

Seria: ELEKTRYKA z. 109

Eugeniusz KAŁUŻA

Jaroslav OPAVA

KIERUNKI POSZUKIWAŃ NOWYCH ROZWIĄZAŃ
LOKOMOTYW SPALINOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono związki pomiędzy mocą jednostkową lokomotywy spalinowej a mocami jednostkowymi silnika spalinowego i przekładni elektrycznej, przedstawiono zależność pozwalającą określić moc jednostkową silnika spalinowego lokomotywy liniowej w funkcji jej mocy znamionowej. Dalej wykazano związek pomiędzy mocą jednostkową a zużyciem paliwa lokomotywy liniowej. Pożądaný wzrost mocy jednostkowej uzyskany na drodze ograniczenia masy lokomotywy zapewnia zmniejszenie zużycia paliwa. W lokomotywach manewrowych i przemysłowych w przeciwieństwie do lokomotyw liniowych pożądana jest mała moc jednostkowa. Wynika to z niskich prędkości jazdy i ograniczonych wartości sił przyczepnych rozwijanych przez te lokomotywy. Pomiary obciążeń lokomotyw pracujących na torach stacji rozrządowych oraz torach zakładów przemysłowych potwierdziły przedstawione wyniki obliczeń mocy jednostkowych specjalizowanych lokomotyw manewrowych i przemysłowych.

1. Wstęp

Minister Komunikacji Janusz Kamiński na uroczystym spotkaniu z okazji 50-lecia elektryfikacji kolei w Polsce w dniu 15 grudnia 1986 roku powiedział [12]:

"Dąży się do ustabilizowania tempa elektryfikacji na poziomie ok. 500 km linii średnio rocznie. W 1990 roku wykonamy trakcją elektryczną co najmniej 80% całej pracy przewozowej. Docelowy zakres elektryfikacji powinien być osiągnięty około 2000 roku. Ten pułap będzie się mieścił w przedziale 16-17 tys. km linii".

Z cytowanej wypowiedzi Ministra Komunikacji wynika jednoznacznie, że po 1990 roku co najwyżej 20% całej pracy przewozowej PKP realizowane będzie trakcją spalinową i ewentualnie akumulatorową.

Po 2000 roku, jeżeli zapowiadane tempo elektryfikacji nie zostanie zakłócone, jedynie kilkanaście procent pracy przewozowej PKP realizowanej będzie na liniach niezelektryfikowanych o łącznej długości ok. 8 tys. km. Jak wykazuje dotychczasowa praktyka, linie niezelektryfikowane są zazwyczaj gorzej utrzymywane, występują na nich liczne ograniczenia prędkości. Praca przewozowa na tych liniach ograniczona będzie do realizacji miejsc-

wych przewozów pasażerskich oraz przewozów towarowych pociągami zbiorczymi o masach nie przekraczających 2000 ton brutto. Pojazdy trakcyjne przeznaczone do pracy na liniach niezelektryfikowanych nie będą musiały cechować się wysokimi prędkościami konstrukcyjnymi i wysokimi mocami. Pojazdami tymi będą w pierwszej kolejności lokomotywy spalinowe.

Drugą domeną pracy realizowanej przez specjalizowane pojazdy trakcyjne, najczęściej przez spalinowe lokomotywy manewrowe, jest praca manewrowa na stacjach rozrządowych PKP oraz na stacjach i bocznicach zakładów przemysłowych. W wyniku postępującej elektryfikacji zarówno torów szlakowych, jak i torów na stacjach rozrządowych przewiduje się zastosować w eksploatacji elektryczne lokomotywy manewrowe z rozruchem tyrystorowym. Zakres elektryfikacji torów na stacjach rozrządowych usytuowanych wzdłuż linii zelektryfikowanych jest i będzie ze względów praktycznych i ekonomicznych ograniczony do wybranych grup torów. Wprowadzenie do eksploatacji elektrycznych lokomotyw manewrowych nie pozwoli więc na całkowite wycofanie dotychczas eksploatowanych spalinowych lokomotyw manewrowych, natomiast na stacjach rozrządowych niezelektryfikowanych oraz na bocznicach lokomotywy spalinowe będą pełniły funkcję podstawową. Podobnie jak na PKP przedstawia się sytuacja na kolejach w Czechosłowacji, gdzie zelektryfikowano już przeszło 25% linii kolejowych, a na zelektryfikowanych stacjach rozrządowych od kilkunastu lat pracują elektryczne lokomotywy manewrowe.

