urządzeń

WE_t - wydajność eksploatacyjna urządzeń przeładunkowych na terminalu (t/h)

$$B_{pu} = B * \frac{TP_c}{TN_c} \quad (14)$$

gdzie:

B - jak w punkcie 3.

TP_c – całkowity czas przeładunku ładunku dominującego na danym nabrzeżu w badanym roku (godz.)

TN_c - całkowity czas postoju statków przy nabrzeżu przeładunkowym z ładunkiem w badanym roku (godz.)

Współczynniki TP_c i TN_c można określić na podstawie opracowywanej przez Zarząd Portu Taśmy Czasu.

Wydajność eksploatacyjna urządzeń przeładunkowych wynosi:

$$WE_t = WT_t * (1 - u_{nw}) = WT_t * (1 - \frac{P_{nw}}{TP_c}) \quad (15)$$

gdzie:

WT_t - wydajność techniczna urządzeń przeładunkowych na terminalu

u_{nw} - udział przerw nie z winy portu (np. warunki hydrometeorologiczne) w całkowitym czasie przeładunku

P_{nw} - całkowity czas przerw w pracy przeładunkowej nie wynikający z winy portu

Wydajność techniczną urządzeń przeładunkowych na terminalu można określić na podstawie zależności:

$$WT_t = \sum_{i=0}^n WT_i * k_{gt} \quad (16)$$

gdzie:

n - liczba urządzeń na terminalu

WT_i - wydajność techniczna urządzenia przeładunkowego i

k_{gt} - wskaźnik gotowości technicznej

$k_{gt} = 0,8$ dla urządzeń o dostatecznym stanie technicznym

$k_{gt} = 0,9$ dla urządzeń o dobrym i bardzo dobrym stanie technicznym

Metoda ta uwzględnia specyfikę obsługi środków transportu zaplecza w terminalach masowych. Wydajność techniczna urządzeń przeładunkowych jest stała, niezależnie od obsługiwanych środków transportu. Jednocześnie metoda ta uwzględnia czynniki:

- liczbę i rodzaj oraz wydajność urządzeń przeładunkowych
- faktyczny czas pracy portu
- przerwy z winy portu wynikające np. z braku odpowiedniej liczby brygad przeładunkowych, awarii urządzeń i sprzętu, przeglądów technicznych
- przerwy, które nie powstały z winy portu spowodowane np. brakiem ładunku, nieodpowiednimi warunkami meteorologicznymi.

PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule metody stanowią uzupełnienie do powszechnie stosowanych mierników oceny zdolności przepustowej portu morskiego, lecz nie wyczerpują całego zagadnienia. W ocenie całkowitej zdolności przepustowej należy uwzględnić specyfikę pracy terminali. Większość terminali portowych nie jest przystosowana do równoczesnej pracy wszystkich urządzeń przeładunkowych. Ograniczenia wynikają np. z niedostatecznej liczby pracowników, układu i przeznaczenia urządzeń. To sprawia, że często zdolność przeładunkowa urządzeń znacznie przewyższa faktyczne możliwości terminalu. Taka sytuacja występuje np. w terminalach pierwotnie projektowanych do obsługi jednej relacji przeładunkowej (np. węgla w eksporcie) a następnie wyposażonych w dodatkowe urządzenia

w celu np. zmiany kierunku obsługi ładunków. Równoległa praca obu grup urządzeń zazwyczaj się wyklucza, nawet przy obsłudze różnych środków transportu. Podobna sytuacja występuje na terminalach wyposażonych w zużyte technicznie urządzenia przeładunkowe, których mimo że są zewidencjonowane nie eksploatuje się.

LITERATURA

1. Kreft K., Salomon A., *Narzędzia informatyczne w projektowaniu działalności portów morskich*, Wyd. UG, Gdańsk 1998
2. Kuźma L. (red.), *Ekonomika portów morskich i polityka portowa*, Gdańsk 1993
3. Kuźma L. (red.), *Ekonomika portów morskich i polityka portowa*, Gdańsk 2003

SELECTED FACTORS OF SEA PORT CAPACITY

ABSTRACT

The ports competitiveness is determined by many factors. The sea port capacity is one of it. Many studies of sea port capacity are based on the efficiency of ship-to shore cranes, but the port's capacity is determined by many other factors e.g. storage capacity, rail infrastructure capacity or the efficiency of handling equipment for inland vehicles. The article presents methods of assessment of selected port's efficiency factors, usually ignored in the estimates of the total port capacity.