

Miroslaw Wnuk

# Wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla zmiennego zapelnienia składu wagonów

Przewozy kolejowe charakteryzują się zmiennym zapelnieniem składu wagonów, co znacznie utrudnia wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla takich przewozów. Można jednak wyznaczyć parametry optymalne pojazdu trakcyjnego dla zmiennego zapelnienia składu wagonów wówczas, jeżeli do zadania jazdy dołączymy probabilistyczny model mas wagonów w analizowanym przedziale czasu.

Przewozy kolejowe charakteryzują się zmiennym zapelnieniem składu wagonów w zależności od pory dnia, dnia tygodnia lub miesiąca, w którym wykonywane są przewozy. Wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego ze względu na zużycie energii, dla zmieniającego się zapelnienia składu wagonów w analizowanym przedziale czasu, jest zagadnieniem złożonym. Wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla jazdy pociągu nawet w niewielkim przedziale czasu jest niezmiernie pracochłonne i wymaga wielkiego nakładu obliczeń. Można jednak znacznie uprościć niniejsze zadanie poprzez wyznaczenie gęstości prawdopodobieństwa lub częstości występowania poszczególnych mas wagonów w analizowanym przedziale czasu. Określenie gęstości prawdopodobieństwa lub histogramu mas wagonów, które występują w analizowanym przedziale czasu, umożliwia wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla danych parametrów ruchu. W tym celu zbiór pociągów należy podzielić na przedziały w taki sposób, aby przyrost masy wagonów w każdym przedziale był stały. Następnie dla tak określonych przedziałów należy wyznaczyć prawdopodobieństwo i współczynniki wagi zależne od masy wagonów. Funkcja kryterialna będzie równa sumie iloczynów prawdopodobieństwa, współczynnika wagi i jednostkowego zużycia energii, wyznaczonych dla wszystkich przedziałów. Do rozważań przyjęto następujący zbiór pociągów towarowych z wagonami czteroosiowymi o masie równej 50 t:

$$Zb \Rightarrow m_w \in (700; 800; 900) [t] \quad (1)$$

Przyjęto, że funkcja prawdopodobieństwa  $p(m_w)$  masy wagonów ma rozkład normalny [1]:

$$p(m_w) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(m_w - m_s)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

gdzie:

$m_w$  – masa wagonów [t],  
 $m_s$  – średnia masa wagonów [t],  
 $\sigma$  – odchylenie standardowe [t].

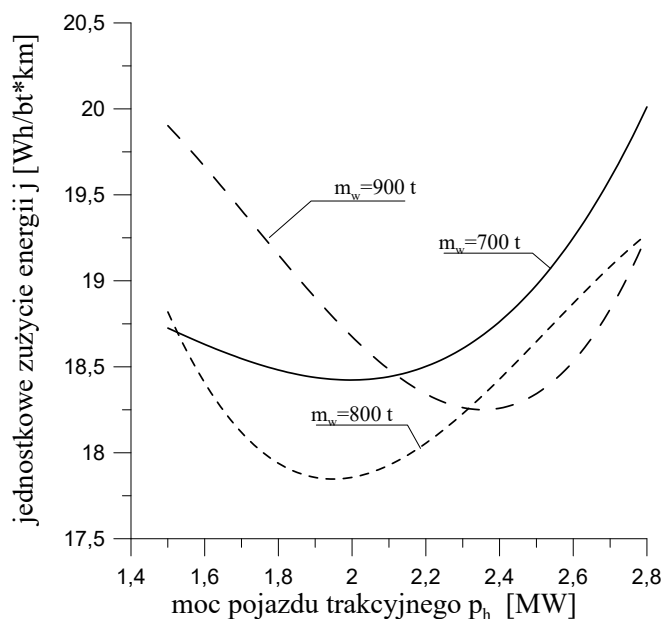
Zbiór wagonów (1) podzielono na 3 przedziały, dla każdego przedziału wyznaczono parametry optymalne pojazdu trakcyjnego, a następnie wyznaczono parametry optymalne dla całego zbioru  $Zb$ . Symulacyjne jazdy pociągów wykonano na prostym i poziomym odcinku linii kolejowej o długości równej  $s_k = 15$  km, z prędkością techniczną odpowiednio równą:  $v_t = 17; 18$  i  $19$  m/s.