2. Kierunki rozwoju liniowych lokomotyw spalinowych

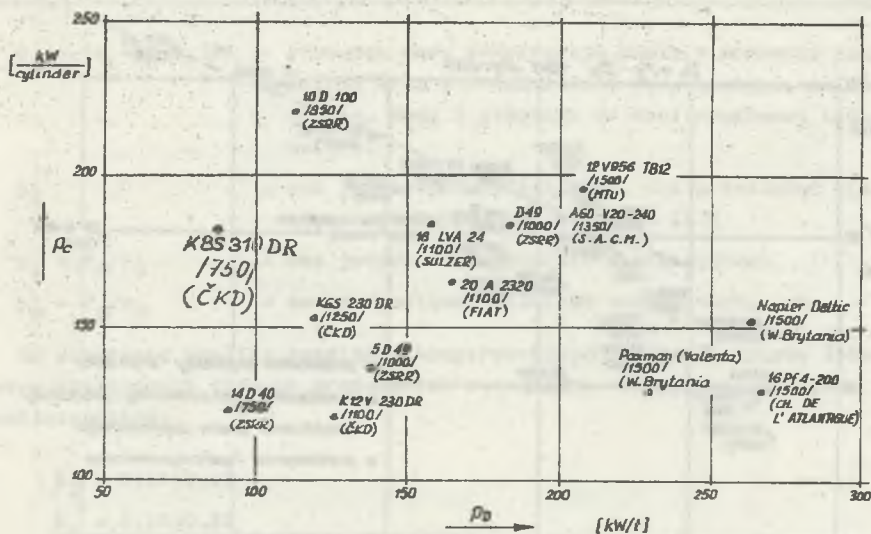
2.1. Moce jednostkowe lokomotyw liniowych

Do początku lat pięćdziesiątych w lokomotywach spalinowych instalowano, po wprowadzeniu ulepszeń konstrukcyjnych, silniki okrętowe (np. silniki łożdi podwodnych) lub wolnobieżne silniki stacjonarne. Układy napędowe tych lokomotyw złożone z silnika spalinowego i przekładni elektrycznej cechowały się wysoką masą. Lokomotywy spalinowe swoimi parametrami trakcyjnymi nie stanowiły konkurencji dla lokomotyw parowych. W wyniku poczynionego postępu w dziedzinie konstrukcji i technologii wysokoprężnych silników spalinowych na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych uzyskano zasadniczy wzrost mocy jednostkowej silników oraz wydłużenie okresu pracy między naprawami.

Moce znamionowe silników osiągają obecnie 5 MW przy mocy jednostkowej przekraczającej 250 kW/t i mocy uzyskiwanej z jednego cylindra ponad 250 kW [8].

Moce jednostkowe wysokoprężnych silników spalinowych produkowanych po 1950 roku oraz moce uzyskiwane z jednego cylindra tych silników przedstawiono na rys. 1.

Na osi y uwidacznia się wpływ wartości średniego ciśnienia użytecznego i pojemności cylindra na moc uzyskiwaną z 1 cylindra, a na osi x



Rys. 1. Moce jednostkowe silników spalinowych
Fig. 1. Unit powers of internal combustion engines

widać wpływ wzrostu znamionowej prędkości obrotowej silnika na jego moc znamionową.

Moc jednostkową silników spalinowych określa się z zależności:

$$P_D = \frac{P}{m_D} \quad [\text{kW/t}], \quad (1)$$

gdzie:

P_D - moc znamionowa silnika spalinowego Diesla w kW,

m_D - masa silnika w stanie suchym w t.

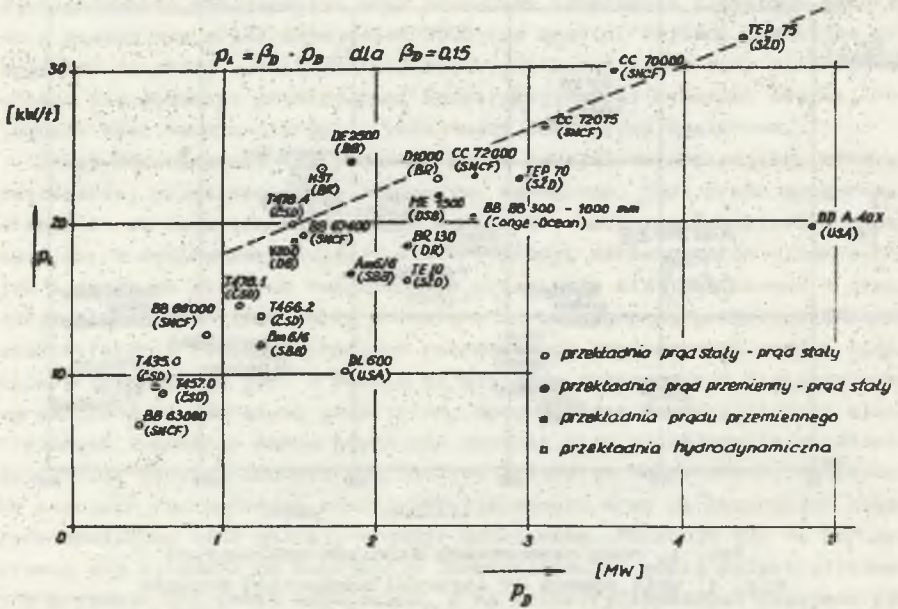
Miernikiem nowoczesności liniowej lokomotywy spalinowej jest między innymi jej moc jednostkowa.

$$P_L = \frac{P_D}{m_L} \quad [\text{kW/t}], \quad (2)$$

gdzie:

m_L - masa służbowa lokomotywy w t.

Moce jednostkowe wybranych lokomotyw spalinowych wyprodukowanych po 1950 roku w funkcji mocy znamionowej silnika spalinowego naniesiono na rys. 2.



