

ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ (273)

УДК 629.426

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛОКОМОТИВА ТЕП150 ШЛЯХОМ ЗАМІНИ СИЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Канд. техн. наук В. І. Рубльов, магістрант О. В. Рубльов

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛОКОМОТИВА ТЭП150 ПУТЕМ ЗАМЕНЫ СИЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Канд. техн. наук В. И. Рублев, магистрант О. В. Рублев

MODERNIZATION OF LOCOMOTIVE TEP 150 BY REPLACEMENT OF POWER ENERGY INSTALLATION

PhD (Tech.) V. I. Rublov, master O. V. Rublov

Для підтримки конкурентоспроможності залізничного транспорту, а також для збільшення відсотка пасажирів, які для пересування користуються (обирають) поїзди, перед ПАТ «Укрзалізниця» постає питання оновлення або модернізації рухомого складу. Тому для інтеграції України в європейську транспортну систему рекомендується детально дослідити питання розробки нового рухомого складу на основі існуючого із заміною енергетичної установки (дизеля) на ГТУ.

Ключові слова: швидкісні залізничні перевезення, рухомий склад, газотурбінна енергетична установка.

Для поддержания конкурентоспособности железнодорожного транспорта, а также для увеличения процента пассажиров, которые для передвижения пользуются (выбирают) поезда, перед ПАО «Укрзалізниця» встает вопрос обновления или модернизации подвижного состава. Поэтому для интеграции Украины в европейскую транспортную систему рекомендуется детально изучить вопросы разработки нового подвижного состава на основе существующего с заменой энергетической установки (дизеля) на ГТУ.

Ключевые слова: скоростные железнодорожные перевозки, подвижной состав, газотурбинная энергетическая установка.

Railway transport of Ukraine plays the leading role in implementation of economic relations of the country. The main segment of the market of passenger traffic falls to his share. It is explained by their high social and economic value in life of society and performance of one of guarantees of the state – freedom of movement. Rather high density of railway tracks almost in all countries of Europe, rather low expenses at long-distance transportations, safety and environmental friendliness of this type of transport promote it. Today one of priority tasks for PJSC Ukrzaliznytsia (further PJSC UZ) – is development of high-speed rail transportation. PJSC UZ expands possibilities of passengers more and more. Besides, in order to integration of Ukraine into the European system of high-speed rail transportation it's recommended to investigate the development of a new rolling stock on the basis of the existing power plant (diesel) to replace the GTU. A gas turbine locomotive is a type of railway locomotive in which the prime mover is a gas turbine. Several types of gas

turbine locomotive have been developed, differing mainly in the means by which mechanical power is conveyed to the driving wheels (drivers). A gas turbine offers some advantages over a piston engine. There are few moving parts, decreasing the need for lubrication and potentially reducing maintenance costs. A turbine of a given power output is also physically smaller than an equally powerful piston engine, allowing a locomotive to be very powerful without being inordinately large. Unlike steam engines, internal combustion engines require a transmission to power the wheels. The engine must be allowed to continue to run when the locomotive is stopped. The use of gas turbine traction will solve the problem of matching the traction characteristics of the autonomous and electric rolling stock on the axial power, speed characteristics and unification of the crew.

Keywords: *high-speed rail transportation, rolling stock, gas turbine power plant, gas turbine unit.*

Вступ. Зі збільшенням попиту на швидкісні перевезення пасажирів на залізничному транспорті і для підвищення конкурентоспроможності з автомобільним та повітряним транспортом при інтеграції України до європейської транспортної системи потрібно провести оновлення рухомого складу, збільшити швидкість та забезпечити комфорт і безпеку пасажирів при подорожі відповідно до європейських стандартів та вимог.

Таким чином, потрібно поповнити рухомий парк новим або провести модернізацію тепловозів із гібридною енергетичною установкою, тобто використати газотурбіну установку (ГТУ) на локомотиві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми підвищення швидкості пасажирських залізничних перевезень в Україні останнім часом широко висвітлюються у працях вітчизняних та іноземних учених, а саме: П. С. Анисимова, Г. М. Кірпи, І. П. Кисельова, О. О. Матвієнка, В. І. Ангелейка, Е. І. Даніленка, Є. М. Сича, В. Л. Диканя [1-6] та ін.

Наукові основи також покладені в книзі Е. Т. Бартоша [7], де детально розкрита проблематика газотурбінної тяги на залізницях і термодинамічні основи роботи газотурбінних двигунів. Також увага приділена таким транспортним питанням:

- тягова характеристика турбіни, двигуна та силової установки в цілому;
- вибір оптимальних параметрів двигуна газотурбовозів та турбовозів;

- особливості експлуатації та перспективи розвитку газотурбінного рухомого складу.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є розроблення нового рухомого складу на основі існуючого із заміною енергетичної установки (дизеля) на ГТУ; підбір відповідної газотурбінної енергетичної установки на локомотив з необхідною потужністю, а також проведення аналізу даної установки при роботі на різних видах палива для простого та складного циклу.

