

**ZESZYTY NAUKOWE NR 2 (74)  
AKADEMII MORSKIEJ  
W SZCZECINIE**

---

**EXPLO-SHIP 2004**

---

Piotr Majzner, Wojciech Piszczek

**Symulacyjne badania przepustowości i bezpieczeństwa ruchu  
strumieni jednostek na torze wodnym w warunkach  
probabilistyki zjawisk zgłoszeń i prędkości jednostek**

Słowa kluczowe: akwen ograniczony, przepustowość, bezpieczeństwo, strumień

*Przedstawiono przykład zastosowania metody symulacji komputerowej w analizie zjawiska ruchu strumieni jednostek na podejściu i torze wodnym. Model uwzględnia losowość zgłoszeń statków w rejonie podejścia do toru wodnego i rozproszenie wartości prędkości ruchu jednostek na torze. Wykazano przydatność tej metody do identyfikacji zjawisk i oceny parametrów procesu ruchu.*

**Simulation Research on the Capacity and Vessels Streams  
Movement Safety of in a Fairway in the Case of Probabilistic  
Vessel Reports and Speeds**

Key words: restricted area, traffic capacity, safety, traffic flow

*The paper sets forth a computer simulation method analysis of the phenomenon of traffic flow movement in an approach area and in a fairway. The model takes into consideration the probability of a vessel report in the fairway approach area and the dispersion of the speed values of fairway vessel traffic. The advantage of this method for the identification of the phenomena and parameters estimation of the movement process has been proved.*

## Wprowadzenie

Duże i nadal rosnące natężenie ruchu jednostek pływających na akwenach ograniczonych stwarza istotne problemy dotyczące przepustowości i bezpieczeństwa ruchu na tych akwenach. Rozwiązywaniem tych problemów zajmuje się inżynieria ruchu morskiego – IRM, dokonując jakościowego i ilościowego opisu procesów tego ruchu [4]. Wymienione problemy można rozwiązywać różnymi metodami. Początkowo stosowano tylko metody heurystyczne, w których wnioski formułowano opierając się na wiedzy praktyków. Podstawowa wada tych metod polegała na braku adekwatności, zbyt małej liczności zbiorów obserwacji, jeśli obejmowały one krótki okres lub zbyt dużej zmianie uwarunkowań struktury akwenu i strumieni jednostek, jeśli brano pod uwagę dłuższy horyzont czasowy. Proste zjawiska można badać metodami analitycznymi, wykorzystując teorię masowej obsługi, której istota sprowadza się do ułożenia i rozwiązywania układów równań różniczkowych, wiążących ze sobą prawdopodobieństwa zdarzeń występujących w procesie ruchu strumieni jednostek. Przy zastosowaniu znacznych uproszczeń, układ równań różniczkowych można sprowadzić w odpowiadający im układ równań algebraicznych. Metody analityczne można stosować do opisu prostych systemów pod warunkiem, że są spełnione dość silne założenia dotyczące strumieni zgłoszeń. W praktyce założenia te są stosunkowo rzadko spełnione i stanowią zbyt daleko idącą idealizację zjawisk. Ograniczeniem rozwoju tych metod stały się komplikacje obliczeniowe (nieproporcjonalnie duży wzrost ilości równań przy rozbudowie modelu i ograniczenia w stosowaniu dowolnych typów rozkładów prawdopodobieństwa [4]).

Rozwój komputerowych technik obliczeniowych spowodował, że obecnie i w niedalekiej przyszłości szczególnego znaczenia nabierają metody symulacji komputerowej.

Metody symulacyjne polegają na syntezie algorytmu symulującego funkcjonowanie danego systemu. Wielokrotna komputerowa realizacja procesu z użyciem tego algorytmu, a następnie opracowanie statystyczne rezultatów pozwala na znalezienie interesujących nas współzależności i przebiegu wartości miar opisujących dany proces [1]. Metody symulacyjne stanowią jedyną efektywną metodę analizy złożonych systemów przy dowolnych strukturach, strumieniach wejściowych i złożonych zasadach ruchu na akwenach.

Powyższe czynniki w pełni uzasadniają zastosowanie metod symulacji do badania ruchu strumieni jednostek na akwenach o zróżnicowanej konfiguracji [2]. Niniejszy artykuł wykazuje przydatność tej metody do identyfikacji zjawisk i oceny parametrów procesu ruchu.