Rys. 2. Moce jednostkowe lokomotyw spalinowych w zależności od mocy znamionowych silników spalinowych
Fig. 2. Unit powers of diesel locomotives versus rated powers of internal combustion engines

Wartość mocy jednostkowej lokomotywy liniowej charakteryzuje wykorzystanie materiałów użytych do budowy lokomotywy, w tym silnika spalinowego, przekładni, wózków i urządzeń pomocniczych lokomotywy.

Moc jednostkowa lokomotywy związana jest z mocą jednostkową silnika spalinowego następującą zależnością:

$$P_L = \beta_D P_D \quad (3)$$

pod warunkiem że:

$$\beta_E P_E \leq \beta_D P_D \quad (4)$$

$$P_E = \frac{P_G P_M}{P_G + P_M} \quad (5)$$

gdzie:

$\beta_D = m_D / m_L$ - stosunek masy silnika spalinowego do masy służbowej lokomotywy,

$\beta_E = m_E / m_L$ - stosunek masy przekładni (elektrycznej lub hydraulicznej) do masy służbowej lokomotywy.

$\beta_o = (m_L - m_D - m_E) / m_L$ - stosunek masy konstrukcji pudła i podwozia lokomotywy wraz z urządzeniami pomocniczymi, paliwem, olejem, wodą i piaskiem do masy służbowej lokomotywy,

P_E - moc jednostkowa przekładni, dla przekładni elektrycznej obowiązuje zależność (5),

$P_G = P_G / m_G$ - moc jednostkowa generatora trakcyjnego,

$P_M = P_M / m_M$ - moc jednostkowa silników trakcyjnych.

Na podstawie analizy rozwiązań konstrukcyjnych większej liczby lokomotyw spalinowych różnych producentów wyznaczono następujące wartości współczynników:

$$\beta_D = 0,13 \div 0,17$$

$$\beta_E = 0,18 \div 0,22$$

$$\beta_o = 0,63 \div 0,67.$$

Dla nowoczesnych silników spalinowych instalowanych w lokomotywach o mocach mieszczących się w granicach od 1 do 5 MW można wyznaczyć następującą zależność pomiędzy mocą jednostkową silnika i jego mocą znamionową:

$$P_D = 92 + 0,0275 P_D \quad [\text{kW/t}]. \quad (6)$$

Przekładnie elektryczne lokomotyw spalinowych w pierwszym etapie rozwoju składały się z prądnicy i silników trakcyjnych prądu stałego. W wyniku wprowadzenia do eksploatacji diód krzemowych można było w połowie lat sześćdziesiątych zastosować nowy typ przekładni prąd przemienny - prąd stały, w której klasyczne silniki trakcyjne prądu stałego zasilane są poprzez prostownik krzemowy z prądnicy prądu przemiennego. Od szeregu lat pojawiają się w eksploatacji coraz częściej lokomotywy spalinowe z przekładnią prądu przemiennego, złożoną z prądnicy prądu przemiennego, prostownika, przetwornicy częstotliwości oraz klatkowych 3-fazowych silników asynchronicznych. Ze stosowaniem przekładni elektrycznej typu prąd stały - prąd stały związanych jest szereg ograniczeń. Są nimi:

- dopuszczalne gabaryty prądnicy głównej prądu stałego wynikające z ograniczonych wymiarów przedziału maszynowego lokomotywy;
- dopuszczalna moc prądnicy głównej prądu stałego ograniczona jest zależnością:

$$P_{G\max} \leq \frac{2,65 \cdot 10^6}{n_G} \quad [\text{kW}], \quad (7)$$

gdzie:

n_G - znamionowa prędkość obrotowa prądnicy w obr/min.

Zależność (7) stawia wymóg polegający na konieczności obniżenia znamionowej prędkości obrotowej prądnicy ze wzrostem jej mocy;

c) dopuszczalna masa przekładni elektrycznej, a więc prądnicy głównej i silników trakcyjnych.

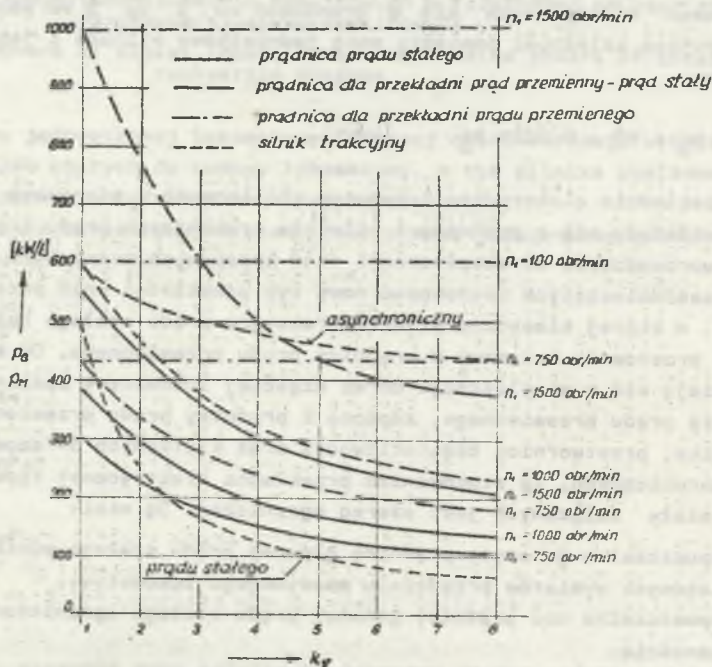
Czynnikiem decydującym o mocy jednostkowej prądnicy głównej p_G i silników trakcyjnych p_M jest zakres regulacji mocy przekładni elektrycznej określony współczynnikiem k_V