Основна частина дослідження. Уперше в світі локомотив з ГТД (газотурбовоз) № 1101 потужністю 1618 кВт (2200 к.с.) був побудований в 1941 р. у Швейцарії фірмою «Brown Boveri» для Швейцарських федеральних залізниць. Газотурбінний двигун являв собою одновальну силову установку з регенерацією тепла вихідних газів, змонтований на одній рамі з редуктором і генератором постійного струму. Рама також служила резервуаром для палива і масла.

У СРСР роботи над створенням газотурбовозу почалися в 1954 р. Були розроблені кілька моделей локомотивів і випущені доглядні екземпляри, що проходили випробування. 30 вересня 1959 р. завершили складання газотурбовоза Г1-01 конструкції Л. С. Лебедянського. 24 грудня його обкатали на магістралі і до Нового року відправили на випробувальне кільце МШС.

Протягом року Г1-01 показував хороші якості і надійну роботу. У 1964 р. побудували два пасажирських газотурбовози – ГП1-0001 і ГП1-0002. Їх створили на основі ходової частини і кузова ТЕП60 з ГТД потужністю близько 3,5 тис. к.с., які пропрацювали більше 10 років без зауважень [8].

Нафтова криза 1973 р. призвела до різкого зростання цін на паливо. Деякі країни, в тому числі Франція, електрифікували свої залізничні лінії. Через це не був реалізований проект високошвидкісного пасажирського руху з використанням газотурбовоза TGV 001 (1969 р., виробництво Alstom) [1].

У 1964 р. були побудовані два пасажирських газотурбовози ГП1-0001 і ГП1-0002. Восени 1965 р. в депо Льгов почав експлуатаційну роботу газотурбовоз Г1-01, пасажирські газотурбовози надійшли туди після налагоджувальних тягових випробувань на експериментальному кільці ЦНДІ МШС. Минуло понад п'ять років роботи газотурбовозів у депо Льгов. За цей час вони пробігли з поїздами понад 600 тис. км.

Завдяки простоті конструкції і малій вазі деталей і вузлів ГТУ легко піддається розбиранню, огляду і ремонту навіть в депо, що не має спеціального обладнання. Заміна і ремонт підшипників, камер згоряння, зміна окремих лопаток (без балансування ротора), розбирання, складання і центрування турбомашин вільно здійснюються силами слюсарів. При наявності в депо балансування верстата була б можлива і повна зміна лопаток турбін і компресорів.

Можна з упевненістю сказати, що впровадження газотурбовозів не тільки не потребує додаткових капітальних вкладень в ремонтну базу депо і заводів, а навпаки, спростить і здешевить її, значно скоротить витрати на ремонт локомотивів [8].

На неелектрифікованих ділянках для забезпечення прискореного руху слід використовувати локомотив з автономною

тягою. Візьмемо за основу тепловоз ТЕП150, конструкція якого дозволяє розвинути високу швидкість. Локомотив з ГТУ повинен розвивати швидкість 200 км/год. Для цього необхідно визначити потужність ГТУ. Дана потужність розраховується за відомою методикою [9].

Необхідно розрахувати залежність найбільшої дотичної сили тяги, яка може бути реалізована локомотивом при відсутності боксування коліс, від швидкості руху $F_k = f(V)$

$$F_k = \varphi_k \cdot P_{зч}, \quad (1)$$

де F_k – найбільша сила тяги локомотива, що допускається за умовами зчеплення коліс з рейками, кН;

$P_{зч}$ – зчїпна вага локомотива (навантаження, що передається від рушійних коліс на рейки), кН;

φ_k – розрахунковий коефіцієнт зчеплення.

$$P_{зч} = P \cdot m, \quad (2)$$

де P – навантаження від рушійної колісної пари на рейки, кН;

m – число рушійних колісних пар локомотива (рівне кількості тягових електродвигунів).

$$\varphi_k = 0,118 + \frac{5}{27,5 + V}. \quad (3)$$

У точці перетину кривої $F_{зч}=f(V)$ і тягової характеристики $F_k=f(V)$ повністю використовується як зчїпна вага локомотива, так і потужність тягових електродвигунів. Тому режим роботи локомотива, відповідний цій точці ($F_{кр}$ і V_p), може бути прийнятий за розрахунковий при визначенні маси складу. Дотична потужність локомотива (на ободі рушійних коліс) при розрахункових тягових параметрах ($F_{кр}$ і V_p) може бути обчислена за формулою, кВт,

$$N_k = \frac{F_k V}{3,6} \quad (4)$$

Результати розрахунку дотичної сили тяги подано на рис. 1.