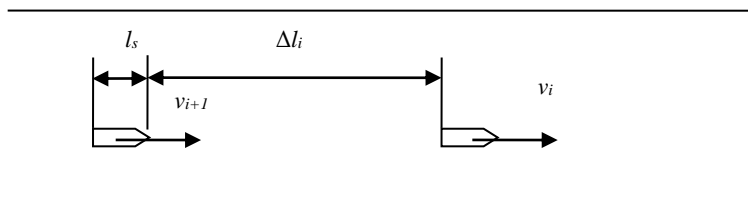
## 2. Charakterystyka procesu ruchu jednostek na podejściu i torze wodnym

Badanie złożonych systemów za pomocą komputerowych metod symulacyjnych wymaga bardzo refleksyjnego postępowania. Na analityka czyhają liczne zasady interpretacyjne, trudne do przewidzenia interakcje modelu, w tym generatorów zmiennych losowych czy wreszcie zwykłe błędy logiczne. Stąd poprawnym postępowaniem jest rozpoczęcie od budowy i analizy prostych modeli elementów akwenów, ich wielokrotna weryfikacja, stopniowe odchodzenie od założeń upraszczających a następnie konstruowanie z nich złożonych systemów odzwierciedlających rzeczywistość.

Wyniki badań komputerowymi metodami symulacyjnymi ruchu strumieni jednostek na podejściu i torze wodnym podano w opracowaniu [2]. Badania przeprowadzono przy założeniu przypadkowości momentów podchodzenia statków do rejonu wejścia na tor wodny i uporządkowanym ruchu jednostek z jednakową prędkością na torze. Obecnie dokonana zostanie próba uzmiennienia również prędkości jednostek na torze, co pozwoli zidentyfikować zjawiska i określić parametry przepustowości i bezpieczeństwa w takiej sytuacji.

Założmy, że na wąskim jednokierunkowym torze pojawia się jednorodny strumień jednostek o następujących parametrach:

- minimalna, dopuszczalna odległość między statkami na torze  $\Delta l = 500$  m,
- długość statku  $l_s = 200$  m,
- długość toru  $l_t = 18$  km,
- prędkość statku opisuje rozkład normalny o wartości średniej  $v_{sr} = 8,1$  w i o odchyleniu standardowym  $\sigma = 0$  oraz  $\sigma = 1,62$  w,
- okres pojawiania się jednostek na wejściu toru jest zmienną losową opisaną rozkładem wykładniczym przesuniętym o wartości średniej  $T_{sr}$  oraz przesunięciu  $T_p$  (na początek  $T_p = 0$ ),
- horyzont czasu symulacji wynosi  $T_s = 100$  h.



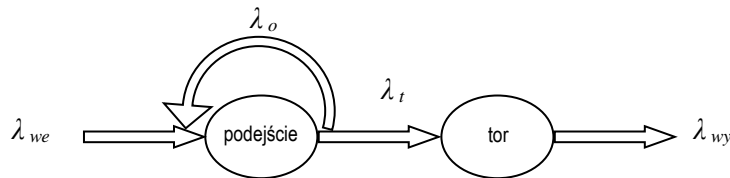
Rys. 1. Relacje między jednostkami w procesie ruchu na torze wodnym

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 1. A diagram of vessel traffic in the fairway

Source: own study.

Proces przepływu strumieni jednostek na podejściu i torze wodnym ilustruje rysunek 2. Jednostki strumienia wejściowego o intensywności  $\lambda_{we}$  zgłaszają się do podejścia do toru wodnego. Gdy na torze w odległości mniejszej niż dopuszczalna znajduje się już inna jednostka, zgłaszająca się jednostka przechodzi w stan oczekiwania, zasilając strumień jednostek oczekujących na wejście  $\lambda_o$ , dotąd aż na torze wodnym pojawią się warunki do wejścia. W interpretacji nawigacyjnej nie musi to oznaczać kotwiczenia a może oznaczać dostatecznie wczesną redukcję prędkości. Na tor wodny wchodzi strumień jednostek o intensywności  $\lambda_t$ . Prędkość jednostek w strumieniu nie jest jednakowa. Jest on zmienną losową rozkładu normalnego. Stąd jednostki mogą się oddalać od siebie lub przybliżać do granicznej odległości  $\Delta l$ . Na wyjściu toru wodnego pojawia się strumień jednostek opuszczających tor o intensywności  $\lambda_{wy}$ .