$$k_V = \frac{v_{\max}}{v_c} \quad (8)$$

gdzie:

v_{\max} - maksymalna prędkość lokomotywy, przy której wykorzystywana jest pełna moc silnika spalinowego,

v_c - prędkość ciągła lokomotywy.



Rys. 3. Moce jednostkowe prądnic głównych p_G i silników trakcyjnych p_M
 Fig. 3. Unit powers of the p_G main alternators and the p_M traction engines

Na rys. 3 przedstawiono zależności pomiędzy mocami jednostkowymi prądnic głównych i silników trakcyjnych a współczynnikiem zakresu regulacji mocy k_v .

2.2. Zależności pomiędzy mocą jednostkowa lokomotywy spalinowej a zużyciem paliwa

Wprowadzenie do eksploatacji lokomotyw liniowych o wysokiej mocy jednostkowej przyczynia się do ograniczenia zużycia paliw płynnych. Ograniczenie zużycia paliwa wiąże się z ograniczeniem straty mocy na sprzęgu lokomotywy ΔP_{sprz}

$$\Delta P_{sprz} = P_k - P_{sprz}' \quad (9)$$

gdzie:

P_k - moc na obwodzie kół napędowych lokomotywy,

P_{sprz} - moc mierzona na sprzęgu lokomotywy.

Stratę mocy na sprzęgu lokomotywy można wyznaczyć z zależności:

$$\Delta P_{sprz} = \frac{(w'_0 + w_1 + w'_2 + f_d)m_L v}{360} \quad [\text{kW}], \quad (10)$$

gdzie:

w'_0 - jednostkowe zasadnicze opory ruchu lokomotywy w daN/t,

$w_1 = 0,98 i$ - opory wzniesień w daN/t,

w'_2 - opory łuków daN/t,

$f_d = 100 k_w a$ - jednostkowa siła dynamiczna w daN/t,

k_w - współczynnik mas wirujących,

a - przyspieszenie rozruchu w m/s^2 ,

m_L - masa lokomotywy w t,

v - prędkość lokomotywy w km/h.

Straty mocy na sprzęgu lokomotywy są proporcjonalne do masy lokomotywy a tym samym odwrotnie proporcjonalne do jednostkowej mocy lokomotywy. Straty te są związane szczególnie z pokonywaniem wzniesień oraz przyspieszaniem prędkości lokomotywy. Powyższe czynniki będą występowały w czasie pracy spalinowych lokomotyw liniowych stosunkowo często, bowiem trakcję spalinową będą obsługiwane trasy drugorzędne, na których występują liczne ograniczenia prędkości, z czym wiąże się konieczność realizacji przyspieszeń.

Dla zobrazowania zależności pomiędzy mocą jednostkową lokomotywy a zużyciem paliwa i stratą mocy na sprzęgu lokomotywy przedstawiono wyniki obliczeń ww. wielkości, przyjmując następujące założenia:

Parametry jazdy: $w'_z = 0$, $i = 6\%$, $f_d = 5 \text{ daN/t}$, $v = 60 \text{ km/h}$.

Jednostkowe zasadnicze opory ruchu lokomotywy prowadzącej skład wagonów obliczono z zależności:

$$w'_o = 3,5 + \frac{3,6}{m_L} \left(\frac{v}{10}\right)^2 \quad [\text{daN/t}]. \quad (11)$$

Zużycie paliwa związane ze stratą mocy na sprzęgu lokomotywy

$$\Delta J_p = j_p \Delta P_{\text{sprz}} \quad [\text{kg/h}]. \quad (12)$$

Różnica w zużyciu paliwa związanego ze stratą mocy na sprzęgu dla lokomotyw L1 i L2

$$\Delta(\Delta J_p) = \Delta J_p(L2) - \Delta J_p(L1) \quad [\text{kg/h}]. \quad (13)$$

Różnica strat mocy na sprzęgach dla lokomotyw L1 i L2

$$\Delta(\Delta P_{\text{sprz}}) = \Delta P_{\text{sprz}}(L2) - \Delta P_{\text{sprz}}(L1) \quad [\text{kW}]. \quad (14)$$

Podstawiając przyjęte dane do wzorów (10-14), otrzymano następujące wyniki:

$$\Delta(\Delta P_{\text{sprz}}) = 90 \text{ kW}, \quad \Delta(\Delta J_p) = 20,8 \text{ kg/h}.$$