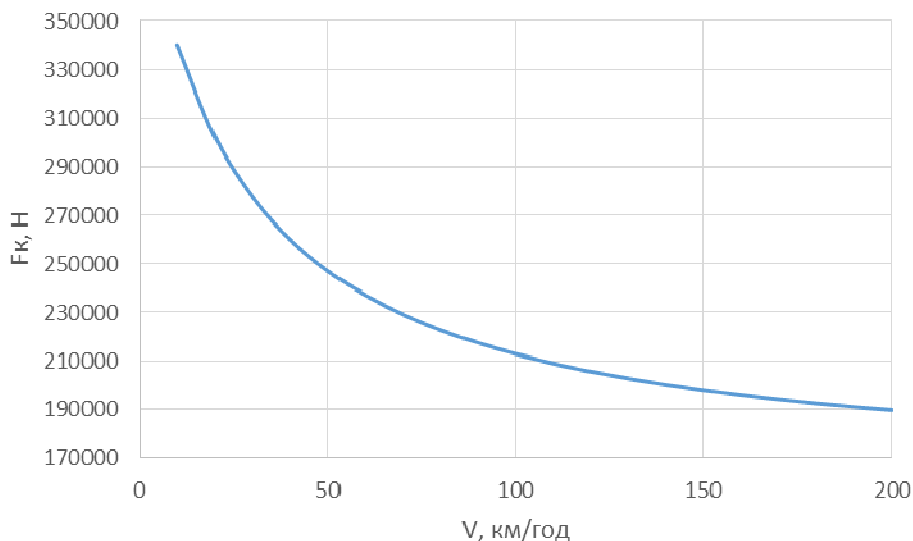


Рис. 1. Залежність дотичної сили тяги від швидкості руху газотурбовоза

Після проведених розрахунків обрано ГТУ потужністю 14 МВт з 25 % запасом на власні потреби локомотива.

Був проведений термодинамічний розрахунок ГТУ з різними видами палива, такими як: пропан-бутан, гас, метан,

водень. Ці види палива мають різну нижчу теплотворну здатність (Н_и). Для ГТУ простого циклу розраховані основні показники. Результати обчислень електричного ККД та секундної витрати палива подано на рис. 2–3.

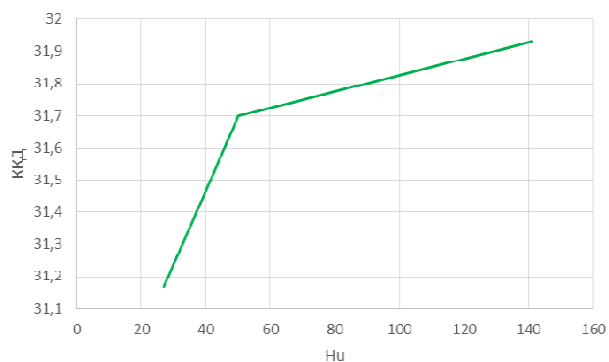


Рис. 2. Залежність ККД від Н_и

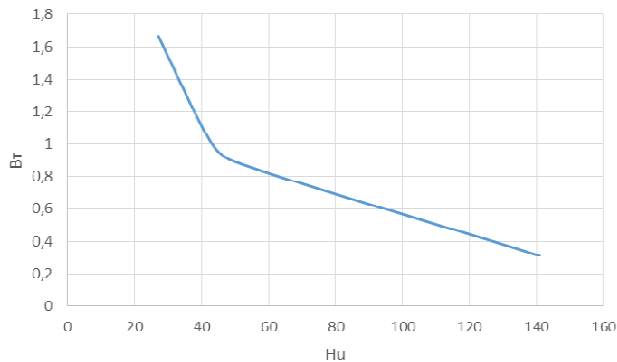


Рис. 3. Залежність витрати палива від Н_и

Для підвищення ККД та економічності ГТУ використовуються складні цикли. На рис. 4–5 подано результати обчислення з регенерацією

теплоти та спільно з регенерацією та проміжним охолодженням. Дані залежності були отримані для газу метан.