Rys. 2. Proces ruchu strumieni jednostek na podejściu i torze wodnym

*Źródło:* opracowanie własne.

Fig. 2. A diagram of traffic flow in the approach area and the fairway

*Source:* own study.

Identyfikacja zjawisk a tym bardziej określenie miar przepustowości i bezpieczeństwa ruchu w tych warunkach nie poddaje się łatwo metodom heurystycznym a i podejście analityczne sprawia znaczne trudności. Zaprezentowane więc będzie podejście symulacyjne a jako odniesienie będą służyć wyniki uzyskane metodą deterministyczną. Godne uwagi jest spostrzeżenie, że w badaniach warto stosować równoległe różne metody. Czasami zastanawiające wyniki uzyskane jedną metodą są inspiracją do ich weryfikacji inną i albo pozwalają na nowe spojrzenie na zjawisko, albo dostrzeżenie błędu. Tak było i w niniejszym przypadku. Wyniki metody symulacyjnej zwróciły uwagę na silny wpływ rozproszenia prędkości ruchu na torze na przepustowość toru, co stało się inspiracją poszukiwania uzasadnienia heurystycznego i szacunków deterministycznych.

### 3. Metoda deterministyczna badania ruchu strumieni jednostek na podejściu i torze wodnym

Analiza deterministyczna zakłada operowanie na wartościach średnich procesu ruchu jednostek. Podstawowym parametrem akwenu jest jego przepustowość nominalna, określona ze wzoru [2, 3]:

$$\mu_{nom} = \frac{v_{\dot{s}r}}{\Delta l + l_s} \left[ \frac{1}{h} \right]$$

gdzie:

- $\mu_{nom}$  – przepustowość nominalna;
- $v_{\dot{s}r}$  – prędkość średnia jednostek;
- $\Delta l$  – minimalna dopuszczalna odległość między statkami;
- $l_s$  – długość statku.

Po podstawieniu wartości liczbowych otrzymamy  $\mu_{nom} = 21,43$  1/h. Oznacza to, że jeśli intensywność strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$  jest mniejsza od przepustowości  $\mu_{nom}$ , system znajduje się w stanie podkrytycznym. Ruch strumienia jednostek przebiega bez zakłóceń, ale powstają straty z powodu niewykorzystania przepustowości systemu.

Stan krytyczny występuje wtedy, gdy intensywność ruchu strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$  jest równa przepustowości  $\mu_{nom}$  danego systemu. Jest to stan pożądaný, gdyż wykorzystuje przepustowość systemu, lecz jest to stan niestabilny, gdyż przy minimalnych zmianach  $\lambda_{we}$  stan ten może przechodzić w podkrytyczny lub nadkrytyczny.

Stan nadkrytyczny występuje wówczas, gdy intensywność ruchu strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$  jest większa niż przepustowość systemu  $\mu_{nom}$ . W stanie tym powstaje strumień jednostek oczekujących  $\lambda_o$ . Jest to stan niepożądany, w praktyce trwale nie występujący.

Uzmienniając w modelu symulacyjnym prędkość ruchu jednostek na torze – uwagę zwrócił brak możliwości osiągnięcia przepustowości nominalnej nawet w znacznym stanie nadkrytycznym. Znalazło to heurystyczne uzasadnienie w fakcie, że im dłuższy jest tor wodny, tym większy jest wpływ najwolniejszej jednostki na parametry wynikowe procesu ruchu a więc  $\lambda_{wy}$ . Daje to asumpt do zdefiniowania przepustowości minimalnej  $\mu_{min}$  dla danych uwarunkowań procesu ruchu. Wartość liczbową przepustowości minimalną  $\mu_{min}$  otrzymamy po podstawieniu do wzoru na  $\mu_{nom}$  zamiast prędkości średniej – prędkość minimalną jednostek na torze.

Przy założeniu, że prędkość jednostek w strumieniu jest opisana rozkładem normalnym o odchyleniu standardowym  $\sigma$ , najmniejszą wartość prędkości jaka wystąpi w strumieniu z prawdopodobieństwem ponad 0,998 można obliczyć ze wzoru:

$$v_{min} = v_{\dot{s}r} - 3 \cdot \sigma \text{ [w]}$$

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymujemy  $\mu_{min} = 8,57$  1/h.