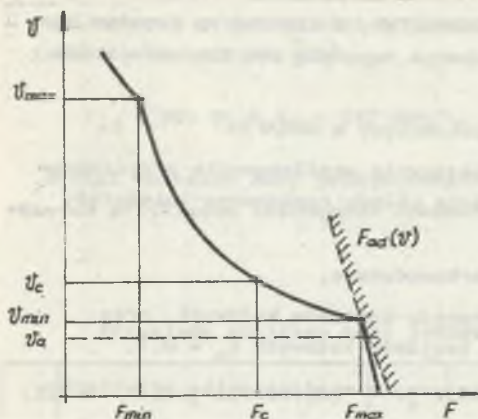
3. Kierunki rozwoju manewrowych i przemysłowych lokomotyw spalinowych

3.1. Moce jednostkowe lokomotyw manewrowych i przemysłowych

W odróżnieniu od lokomotyw liniowych, lokomotywy manewrowe i przemysłowe powinny charakteryzować się małą mocą jednostkową. Wynika to:

- z niskich prędkości jazdy lokomotyw na torach stacji rozrządowych PKP oraz torach zakładów przemysłowych,
- z realizowania rozruchu składu manewrowego z ograniczonymi przyspieszeniami,
- z hamowania składu manewrowego samą lokomotywą.

Prawidłowo zaprojektowana lokomotywa manewrowa lub przemysłowa [11] powinna umożliwiać wykorzystanie pełnej mocy silnika spalinowego przy jeździe z najczęściej realizowanymi prędkościami v_g , rozwijając siłę na ob-



Rys. 4. Charakterystyka trakcyjna lokomotywy spalinowej

Fig. 4. Traction characteristic of a diesel locomotive

wodzie kół napędnych równą sile przyczepności F_{ad} . Dla $F_{max} = F_{ad}$ i $v_{min} = v_a$ moc na obwodzie kół napędnych będzie równa:

$$P_k = \frac{F_{max} v_{min}}{360} = \frac{F_{ad} v_a}{360} \text{ [kW]}, \quad (15)$$

o moc silnika spalinowego

$$P_D = \frac{P_k}{(1 - \beta_p) \eta_{przekł}} \text{ [kW]}, \quad (16)$$

gdzie:

F_{max}, F_{min} - ekstremalne wartości siły i prędkości, w granicach których wykorzystana jest pełna moc silnika spalinowego (rys. 4) w daN i km/h,
 v_{min}, v_{max}

$\beta_p = P_p / P_D$ - stosunek mocy pobieranej przez urządzenia pomocnicze lokomotywy do mocy znamionowej silnika spalinowego,

$\eta_{przekł} = \eta_G \eta_M \eta_Z$ - sprawność przekładni, dla przekładni elektrycznej to iloczyn sprawności prądnicy głównej, silników trakcyjnych i przekładni zębatej łączącej wał silnika trakcyjnego z osią zestawu kołowego.

Siłę przyczepną F_{ad} lokomotywy, której wszystkie osie są osiami napędnymi ($m_L = m_{ad}$), wyznaczamy z zależności:

$$F_{ad} = m_L f_{ad} = 981 m_L \varphi_{ad} k_n k_R \text{ [daN]}, \quad (17)$$

$$k_R = \frac{250 + 1,55 R}{500 + 1,1 R}, \quad (18)$$

dla $R < 500$ m,

gdzie:

m_L - masa lokomotywy w t,

φ_{ad} - współczynnik przyczepności lokomotywy z szynami na prostym poziomy odcinku toru przy grupowym napędzie osi zestawów kołowych ($k_n = 1$) w N/N,

f_{ad} - współczynnik przyczepności lokomotywy w dN/t,

k_n - poprawka uwzględniająca zmniejszenie współczynnika przyczepności w zależności od rozwiązania układu napędowego lokomotywy [11],

$k_n = 1$ - dla napędu grupowego, np. korbwodowego,

$k_n = 0,8+0,93$ - dla innych rodzajów napędu zestawów kołowych przy znacznym odciążeniu się osi zestawów kołowych $k_n = 0,7$,

k_R - poprawka uwzględniająca zmniejszenie współczynnika przyczepności na łuku,

R - promień łuku w m.

Podstawiając wzory (15) i (17) do (16) oraz dzieląc obie strony równania przez masę lokomotywy, otrzymamy wzór wyznaczający moc jednostkową lokomotywy w funkcji prędkości minimalnej, przy której można wykorzystać moc znamionową silnika spalinowego

$$\frac{P_D}{m_L} = P_L = \frac{981 \varphi_{ad} k_n k_R v_a}{360(1 - \beta_p) \eta_{przekł}} = \frac{v_a f_{ad}}{360(1 - \beta_p) \eta_{przekł}} \quad [\text{kW/t}]. \quad (19)$$

We wzorze (19) można przyjąć dla lokomotyw spalinowo-elektrycznych:

- współczynnik sprawności przekładni elektrycznej lokomotywy o mocy znamionowej nie przekraczającej kilkuset kW, pracującej przy prądzie maksymalnym:

$$\eta_{przekł} = \eta_G \eta_M \eta_Z = 0,88 \cdot 0,85 \cdot 0,96 = 0,718,$$

- stosunek mocy pobieranej przez urządzenia pomocnicze lokomotywy do mocy znamionowej silnika spalinowego nie przekraczającej kilkuset kW

$$\beta_p = 0,11,$$

- współczynnik przyczepności obliczony według wzoru zalecanego przez Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa dla lokomotyw pracujących na torach PKP i bocznicach zakładów przemysłowych:

$$\varphi_{ad} = \frac{\varphi_0}{0,331} \left(\frac{7,5}{v+44} \right) + 0,161 \quad [\text{N/N}], \quad (20)$$

- współczynnik przyczepności przyjęty dla lokomotyw pracujących na torach zakładów hutniczych [11]

$$f_{ad} = 981 \varphi_{ad} k_n k_R = 147 \text{ daN/t.}$$

Wyniki obliczeń mocy jednostkowych oraz ich odwrótności dla trzech różnych przykładów zastosowań lokomotyw zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Przykłady obliczeń mocy jednostkowych lokomotyw manewrowych

Lp.	Rodzaj lokomotywy	v_a km/h	k_n -	k_R -	φ_{ad} N/N	f_{ad} daN/t	P_L kW/t	$10^3/P_L$ kg/kW
1	Uniwersalna lokomotywa manewrowa	8	0,88	1	0,292	253	8,8	114
2	Lokomotywa manewrowa przeznaczona do pracy w rejonie górkii rozrządowej	5	0,88	0,82	0,3	212	4,6	217
3	Lokomotywa przemysłowa przeznaczona do pracy na torach zakładów hutniczych	5	1	1	0,15	147	3,2	313

Większość produkowanych i eksploatowanych lokomotyw manewrowych i przemysłowych ma cechy lokomotyw manewrowych uniwersalnych, dysponujących wysoką mocą jednostkową oraz wysoką prędkością maksymalną. Parametry trakcyjne oraz moce jednostkowe wybranych typów lokomotyw manewrowych i przemysłowych przedstawiono w tabeli 2.

Stosowanie lokomotyw manewrowych uniwersalnych do wszystkich prac wykonywanych na torach stacji rozrządowych i bocznicach przemysłowych jest wygodne, ponieważ rozwiązanie takie wyklucza możliwość wystąpienia deficytu mocy, siły pociągowej lub dopuszczalnej prędkości. Należy jednak pamiętać, że całkowite koszty eksploatacji lokomotywy manewrowej uniwersalnej obejmujące koszty paliwa, amortyzację oraz koszty utrzymania i napraw są znacznie wyższe od kosztów eksploatacji lokomotywy specjalizowanej cechującej się niskimi parametrami mocy jednostkowej oraz prędkości maksymalnej. Kierując specjalizowane lokomotywy manewrowe i przemysłowe do określonych rejonów pracy, np. w rejon górkii rozrządowej stacji lub do przewozów gorących na terenie huty, można wykluczyć możliwość wystąpienia deficytu mocy lub prędkości, ponieważ regulaminy stacyjne oraz przepisy ruchu znacznie ograniczają dopuszczalne prędkości jazdy w wyżej wymienionych rejonach pracy. Wyniki pomiarów obciążeń lokomotyw manewrowych i przemysłowych w pełni potwierdzają powyższą tezę.

Tabela 2

Zestawienie parametrów znamionowych i mocy jednostkowych wybranych lokomotyw manewrowych

Lp.	Rodzaj lokomotywy	Seria typ	producent	Przekład.	P _D	m _L	Układ osi	v _{max} km/h	v _c km/h	F _c daN	F _{max} daN	P _L kW/t	1/P _L kg/kW
1	Manewrowa uniwers.	SM42	Fablok	elektr.	589	74,0	B'B' ₀ 0	90	12,5	11460	24520	7,96	126
2	Manewrowa uniwers.	SM31	Fablok	elektr.	883	120	0'C' ₀	80	12,8	17850	35280	7,36	136
3	Manewrowa uniwers.	T458,1,5	ČKD	elektr.	552	74	B'B' ₀ 0	80	11,8	12950	18150	7,46	134
4	Manewrowa uniwers.	T669,0,1	ČKD	elektr.	994	114	C'C' ₀ 0	90	12,5	19190	27220	8,72	115
5	Przemysłowa	T419,0	ČKD	elektr.	600	84	B'B' ₀ 0	40/(80)	12,8	12620	24720	7,14	140
6	Manewr.-uniwers.	T457,0	ČKD	elektr.	600	63,5	B'B' ₀ 0	80	15	10200	20000	9,45	106
7	Przemysł.-hutnicz.	MC700N	Orenstein K	hydrodyn	570	44,8	B	35				12,7	78,6
8	Przemysł.-hutnicz.	MBB 1200N	Orenstein K	hydrodyn	850	92	B'B'	40				9,24	108
9	Przemysł.-hutnicz.	Vanguard	RFN	hydrodyn	2x260	76,4	C	24				6,80	147
10	Przemysłowa	CEM-FC	Francja	elektr.	335	46	B					7,28	137
11	Przemysłowa	CEM-FG	Francja	elektr.	232	56	B'B' ₀ 0					4,14	241
12	Manewr.-przemysł.		Alstom Francja	elektr.	442	72	B'B' ₀ 0	50	7,8	12650	19620	6,14	163
13	Manewr.-przemysł.		Alstom Francja	elektr.	883	80	B'D' ₀ 0	75	15,8	15450	22560	11,0	91