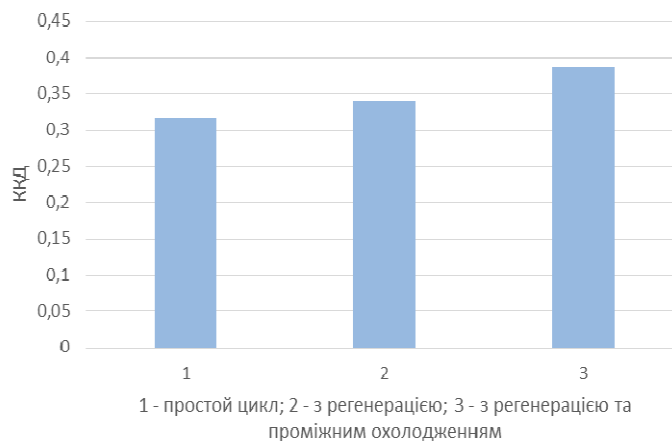


Рис. 4. Залежність ККД від типу циклу

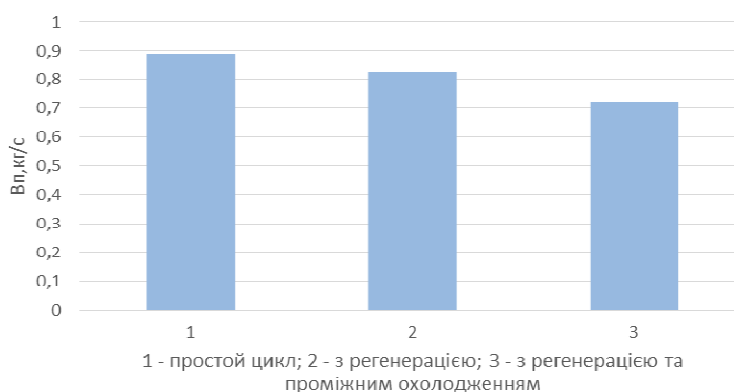


Рис. 5. Залежність витрати палива від типу циклу

Висновки. Застосування газотурбінної тяги дозволить розв'язати проблему узгодження тягових характеристик автономного та електричного тягового складу за осьовою потужністю, швидкісними характеристиками і уніфікацією екіпажу.

Локомотив ТЕП150 можна використовувати як прискорений тепловоз шляхом модернізації силової установки. Пропонується встановити ГТУ потужністю до 14000 кВт.

Список використаних джерел

1. Анисимов, П. С. Высокоскоростные железнодорожные магистрали и пассажирские поезда [Текст] : монография / П. С. Анисимов, А. А. Иванов. – М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 542 с.
2. Залізничі світу в ХХІ столітті [Текст] : монографія / за заг. ред. Г. М. Кірпи. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. транспорту ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 224 с.
3. Киселев, И. П. Высокоскоростные железные дороги [Текст] / И. П. Киселев, К. А. Сотников, В. С. Суходоев. – СПб. : Изд-во Петербург. гос. ун-та путей сообщения, 2001. – 60 с.
4. Даніленко, Е. І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом [Текст] : підручник для вищ. навч. закл.: у 2 т. / Е. І. Даніленко. – К. : Інпрес, 2010. – Т. 1. – 528 с.

5. Дикань, В. Л. Забезпечення ефективності інноваційної діяльності підприємств залізничного транспорту [Текст] : монографія / В. Л. Дикань, В.О. Зубенко. — Харків : УкрДАЗТ, 2008. — 193 с.

6. Nock, O. S. Experimental gas turbine locomotive undertakes haulage tests [Text] // *Advances in Mechanical Engineering*. — 1973. — P. 172.

7. Бартош, Е. Т. Газотурбовозы и турбопоезда [Текст] : підручник / Е. Т. Бартош. — М. : Транспорт, 1978. — 311 с.

8. Бартош, Е. Т. Газовая турбина на железнодорожном транспорте [Текст] : підручник / Е. Т. Бартош. — М. : Транспорт, 1972. — 144 с.

9. Осипов, С. Н. Основы локомотивной тяги [Текст] : учебник / С. Н. Осипов, К. А. Миронов, В. И. Ревич. — М. : Транспорт, 1979. — 440 с.

Рубльов Володимир Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри теплотехніки та теплових двигунів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (097)781-18-76. E-mail: rublik69@ukr.net.
Рубльов Олег Володимирович, магістрант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (097)949-02-47. E-mail: orublyv2102@gmail.com.

Рублев Владимир Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (097)781-18-76.
E-mail: rublik69@ukr.net.

Рублев Олег Владимирович, магистрант кафедры эксплуатации и ремонта подвижного состава Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (097)949-02-47.
E-mail: orublyv2102@gmail.com.

Rublov Vladimir Ivanovich, PhD (Tech.), Associate professor, Department of Heat engineering and heat engines Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (097)781-18-76. E-mail: rublik69@ukr.net.
Rublov Oleh Vladimirovich, master, Department of Maintenance and repair of rolling stock Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (097)949-02-47. E-mail: orublyv2102@gmail.com.

Статтю прийнято 26.10.2018 р.