Kolejnym parametrem określającym badany proces ruchu jest czas opóźnień  $t_{opwe}$  przypadający na jednostkę oczekującą na wejście. Analiza deterministyczna pozwala nam określić opóźnienie jedynie w stanie krytycznym i nadkrytycznym.

O ile dla decydentów systemu eksploatacji dróg wodnych, przepustowość jest jednym z podstawowych parametrów, to dla armatorów czas oczekiwania na wejście może być głównym parametrem decyzyjnym. Przy powyższych założeniach deterministycznych, opóźnienie określa zależność:

$$t_{opwe} = 0.5 \cdot \left( 1 - \frac{\mu_{nom}}{\lambda_{we}} \right) \cdot T_s \text{ [h]}$$

Metoda deterministyczna pozwala w ograniczonym zakresie badać nie tylko zjawiska związane z przepustowością akwenu, ale także związane z bezpieczeństwem z grupy przesłanek [2]. W analizowanym przypadku przesłankę do wystąpienia nadmiernego zbliżenia stanowi podążanie na minimalnej, dopuszczalnej odległości  $\Delta l$ . Przyjęcie w metodzie deterministycznej wartości średnich jako reprezentatywnych powoduje, że dla stanu podkrytycznego prawdopodobieństwo wystąpienia przesłanki nadmiernego zbliżenia należy przyjąć za zero  $p_{bz} = 0$ , natomiast w stanie nadkrytycznym za pewne  $p_{bz} = 1$ .

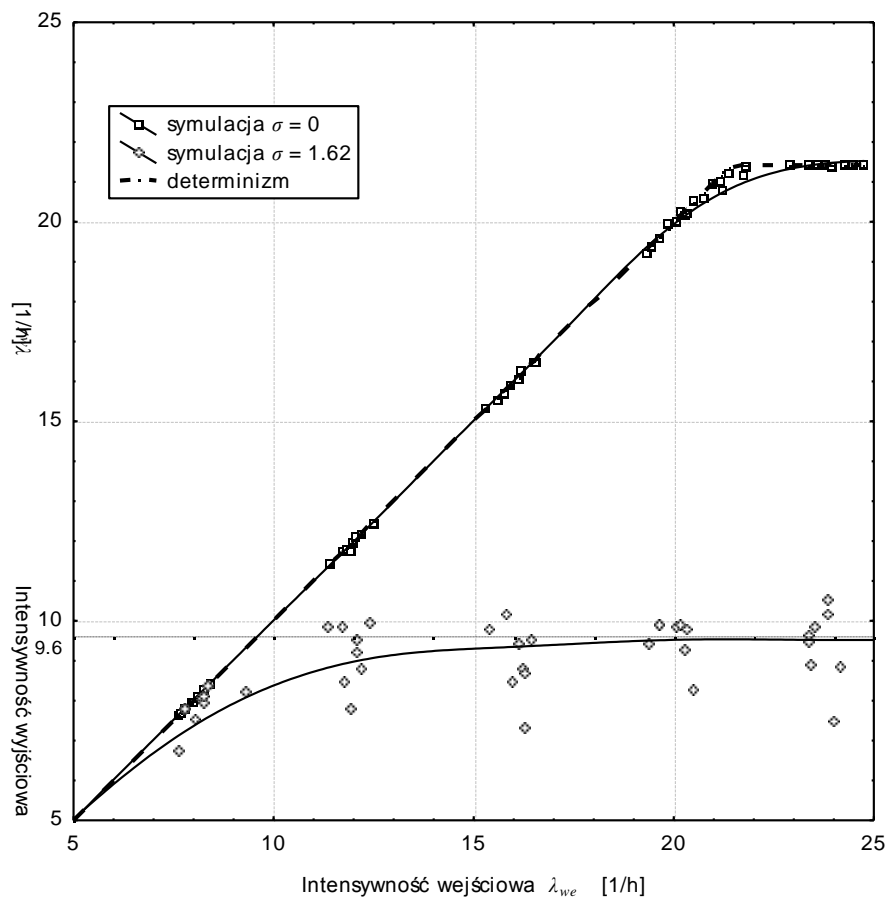
#### 4. Metoda symulacyjna badania ruchu strumieni jednostek na podejściu i torze wodnym

Dokonano szeregu prób symulacyjnych dla dwóch różnych wartości odchylenia standardowego prędkości jednostek w strumieniu. W trakcie badań zwiększono intensywność strumienia wejściowego. Rejestrowano:

- intensywność strumienia wyjściowego,
- występowanie przesłanek do nadmiernego zbliżenia między jednostkami poruszającymi się po torze,
- intensywność strumienia jednostek oczekujących na wejście na tor,
- czasy opóźnień występujące na podejściu toru wodnego.