## Wyznaczanie zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego dla różnych mas wagonów

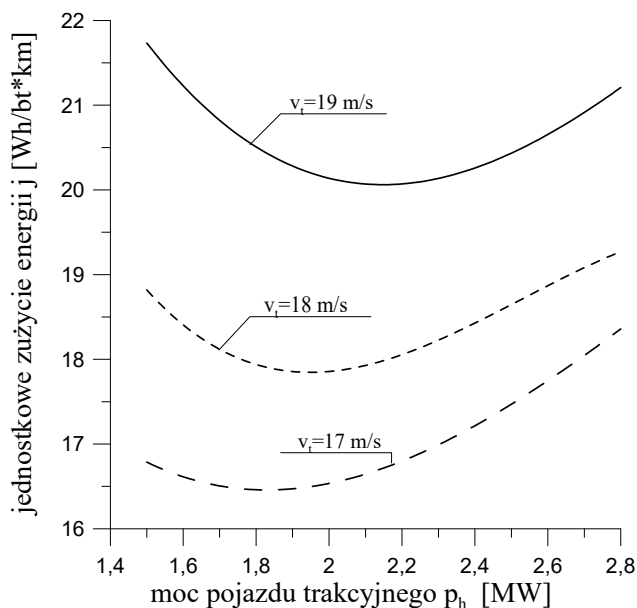
Na odcinku  $s_k$  wyznaczono funkcje jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego dla różnych mas wagonów. Symulacyjne jazdy pociągów wykonano na odcinku  $s_k$  z prędkością techniczną równą  $v_t = 18$  m/s. Na odcinku wystąpiło miejscowe ograniczenie prędkości równe  $v_1 = 16,2$  m/s. Poniżej przedstawiono ww. funkcje w postaci następujących wielomianów aproksymacyjnych:

$$\begin{aligned} j_{18}^{700}(v_1 = 16,2) &= 17,644 + 4,558p_h - 3,98p_h^2 + 0,9479p_h^3 \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \\ j_{18}^{800}(v_1 = 16,2) &= 48,8 + 40,1675p_h + 16,77p_h^2 - 2,211p_h^3 \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \\ j_{18}^{900}(v_1 = 16,2) &= 12,369 + 17,2649p_h - 11,48p_h^2 + 2,212p_h^3 \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

Z wykresów przedstawionych na rysunku 1 wynika, że zarówno ekstremum zużycia energii, jak i wartość tego zużycia dla jazdy pociągów z miejscowym ograniczeniem prędkości na odcinku  $s_k$  bardzo silnie zależą od masy składu wagonów. Dla danej prędkości technicznej na odcinku  $s_k$  można dobrać do danej masy wagonów parametry optymalne pojazdu trakcyjnego. Natomiast ekstremum zużycia energii dla danej prędkości technicznej na odcinku  $s_k$  występuje dla optymalnych parametrów pojazdu trakcyjnego oraz optymalnej masy wagonów. Ponieważ masę wagonów można zmieniać w sposób dyskretny poprzez dołączenie lub



Rys. 1. Wykresy jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego dla mas wagonów odpowiednio równych  $m_w = 700; 800; 900$  t; jazdy pociągów wykonano na odcinku  $s_k$  z prędkością techniczną równą  $v_t = 18$  m/s, z miejscowym ograniczeniem prędkości równym  $v_1 = 16,2$  m/s



**Rys. 2.** Wykresy jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego dla masy wagonów równej  $m_w = 800$  t; jazdy symulacyjne wykonano na odcinku  $s_k$  dla prędkości technicznych odpowiednio równych  $v_t = 17; 18; 19$  m/s, z miejscowym ograniczeniem prędkości  $v_1 = 16,2$  m/s

odłączenie wagonu od danego składu pociągu, w związku z tym trudno jest dobrać optymalną masę wagonów do danej prędkości technicznej pociągu na odcinku. Można dobrać, co najwyżej, suboptymalną masę wagonów do danych parametrów ruchu. W naszym przypadku będzie to prawdopodobnie masa równa  $m_w^* = 800$  t.