3.2. Analiza wyników pomiarów obciążeń lokomotyw manewrowych i przemysłowych

A. Pomiary obciążeń lokomotyw manewrowych na stacji Tarnowskie Góry

Najwięcej pomiarów obciążeń lokomotyw manewrowych przeprowadzono na stacji Tarnowskie Góry. Jest to stacja węzłowa, równiowa, położona na linii magistralnej Śląsk-Porty Morskie, posiada połączenia z Dyrekcją Okręgową Kolei Państwowych Północną i Zachodnią oraz szereg połączeń ze stacjami Śl. DOKP. Stacja posiada 4 górki rozrządowe oraz grupę torów, gdzie rozrząd dokonywany jest sposobem odrzutowym. Kolejne pomiary wiązane z pracą lokomotywy na poszczególnych pozycjach nastawnika jazdy, notując: pozycję nastawnika, czas pracy na danej pozycji, prędkość jazdy, maksymalny prąd prądnicy głównej przy położeniu nastawnika jazdy na danym położeniu oraz napięcie prądnicy głównej.

Pomiary wykonywano na lokomotywach serii SM 42 i SM 31 rozrządzających składy wagonów o masach mieszczących się w granicach od 1100 t do 2500 t.

W rejonach, gdzie rozrządzano ciężkie składy wagonów, pracowały z reguły lokomotywy SM 31. Wybrane parametry obciążeń lokomotyw na stacji Tarnowskie Góry zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Wybrane parametry pracy lokomotyw na stacji Tarnowskie Góry

R e j o n y p r a c y	A/B	C/D	P/B	B/OB	GSL
Seria lokomotywy	SM 42	SM 31	SM 42	SM 31	SM 42
Względny czas wykorzystania stopnia mocy n i $n-1$	0%	0%	9% 515 i 589 kW	6,8% 765 kW	0%
Względny czas wykorzystania mocy w przedziale od P_j do 147 kW ¹⁾	88%	76%	58%	61%	82%
Średnia moc dobową silnika ¹⁾	93 kW	147 kW	161 kW	231 kW	100 kW
Średnia moc dobową silnika z uwzględnieniem czasów postoju	58 kW	75 kW	72 kW	79 kW	58 kW

¹⁾Bez uwzględnienia czasów postoju lokomotywy.

B. Pomiary obciążeń lokomotyw przemysłowych na terenie Huty Katowice

Pomiary wykonano na lokomotywach serii SM 42 realizujących następujące rodzaje pracy:

- Lok. Nr 1 - przewozy gorące na trasie hala lejnicza - hala strippera,
- Lok. Nr 2 - przewozy gorące na trasie hala strippera - hala walcowni - hala osprzętu,
- Lok. Nr 3 - przewozy gorące na trasie hala osprzętu - hala wlewnic,
- Lok. Nr 4 - obsługa wyrotnicy koksu,
- Lok. Nr 7 - obsługa wyrotnicy koksu.

Wyniki pomiarów obciążeń lokomotyw zestawiono w tabeli 4.

Uwaga! Na 4 pozycji jazdy silnik lokomotywy rozwija moc do 147 kW i pracuje z prędkością obrotową n równą prędkości obrotowej biegu jałowego.

Tabela 4

Wyniki pomiarów obciążeń wybranych lokomotyw pracujących
na terenie Huty Katowice

Numer lokomotywy	1	2	3	4; 7
Maksymalna prędkość lokomotywy (km/h)	3	5	6	8
Najwyższa pozycja nastawnika jazdy	4	4	4	4
Maksymalny prąd obciążenia prądniczy głównej (A)	1100	850	1000	1100
Masa składu manewrowego (t)	do 1329	do 933	do 537	do 1000
Stosunek przebiegu luzen do przebiegu całkowitego	0,63	0,75	0,57	0,50

C. Analiza wyników pomiarów

Wyniki pomiarów wskazują jednoznacznie, że lokomotywy pracujące na stacji rozrządowej Tarnowskie Góry ze składami wagonów o masie od 1100 do 2300 t w trzech rejonach pracy (A/B, C/D, GSL) nie pracowały z pełną mocą silnika spalinowego, a 80% czasu pracy moc silnika nie przekraczała 147 kW. Lokomotywy pracujące na terenie Huty Katowice przy przewozach gorących (lokomotywy nr 1, 2 i 3) nie przekraczały prędkości 6 km/h i mocy 147 kW odpowiadającej 4 pozycji nastawnika jazdy w lokomotywie SM 42. Uzyskane wyniki pomiarów potwierdzają prawidłowość wyników obliczeń wymaganych wartości mocy jednostkowych specjalizowanych lokomotyw manewrowych i przemysłowych. Wartości mocy jednostkowych tych lokomotyw winny być znacznie niższe od mocy jednostkowych lokomotyw SM 42 i SM 31 (tabela 2).