Na rysunku 3 przedstawiono wykresy zależności intensywności strumienia wyjściowego  $\lambda_{wy}$ , w zależności od intensywności strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$  uzyskane na drodze analizy deterministycznej (linia przerywana) i metodą symulacji komputerowej, gdy prędkość jednostek w strumieniu była opisana rozkładem normalnym o wartości średniej wynoszącej  $v_{sr} = 8,1$  w i o odchyleniu standardowym wynoszącym  $\sigma$ . Początkowo przyjęto  $\sigma = 0$  w (prędkość jednostek w strumieniu jest stała), a następnie  $\sigma = 1,62$  w (20%  $v_{sr}$ ).

Na wykresie daje się zauważyć, że w głębokim stanie podkrytycznym intensywność strumienia wyjściowego  $\lambda_{wy}$  równa się intensywności strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$ , zarówno przy stałej prędkości jednostek w strumieniu, jak i przy losowych wartościach prędkości. Gdy prędkość jednostek w strumieniu jest stała, w okolicach stanu krytycznego daje się zauważyć rozbieżność wyników metod deterministycznej i symulacyjnej, a gdy strumień  $\lambda_{we}$  ma wartość większą niż przepustowość, system pracuje w stanie nadkrytycznym i wyniki obu metod znowu są zbieżne.



Rys. 3. Wykresy zależności intensywności wyjściowej  $\lambda_{wy}$  w funkcji intensywności wejściowej  $\lambda_{we}$  dla  $\sigma = 0$  w i  $\sigma = 1,62$  w

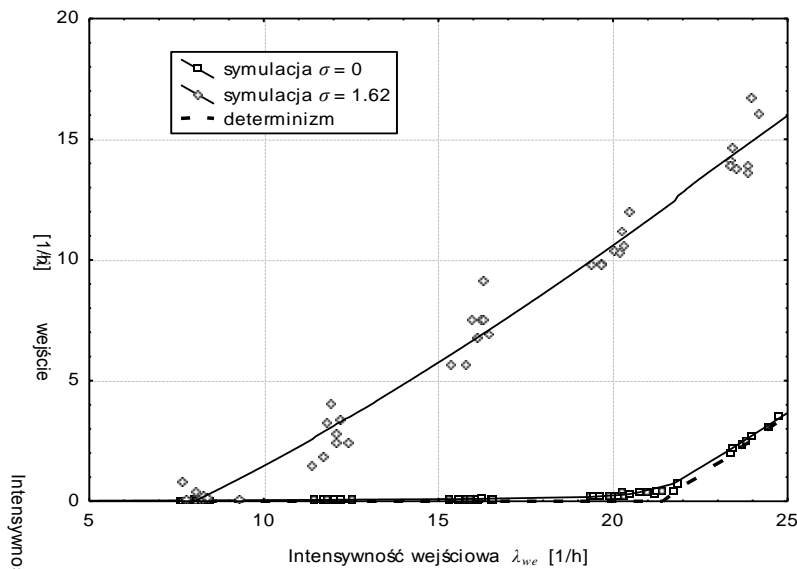
Źródło: opracowanie własne.

Fig. 3. Graphs of output intensity  $\lambda_{wy}$  as a function of input intensity  $\lambda_{we}$  for  $\sigma = 0$  w and  $\sigma = 1.62$  w. Source: own study.

Pojawiło się natomiast nowe zjawisko. Dla  $\sigma = 1,62$  w stan krytyczny wystąpił przy wartości intensywności strumienia wejściowego znacznie mniejszej niż wskazywała na to wyliczona wartość przepustowości nominalnej  $\mu_{nom}$ . Intensywność strumienia jednostek opuszczających tor osiągnęła wartość stałą już przy wartości intensywności strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$ , wynoszącego ok.  $9,6 \text{ 1/h}$ , co stanowi około 45% wartości przepustowości nominalnej  $\mu_{nom}$ .