Na rysunku 2 przedstawiono wykresy jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego na odcinku  $s_k$  dla masy wagonów równej  $m_w = 800$  t. Poszczególne jazdy symulacyjne wykonano dla prędkości technicznych odpowiednio równych  $v_t = 17; 18; 19$  m/s, z miejscowym ograniczeniem prędkości  $v_1 = 16,2$  m/s. Ze wzrostem prędkości technicznej pociągu bardzo szybko rośnie zużycie energii, równocześnie minimum zużycia energii ze wzrostem prędkości technicznej, przesuwa się w kierunku większej mocy pojazdu trakcyjnego. Poniżej przedstawiono wielomiany aproksymacyjne jednostkowego zużycia energii, w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego, w postaci następujących zależności:

$$j_{18}^{800}(v_1 = 16,2) = 30,486 - 17,937 p_h + 7,035 p_h^2 - 0,7771 p_h^3 \quad \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \quad (4)$$

$$j_{19}^{800}(v_1 = 16,2) = 45,356 + 28,154 p_h + 9,766 p_h^2 - 0,9968 p_h^3 \quad \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right]$$

Z wielomianów (3) i (4) wyznaczono optymalną moc pojazdu trakcyjnego oraz optymalne zużycie energii dla różnych mas wagonów i różnych prędkości technicznych. Wyniki te zamieszczono w tabeli 1. Wynika z nich w sposób jednoznaczny, że dla masy wagonów równej  $m_w = 800$  t (wiersze 1÷3), ze wzrostem prędkości technicznej, rośnie zużycie energii oraz zwiększa się optymalna moc pojazdu trakcyjnego. Natomiast dla prędkości technicznej równej  $v_t = 18$  m/s (wiersze 4, 5), zwiększenie masy wagonów powoduje zwiększenie mocy optymalnej pojazdu trakcyjnego, ale równocześnie zmniejszenie jednostkowego zużycia energii. Jednostkowe zużycie energii, dla danej prędkości technicznej na od-

**Tab. 1.** Optymalna moc pojazdu trakcyjnego oraz optymalne zużycie energii dla różnych mas wagonów i różnych prędkości technicznych

Prędkość techniczna $v_t$	Masa wagonów $m_w$	Optymalna moc pojazdu trakcyjnego $P_h^*$	Optymalne zużycie energii $j^*$	Ograniczenie prędkości $v_1$
m/s	t	MW	Wh/bt·km	m/s
17	800	1,83	16,46	
18	800	1,95	17,85	
19	800	2,15	20,03	16,2
18	700	2,00	18,42	
18	900	2,355	18,25	

cinku  $s_k$ , w dużym stopniu zależy od masy składu pociągu [9]. Dla danej prędkości technicznej w każdym przypadku można dobrać masę pociągu w taki sposób, aby zużycie energii było optymalne. W dalszej części opracowania przeprowadzono rozważania dotyczące doboru parametrów pojazdu trakcyjnego do różnych składów wagonów.

### Funkcja kryterialna i zmienne decyzyjne

Jako funkcję kryterialną  $F$  przyjęto jednostkowe zużycie energii odniesione do masy wagonów. Funkcja kryterialna została określona dla całego zbioru pociągów i wyznaczona dla wszystkich przedziałów z następującej zależności [2, 9]:

$$F = \frac{\sum_k m_w^k p^k j(m_w^k, p_h)}{\sum_k m_w^k p^k} = \sum_k w(m_w^k, p^k) j(m_w^k, p_h) \quad \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \quad (5)$$

gdzie:

- $m_w^k$  – masa składu wagonów w przedziale [t],
- $j(m_w^k, p_h)$  – jednostkowe zużycie energii w przedziale [Wh/bt·km],
- $w(m_w^k, p^k)$  – współczynnik wagi w przedziale,
- $p^k$  – prawdopodobieństwo w przedziale,
- $k$  – przedział masy wagonów.

Współczynnik wagi w przedziale  $k$  wyznaczono z zależności:

$$w(m_w^k, p^k) = \frac{m_w^k p^k}{\sum_k m_w^k p^k} \quad (6)$$

Natomiast prawdopodobieństwo  $p_k$  wystąpienia pociągu o masie wagonów równej  $m_w$ , w przedziale  $k$ , wyznaczono z zależności:

$$p^k = \int \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(m_w - m_s)^2}{2\sigma^2}\right) dm \quad (7)$$

Jeżeli na podstawie danych zmiennego zapewnienia składu wagonów (zmiennej masy) nie można wyznaczyć rozkładu prawdopodobieństwa, wówczas funkcję kryterialną  $F$  (jednostkowe zużycie energii) można wyznaczyć na podstawie histogramu z następującej zależności:

$$F = \frac{\sum_k m_w^k n_k j(m_w^k, p_h)}{\sum_k m_w^k n_k} = \sum_k w(m_w^k, n_k) j(m_w^k, p_h) \quad \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \quad (8)$$

gdzie:

- $n_k$  – liczba pociągów w przedziale,
- $w(m_w^k, n_k)$  – współczynnik wagi w przedziale,
- $k = 1 \dots n_2$ .