W zależności od rejonu czas pracy silników spalinowych badanych lokomotyw na biegu jałowym mieścił się w granicach od 50 do 80% całkowitego czasu pracy lokomotywy.

Podsumowanie

Dalszy rozwój lokomotyw spalinowych powinien obejmować nie tylko wprowadzenie nowych rodzajów przekładni lub wprowadzenie sterowania cyfrowego zapewniających uzyskanie korzystniejszych charakterystyk i parametrów eksploatacyjnych, lecz także powinien obejmować wprowadzanie szerszej gamy lokomotyw specjalizowanych. Lokomotywy te powinny różnić się między sobą w mniejszym stopniu wyposażeniem w zespoły prądotwórcze i silniki trakcyjne, a w większym stopniu masą słuźbową lokomotywy, liczbą osi oraz przełożeniem przekładni zębatej łączącej silnik trakcyjny z osią napędną. W lokomotywach liniowych stosowanie wysokich mocy jednostkowych zapewnia ograniczenie zużycia paliwa. W lokomotywach manewrowych specjalizowanych niskie moce jednostkowe zapewnią nie tylko ograniczenie zużycia paliwa, lecz także ograniczą pozostałe koszty eksploatacyjne, co wynika z niższych kosztów amortyzacji i napraw silnika o małej mocy. Możliwość ograniczenia zużycia paliwa przez lokomotywy manewrowe wyposażone w silniki spalinowe o małej mocy wiąże się z długotrwałą pracą tych lokomotyw na biegu jałowym decydującym w tym wypadku o całkowitym zużyciu paliwa. Zużycie paliwa przez silnik pracujący przy biegu jałowym jest bowiem w przybliżeniu proporcjonalne do jego mocy znamionowej.

LITERATURA

- [1] Gronowicz J.: Eksploatacyjne badania identyfikujące pracę lokomotyw spalinowych. Pojazdy szynowe 1/1969.
- [2] Gronowicz J.: Analiza czynników wpływających na obniżenie zużycia paliwa w procesie eksploatacji lokomotyw spalinowych.
- [3] Jansa F.: Elektrická vozidla. Vyd. VŠD Žilina, ALFA, Bratislava 1970.
- [4] Kałuża E.: Zbiór zadań i ćwiczeń projektowych z trakcji elektrycznej. Skrypt uczelniany Nr 1066 Politechnika Śląska, Gliwice 1982, wyd. II.
- [5] Kałuża E.: Zastosowanie napędów hybrydowych w pojazdach trakcyjnych. Referaty I Sympozjum Katowice - Jaszowice 1977 "Transport kolejowy". Organizatorzy Instytut Transportu i Komunikacji Politechniki Śląskiej i Dział Sieci i Zasilania DRKP Katowice.
- [6] Kałuża E.: Analiza celowości wprowadzenia do eksploatacji lokomotyw sieciowo-spalinowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Elektryka z. 78, Gliwice 1982.
- [7] Müller J.: Motorové lokomotivy pro hutní průmysl Strojírnoství. NTL Praha Sv. 29 č 11 1979.
- [8] Opava J.: Vývoj a perspektiva motorových lokomotiv s elektrickým přenosem výkonu. Sborník konference ČSVTS Motorové lokomotivy, Karlovy Vary 1982. Dům techniky Plzeň.

- [9] Opava J.: Problematika volby vozební soustavy v závodové dopravě. Sborník přednášek ze semináře č. V-51 Nove prvky posunovacích lokomotiv ČSDa závodové dopravy, UKDŽ Praha 1983.
- [10] Pohl J.: Informace o inovaci v oboru motorových lokomotiv. Zbiór referatów jak w [8].
- [11] Szelest P.A.: Sowremiennyje promyslennyje teplowozy. Transport, Moskwa 1978.
- [12] Trakcja i wagony. WKiŁ, Warszawa 1987.

Recenzent: Doc. dr inż. Józef Furman

Wpłynęło do Redakcji 15 stycznia 1988 r.

НАПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОВ НОВЫХ РЕШЕНИЙ ТЕПЛОВЗОВ

Р е з ю м е

В статье представлены отношения между удельной мощностью тепловоза и удельной мощностью двигателя внутреннего сгорания и электрической передачей.

Приведена зависимость, которая разрешает определить удельную мощность двигателя внутреннего сгорания локомотива для линейной работы в функция ее номинальной мощности.

Далее, представлено отношение между удельной мощностью и расходом топлива тепловоза для линейной работы. Желательное повышение удельной мощности полученное путем ограничения массы локомотива, обеспечивает уменьшение расхода топлива.

В маневровых и промышленных локомотивах как противоречие по отношению тепловозов для линейной работы требуется небольшой удельной мощности. Это вытекает изнебольшой скорости движения и ограниченных значений сил развиваемых этими локомотивами.

Изменения нагрузки локомотивов работающих на сортировочных станциях и железнодорожных путях промышленных предприятий, подтверждают представленные результаты расчетов удельных мощностей специализированных маневровых и промышленных локомотивов.