Na podstawie przebiegu zależności intensywności strumienia wyjściowego  $\lambda_{wy}$  w funkcji intensywności strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$ , przy normalnym rozkładzie prędkości ( $\sigma = 1,62$  w) można wprowadzić nową miarę zwaną przepustowością rzeczywistą w istniejących warunkach  $\mu_{rzecz}$ . Przepustowość rzeczywista  $\mu_{rzecz}$  to maksymalna wartość intensywności strumienia wyjściowego  $\lambda_{wy} = f(\lambda_{we})$  w rzeczywistych uwarunkowaniach systemu i procesu. Należy zauważyć, że przepustowość rzeczywista maleje ze wzrostem rozproszenia prędkości ( $\sigma$ ) a ze wzrostem długości toru dąży w granicy do przepustowości minimalnej  $\mu_{min}$ .

Na rysunku 4 przedstawiono wykres zależności intensywności strumienia jednostek oczekujących na wejście na tor  $\lambda_o$  w funkcji  $\lambda_{we}$ , dla dwóch różnych wartości rozproszenia prędkości. Intensywność ta przy modelowaniu deterministycznym jest zerowa dla stanów podkrytycznych i krytycznego oraz równa intensywności strumienia wejściowego pomniejszonego o wartość przepustowości nominalnej  $\mu_{nom}$  dla stanów nadkrytycznych.



Rys. 4. Wykresy intensywności jednostek oczekujących na wejście na tor  $\lambda_o$  w funkcji intensywności wejściowej  $\lambda_{we}$  dla  $\sigma = 0$  w i  $\sigma = 1,62$  w

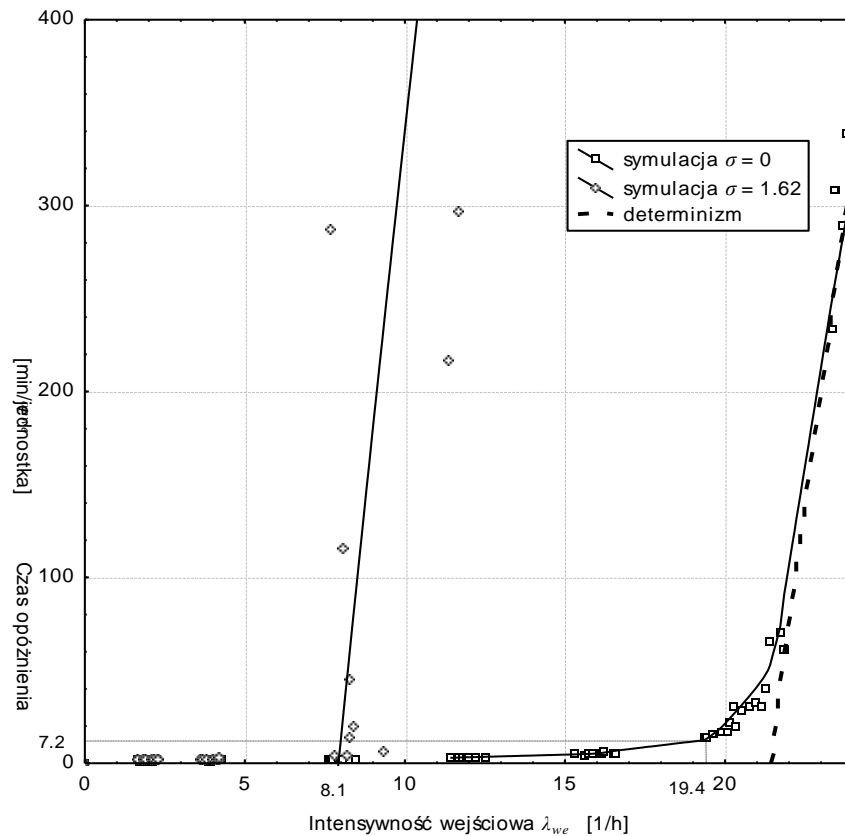
Źródło: opracowanie własne.

Fig. 4. Graphs of the intensity of vessels waiting to enter  $\lambda_o$  lane as a function of input intensity  $\lambda_{we}$  for  $\sigma = 0$  w and  $\sigma = 1,62$  w. Source: own study.



Uwzględnienie losowości momentów zgłoszeń jednostek na wejście toru wodnego powoduje pojawienie się przypadków oczekiwania jednostek już w stanach podkrytycznych. Należy zauważyć, że gdy wartość prędkości w strumieniu jest rozproszona, strumień jednostek oczekujących pojawia się przy mniejszej wartości intensywności wejściowej niż wynika to z analizy deterministycznej.