Współczynnik wagi w przedziale  $k$  wyznaczono z zależności:

$$w(m_w^k, n_k) = \frac{m_w^k n_k}{\sum_k m_w^k n_k} \quad (9)$$

Jako zmienne decyzyjne przyjęto parametry ruchu:

$$v_g^k; s_d^k; s_h^k; \beta^k \quad k=1 \dots n_2 \quad (10)$$

$k=1 \dots n_2$ .

gdzie:

$v_g^k$  – prędkość górna pociągu w przedziale,

$s_d^k$  – droga jazdy pod prądem w przedziale,

$s_h^k$  – droga początku hamowania w przedziale,

$\beta^k$  – stopień wzbudzenia obwodu magnetycznego silnika trakcyjnego w przedziale,

$n_2$  – liczba przedziałów.

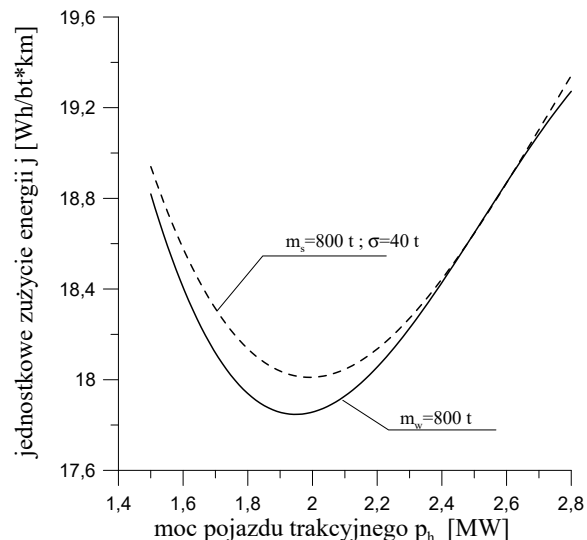
### Wyznaczanie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego

Badania symulacyjne jazdy pociągu wykonano na odcinku  $s_k=15$  km dla prędkości technicznych odpowiednio równych  $v_t=17; 18; 19$  m/s. Jazdy te wykonano dla następującego zbioru wagonów towarowych czteroosiowych o masie 50 ton:  $Zb \Rightarrow m_w \in (700; 800; 900)$  t. Przyjęto, że ww. zbiór wagonów opisany został za pomocą normalnego rozkładu prawdopodobieństwa [1] dla wartości oczekiwanej masy wagonów równej  $m_s=800$  t, z odchyleniem standardowym równym  $\sigma=40$  t. Rozkład ten przedstawiono na rysunku 3. Następnie wyznaczono funkcje aproksymacyjne jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego na odcinku  $s_k$  dla prędkości technicznej równej  $v_t=18$  m/s, z miejscowym ograniczeniem prędkości  $v_1=16,2$  m/s. Poszczególne jazdy symulacyjne wykonano dla masy wagonów równej  $m_w=800$  t, a następnie dla całego zbioru wagonów  $Zb$  (1) o masie oczekiwanej wagonów równej  $m_s=800$  t. Zbiór wagonów  $Zb$  ma rozkład normalny z odchyleniem standardowym masy wagonów równym  $\sigma=40$  t. Jednostkowe zużycie energii dla zbioru wagonów  $Zb \in (700, 800, 900)$  t) jest większe od jednostkowego zużycia energii wyznaczonego dla stałej masy wagonów równej  $m_w=800$  t. Większa jest również moc optymalna pojazdu trakcyjnego dla całego zbioru wagonów  $Zb$  od mocy optymalnej wyznaczonej dla stałej masy wagonów równej  $m_w=800$  t. W związku z tym przeprowadzono dalsze badania dla zbioru wagonów  $Zb$  o rozkładzie normalnym, z odchyleniem standardowym masy wagonów odpowiednio rów-

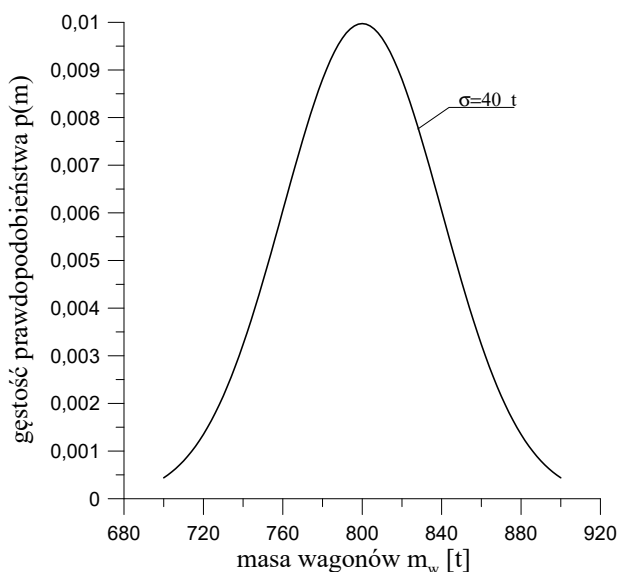
nym  $\sigma=40; 60; 100$  t. Poniżej przedstawiono wielomian aproksymacyjny jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego dla zbioru wagonów  $Zb$ :

$$j_{18}^{Zb}(\sigma=40, v_1=16,2) = 41,573 - 29,198 p_h + 11,499 p_h^2 - 1,3953 p_h^3 \quad \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \quad (11)$$

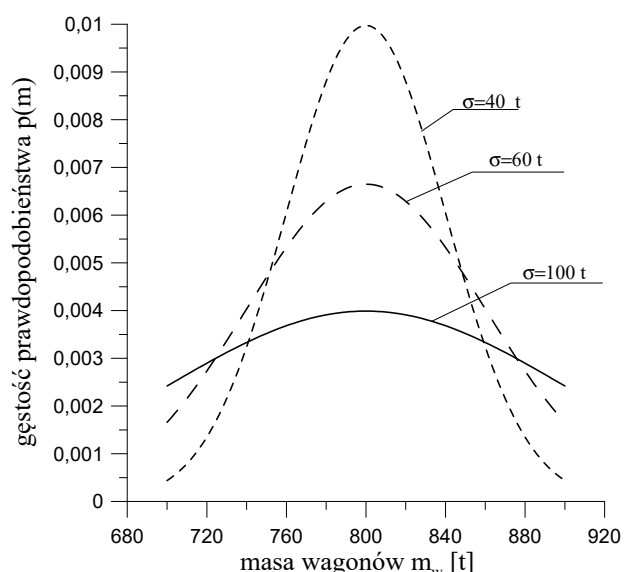
Na rysunku 5 przedstawiono rozkłady normalne zbioru wagonów  $Zb$  o wartości oczekiwanej masy wagonów równej  $m_s=800$  t, z odchyleniem standardowym masy wagonów odpowiednio równym  $\sigma=40; 60; 100$  t. Następnie przeprowadzono badania symulacyjne jazdy pociągu na odcinku  $s_k$  dla prędkości technicznych odpowiednio równych  $v_t=17$  i  $18$  m/s, z ograniczeniem prędkości  $v_1=16,2$  m/s. Jazdy symulacyjne wykonano



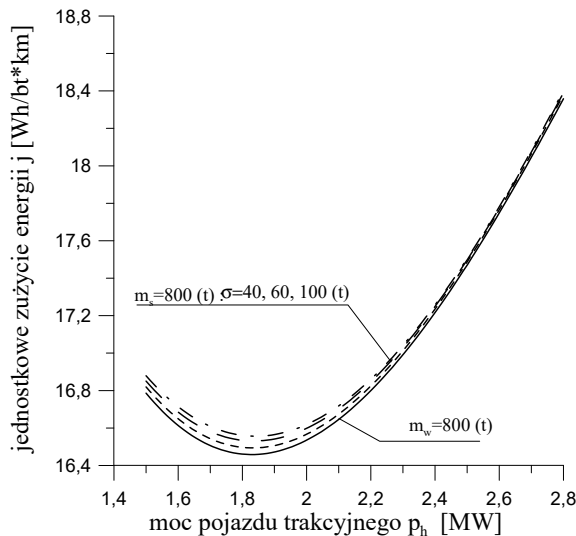
**Rys. 4.** Wykresy jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego wyznaczone na odcinku  $s_k$  dla prędkości technicznej równej  $v_t=18$  m/s, z ograniczeniem prędkości  $v_1=16,2$  m/s; jazdy te wykonano dla stałej masy wagonów równej  $m_w=800$  t oraz zbioru wagonów  $Zb$  o rozkładzie normalnym, z odchyleniem standardowym równym  $\sigma=40$  t