Na rysunku 5 przedstawiono wykres zależności oczekiwanego czasu opóźnień  $t_{opwe}$  przypadającego na jednostkę funkcji  $\lambda_{we}$ , dla dwóch różnych wartości rozproszenia prędkości.



Rys. 5. Wykresy zależności oczekiwanego czasu opóźnień  $t_{opwe}$  przypadającego na jednostkę w funkcji  $\lambda_{we}$  dla  $\sigma = 0$  w i  $\sigma = 1,62$  w

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 5. Graphs of expected  $t_{opwe}$  time of delay falling onto a vessel as the function of input intensity  $\lambda_{we}$  for  $\sigma = 0$  w and  $\sigma = 1.62$  w

Source: own study.

Na podstawie wykresu można określić wartość przepustowości eksploatacyjnej  $\mu_e$ , równej wartości intensywności strumienia wejściowego, przy której oczekiwane opóźnienie osiągnie poziom np. 10% czasu przejścia przez tor ( $t_p = 72$  min):

$$\mu_e = \lambda_{we} \left|_{\sigma=0, t_{opwe}=0.1 \cdot t_p} \cong 19,4 \left[ \frac{1}{h} \right]$$

$$\mu_e = \lambda_{we} \left|_{\sigma=1.62, t_{opwe}=0.1 \cdot t_p} \cong 8,1 \left[ \frac{1}{h} \right]$$

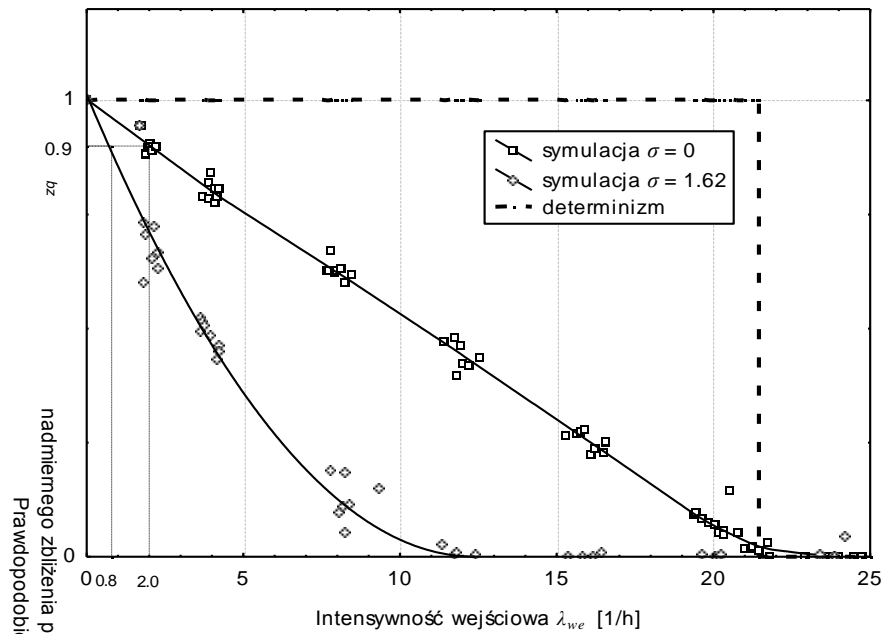
Wartość  $t_{opwe}$ , przy której określono  $\mu_e$ , może być dobrana dla każdego podsystemu dróg wodnych dowolnie, jednak spośród wielkości akceptowalnych, określonych np. metodami analizy nawigacyjnej lub metodami analizy rynkowej. Jeżeli np. możliwości kotwiczenia są ograniczone  $t_{opwe}$ , a więc i  $\mu_e$  można określić kierując się prędkością sterowalną jednostek w procesie redukcji prędkości przy dochodzeniu do wejścia na tor w sytuacji jego zajętości. Na podstawie wykresu możemy stwierdzić, że rozproszenie prędkości jednostek w strumieniu ma istotny wpływ na wartość opóźnienia w ruchu jednostek. Czas opóźnienia przyjmuje duże wartości już w stanie podkrytycznym, co niestety wpływa niekorzystnie na wartość przepustowości eksploatacyjnej.