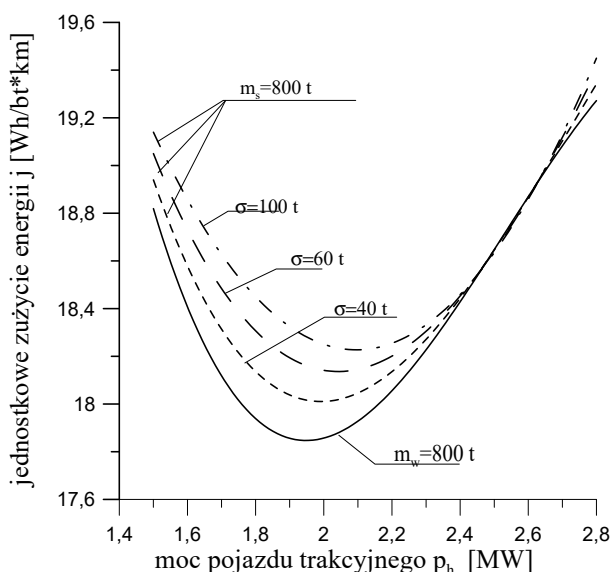
**Rys. 3.** Rozkład normalny zbioru wagonów  $Zb$  o wartości oczekiwanej masy wagonów równej  $m_s=800$  t i odchyleniu standardowym masy wagonów równym  $\sigma=40$  t



**Rys. 5.** Rozkłady normalne zbioru wagonów  $Zb$  o wartości oczekiwanej masy wagonów równej  $m_s=800$  t, z odchyleniem standardowym masy wagonów odpowiednio równym  $\sigma=40; 60; 100$  t



**Rys. 6.** Wykresy jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego wyznaczone na odcinku  $s_k$  dla prędkości technicznej  $v_t=17$  m/s, z ograniczeniem prędkości  $v_1=16,2$  m/s; jazdy te wykonano dla zbioru wagonów Zb o rozkładzie normalnym z odchyleniem standardowym  $\sigma=40; 60; 100$  t oraz dla stałej masy wagonów  $m_w=800$  t



**Rys. 7.** Wykresy jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego wykonane na odcinku  $s_k$  dla prędkości technicznej  $v_t=18$  m/s, z ograniczeniem prędkości  $v_1=16,2$  m/s dla zbioru wagonów Zb o rozkładzie normalnym, z odchyleniem standardowym odpowiednio równym  $\sigma=40; 60; 100$  t oraz dla stałej masy wagonów  $m_w=800$  t (linia ciągła)

**Tab. 2.** Optymalna moc pojazdu trakcyjnego oraz optymalne zużycie energii dla różnych prędkości technicznych i różnych odchylen standardowych masy wagonów

Odchylenie standardowe $\sigma$	Prędkość techniczna $v_t$	Optymalna moc $P_h^*$ pojazdu trakcyjnego	Optymalne zużycie energii $j^*$	Ograniczenie prędkości $v_1$
T	m/s	MW	Wh/bt·km	m/s
40	18	1,990	18,01	16,2
60		2,043	18,136	
100		2,096	18,227	
40	17	1,832	16,494	

dla stałej masy wagonów równej  $m_w=800$  t oraz dla ww. zbioru wagonów Zb. Na rysunku 6 przedstawiono jednostkowe zużycie energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego dla prędkości technicznej równej  $v_t=17$  m/s. Natomiast na rysunku 7, dla porównania, przedstawiono jednostkowe zużycie energii dla prędkości technicznej równej  $v_t=18$  m/s. Z wykresów przedstawionych rysunkach 6 i 7 wynika, że dla stosunkowo niewielkiej prędkości technicznej, która jest równa  $v_t=17$  m/s, odchylenie standardowe masy wagonów  $\sigma$  praktycznie nie ma wpływu na wielkość zużycia energii. Odchylenie standardowe ma również niewielki wpływ na wartości optymalne pojazdu trakcyjnego, co przedstawiono na rysunku 6. Natomiast dla prędkości technicznej równej  $v_t=18$  m/s odchylenie standardowe masy wagonów  $\sigma$  ma stosunkowo duży wpływ zarówno na wartości optymalne pojazdu trakcyjnego, jak i wielkość zużycia energii. Dla większego odchylenia standardowego  $\sigma$  zwiększają się zarówno moc optymalna pojazdu trakcyjnego, jak i wielkość zużycia energii, co przedstawiono na rysunku 7. Poniżej przedstawiono wielomiany aproksymacyjne jednostkowego zużycia energii wyznaczone na odcinku  $s_k$  dla ograniczenia prędkości  $v_1=16,2$  m/s, prędkości technicznej równej  $v_t=17$  i 18 m/s oraz dla zbioru wagonów Zb o rozkładzie normalnym i wartości oczekiwanej masy wagonów równej  $m_s=800$  t, z odchyleniem standardowym odpowiednio  $\sigma=40; 60; 100$  t:

$$\begin{aligned}
 j_{17}^{2b}(\sigma=40, v_1=16,2) &= 30,009 - 17,161p_h + 6,6555p_h^2 - 0,71782p_h^3 & \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \\
 j_{17}^{2b}(\sigma=60, v_1=16,2) &= 29,309 - 16,074p_h + 6,1374p_h^2 - 0,63903p_h^3 & \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \\
 j_{17}^{2b}(\sigma=100, v_1=16,2) &= 28,92 - 15,412p_h + 5,8p_h^2 - 0,58468p_h^3 & \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \\
 j_{18}^{2b}(\sigma=60, v_1=16,2) &= 35,408 - 19,798p_h + 6,9661p_h^2 - 0,6919p_h^3 & \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right] \\
 j_{18}^{2b}(\sigma=100, v_1=16,2) &= 30,078 - 11,678p_h + 3,0495p_h^2 - 0,0837p_h^3 & \left[ \frac{Wh}{bt \cdot km} \right]
 \end{aligned} \quad (12)$$

Z wielomianów aproksymacyjnych (11) i (12), wyznaczono optymalną moc pojazdu trakcyjnego oraz optymalne zużycie energii dla różnych prędkości technicznych i różnych odchylen standardowych masy wagonów  $\sigma$ . Wyniki zamieszczono w tabeli 2.

W wyniku przeprowadzonych badań symulacyjnych jazdy pociągu w zależności od rozkładu masy wagonów w procesie transportowym na odcinku  $s_k$ , stwierdzono, że ze wzrostem prędkości technicznej pociągu rośnie optymalne zużycie energii oraz optymalna moc pojazdu trakcyjnego. Jeżeli rozkład masy wagonów w procesie transportowym ma mniejsze odchylenie standardowe, wówczas optymalne zużycie energii oraz optymalna moc pojazdu trakcyjnego są mniejsze. Natomiast dla mniejszej prędkości technicznej pociągu odchylenie standardowe masy wagonów ma znacznie mniejszy wpływ zarówno na optymalne zużycie energii, jak i optymalną moc pojazdu trakcyjnego.

### Podsumowanie

W dotychczasowych opracowaniach [4, 9, 7] autorzy dobierali pojazd trakcyjny do danego zadania przewozowego za pomocą jazdy teoretycznej pociągu na krytycznym odcinku linii kolejowej dla średniej masy składu wagonów. Natomiast przedstawione w pracach [3, 4, 10] metody optymalizacji jazdy pociągu dotyczyły zdeterminowanych warunków ruchu tzn. danej masy wagonów, określonej prędkości technicznej pociągu, najczęściej bez ograniczenia prędkości. Wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla zmiennego zapewnienia składu wagonów wymaga dołączenia do zadania probabilistycznego modelu

mas wagonów. Dołączenie do zadania probabilistycznego modelu masy wagonów powoduje, że można odwzorować z większą dokładnością rzeczywistą jazdę pociągu na odcinku. Pozwoli to na wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego do danych zadań transportowych. Natomiast wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla jazdy pociągu ze zmiennym zapelnieniem składu wagonów, w warunkach różnych ograniczeń prędkości wymaga połączenia w jedną całość dwóch ww. zadań. W celu uproszczenia, w pierwszej kolejności wyznaczono wielomiany aproksymacyjne jednostkowego zużycia energii w zależności od mocy pojazdu trakcyjnego dla: ograniczeń prędkości na odcinku oraz dla różnych mas wagonów i różnych prędkości technicznych. Następnie z tych wielomianów wyznaczono parametry optymalne pojazdu trakcyjnego w zależności od masy wagonów. Metoda przedstawiona w opracowaniu różni się zasadniczo tym, że parametry pojazdu trakcyjnego wyznaczone są nie z poszczególnych jazd, lecz z wielomianów aproksymacyjnych zależnych od parametrów pojazdu trakcyjnego i parametrów ruchu. W dotychczasowych opracowaniach dobierano pojazd trakcyjny do danego zadania przewozowego za pomocą zdeterminowanej jazdy pociągu dla średniej masy składu pociągu. Dopiero zastosowanie metod optymalizacyjnych pozwoliło na wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla całego procesu transportowego, w analizowanym przedziale czasu, który odbywa się na odcinku linii kolejowej dla zmiennego zapelnienia składów wagonów.

### Bibliografia

1. Bobrowski D., *Probabilistyka w zastosowaniach technicznych*, WNT, Warszawa 1986.
2. Findeisen W., Szymanowski W., Wierzbicki A., *Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji*, PWN, Warszawa 1980.
3. Kreglewski T., *Metody optymalizacyjne w języku FORTRAN*, PWN, Warszawa 1984.
4. Podoski J., Kacprzak J., Mysiek J., *Zasady trakcji elektrycznej*, WKiŁ, Warszawa 1980.
5. Wnuk M., *Metoda wyznaczania optymalnych parametrów pojazdu trakcyjnego na linii kolejowej*, X Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej SEMTRAK, 2002.
6. Wnuk M., *Metoda wyznaczania optymalnych parametrów składu pociągu*, Politechnika Śląska Wydział Elektryczny – rozprawa doktorska, Gliwice 08.01.2002.
7. Wnuk M., *Optymalizacja jazdy pociągu na odcinku linii kolejowej*, „Technika Transportu Szynowego” 2011, nr 5–6.
8. Wnuk M., *Wyznaczanie optymalnej masy wagonów w zadaniu przewozowym*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport, z. 52, 2004.
9. Wnuk M., *Wyznaczenie parametrów optymalnych pojazdu trakcyjnego dla zmiennego zapelnienia składu pociągu*, 6 Międzynarodowa konferencja naukowa „Nowoczesna Trakcja Elektryczna w zintegrowanej Europie XXI wieku” MET'2003.
10. Woch J., *Kształtowanie płynności ruchu w gęstych sieciach transportowych*, Wyd. Szumacher, Kielce 1998.

#### Appointing optimum parameters of the traction vehicle for changeable composition of passenger coaches

The rail transport is characterized by changeable of composition of wagons what much appointing optimum parameters of the traction vehicle. It is possible however to appoint optimum parameters of the traction vehicle for changeable e composition of train, if we join the probabilistic model of masses of wagons to setting the ride in the analysed period of the time. Article describes such method

## SEMINARIUM

### Możliwości wykorzystania linii dużych prędkości dla przewozów regionalnych

3 września (wtorek), godz. 11:00,  
Instytut Kolejnictwa, Warszawa, ul. Chłopickiego 50

#### Tematyka seminarium:

Przedstawione zostaną najnowsze trendy światowe w zakresie wykorzystania linii dużych prędkości dla obsługi mniejszych ośrodków regionalnych. Omówione zostaną zasady tworzenia multimodalnych systemów transportowych wykorzystujących atuty kolei dużych prędkości dla stworzenia atrakcyjnej oferty przewozowej. Zaprezentowane zostaną wyniki prac studialnych prowadzonych w Polsce, w tym przez Instytut Kolejnictwa w zakresie wykorzystania planowanych linii dużych prędkości do obsługi regionów i poprawy ich dostępności transportowej.

#### Wystąpienia:

- Wprowadzenie: *Techniczno-organizacyjne aspekty wykorzystania linii dużych prędkości dla przewozów regionalnych* – dr inż. Andrzej Żurkowski, Dyrektor Instytutu Kolejnictwa
- Doświadczenia zagraniczne w zakresie zapewnienia dostępu regionom do systemów kolei dużych prędkości* – Tomasz Bużalek
- Analiza możliwości wykorzystania planowanych w Polsce linii dużych prędkości do obsługi regionów i poprawy ich dostępności transportowej* – Jan Raczyński

Informacje: [jcybulska-drachal@ikolej.pl](mailto:jcybulska-drachal@ikolej.pl)