Na rysunku 6 przedstawiono zależność prawdopodobieństwa uniknięcia przesłanki do nadmiernego zbliżenia  $p_{bz}$  w funkcji intensywności strumienia wejściowego  $\lambda_{we}$ , dla różnych wartości rozproszenia prędkości. Założenia analizowanego przykładu nie przewidują możliwości wyprzedzania, dlatego też jednostka osiągając  $\Delta l$  redukuje swoją prędkość do prędkości jednostki przed sobą. Pojawia się przesłanka do powstania nadmiernego zbliżenia. Przy założeniu  $\sigma = 0$  w zjawisko to obserwowane jest jedynie na wejściu toru. Dla  $\sigma > 0$  będzie występowało również na torze. Wykres pokazuje istotną rozbieżność między wynikami metod deterministycznej i symulacyjnej.

Powyższy wykres pozwala określić przepustowość bezpieczną  $\mu_b$ , to jest taką przy której prawdopodobieństwo powstania przesłanki nadmiernego zbliżenia ( $1 - p_{bz}$ ) jest akceptowalne, np. 10%:

$$\mu_b = \lambda_{we} \left|_{\sigma=0, p_{bz}=0.9} \cong 2,0 \left[ \frac{1}{h} \right]$$

$$\mu_b = \lambda_{we} \left|_{\sigma=1.62, p_{bz}=0.9} \cong 0,8 \left[ \frac{1}{h} \right]$$



Rys. 6. Wykresy zależności prawdopodobieństwa uniknięcia przestanki od nadmiernego zbliżenia  $p_{bz}$  w funkcji intensywności wejściowej  $\lambda_{we}$  dla  $\sigma = 0$  w i  $\sigma = 1,62$  w

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 6. Graphs of probability of avoiding a premise for a close quarters situation  $p_{bz}$  as the function of input intensity  $\lambda_{we}$  for  $\sigma = 0$  w and  $\sigma = 1.62$  w

Source: own study.

Na uwagę zasługuje fakt, że wartości przepustowości bezpiecznej i eksploatacyjnej znacznie różnią się od siebie, zarówno dla stałej prędkości jednostek w strumieniu jak i dla warunku rozproszenia prędkości.

### Wnioski z przeprowadzonych badań

Uzyskane wyniki badań w pełni potwierdzają tezę o przydatności metod symulacji komputerowej w inżynierii ruchu morskiego. Pozwalają one na:

- identyfikację zjawisk w procesach ruchu jednostek na akwenach ograniczonych trudno identyfikowalnych innymi metodami;
- zdefiniowanie miar przepustowości i bezpieczeństwa mających istotne odniesienie do praktyki nawigacyjnej;
- bardziej adekwatne do rzeczywistości określenie wartości miar przepustowości i bezpieczeństwa;

- określenie charakteru i stopnia wpływu parametrów procesu i systemu na wartości miar przepustowości i bezpieczeństwa;
- wyciągnięcie istotnych wniosków dotyczących przyjęcia granicznych wartości miar przepustowości i poziomu bezpieczeństwa.

Wynika stąd wniosek, że w warunkach wzrostu intensywności ruchu i dążeniu do maksymalizacji stopnia wykorzystania przepustowości akwenów, zastosowanie metod symulacyjnych jest w pełni uzasadnione, ze względu na bardziej adekwatne odzwierciedlanie losowości zjawisk.

### **Literatura**

1. Filipowicz B., *Modele stochastyczne w badaniach operacyjnych*, WNT, Warszawa 1996.
2. Majzner P., Piszczek W., *Symulacyjne badania procesów ruchu strumieni jednostek na akwenach ograniczonych*, Materiały konferencyjne IX Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Inżynierii Ruchu Morskiego, Świnoujście 2003.
3. Piszczek W., *Model bezpieczeństwa ruchu promów na skrzyżowaniu toru wodnego i przeprawy promowej*, Zeszyty Naukowe WSM nr 59, Szczecin 2000.
4. Piszczek W., *Modele miar systemu inżynierii ruchu morskiego*. Studia nr 14, WSM, Szczecin 1990.

*Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.*

### **Recenzenci**

dr hab. inż. Roman Śmierzchalski, prof. AM  
prof. dr hab. inż. kpt.ż.w. Eugeniusz Łusznikow

### **Adresy Autorów**

dr hab. inż. Wojciech Piszczek, prof. AM  
Akademia Morska w Szczecinie  
Instytut Inżynierii Ruchu Morskiego  
ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin

mgr inż. Piotr Majzner  
Akademia Morska w Szczecinie  
Instytut Nawigacji Morskiej  
ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin