

УДК 629.4.016

*Д-р техн. наук Ю.Є. Калабухін (УкрДАЗТ),
асп. О.В. Рудковський (ОТЗТ)*

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЗНОЇ ТЯГИ У ВАНТАЖНОМУ РУСІ

Актуальність теми. На теперішньому етапі розвитку економіки України перед залізничним транспортом ставляться завдання з освоєння перевезень та подальшого розвитку тягового рухомого складу. Для вирішення цих завдань необхідне проведення значних організаційно-технічних заходів.

Одним з пріоритетних напрямків розвитку залізничного транспорту України є оновлення тягового рухомого складу як за рахунок закупівлі нового, так і за рахунок модернізації того, що існує [1, 2]. Звичайно цьому передують відповідне техніко-економічне обґрунтування, яке повинно доповнюватися оцінкою екологічних показників використання засобів тепловозної та дизельної тяги з урахуванням особливостей її експлуатаційної роботи.

У цій ситуації дослідження впливу експлуатаційних факторів на екологічну безпеку як перспективних серій тепловозів, так і тих, що експлуатуються, є основною й однією з найважливіших проблем національної економіки.

Огляд досліджень. Останніми роками за рубежем поетапно вводяться обмеження щодо емісії шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизелів тепловозів. Директивою ЄС 97/68 і стандартом UIC-624 Європейського міжнародного союзу залізниць передбачено посилювання нормативів на шкідливі викиди дизелями залізничного транспорту [1-5]. Ці обмеження мають бути враховані українськими стандартами з екології. Однак узагальнюючий підхід, викладений у стандартах, не враховує технічних властивостей тепловозної тяги та вплив на неї особливостей організаційно-технічних

заходів з підвищення ефективності використання тягового рухомого складу у вантажному русі, якими є [6-9]:

- придбання локомотивів з покращеними тягово-енергетичними характеристиками та модернізація існуючого тягового рухомого складу;

- покращення якісних показників використання рухомого складу (маса поїзда, навантаження на вісь вантажного вагона, технічна та дільнична швидкість тощо);

- відміна енергоємних обмежень швидкості руху поїздів;

- зменшення неграфікових зупинок поїздів;

- рух вантажних поїздів зі швидкістю 100-120 км/год і т.ін.

Мета статті. Метою статті є аналіз результатів дослідження впливу експлуатаційних факторів на екологічні показники використання тепловоза 2TE116 при переміщенні вантажного поїзда на окремій ділянці обертання. Такий підхід може бути застосований для техніко-економічного дослідження впливу організаційно-технічних заходів з підвищення ефективності використання тягового рухомого складу на екологічну безпеку залізничного транспорту України.

Основний текст статті. Розглянемо роботу локомотива на ділянці при переміщенні вантажного поїзда без урахування часу простою на зупиночних пунктах. Час роботи локомотива за цих умов складається з часу роботи на режимах тяги, холостого ходу та гальмування. Основними експлуатаційними факторами, що впливають на екологічні показники використання локомотивної тяги на ділянці маршруту, є: обмеження швидкості, технічна швидкість, маса поїзда брутто; кількість вагонів за типами; кількість зупинок; ухил, радіус та довжина кривої і-го елемента профілю ділянки обертання і т.ін.

Характеристикою завантаження локомотива за часом на ділянці обертання

при переміщенні вантажного поїзда є час роботи в режимі тяги та холостого ходу (вважаємо, що на режимах гальмування локомотив працює на холостому ходу). Тоді частка часу роботи локомотива на режимі холостого ходу на ділянці обертання визначається за формулою

$$\sigma_{xx} = \frac{\sum_{p=1}^{p=i} \sum_{t=0}^{t=t_3} t_p^{xx}}{\sum_{p=1}^{p=i} t_p^3} \cdot 100,$$

де p – кількість зупинок на ділянці обертання локомотива;

t_p^3 – час роботи локомотива на p -й ділянці маршруту при переміщенні вантажного поїзда від моменту трогання до моменту зупинки, хв;

t_p^{xx} – час роботи локомотива на режимі холостого ходу на p -й ділянці маршруту при переміщенні вантажного поїзда від моменту рушання до моменту зупинки, хв.

Характеристикою завантаження локомотива за потужністю є коефіцієнт використання потужності локомотива при переміщенні вантажного поїзда на ділянці обертання, який визначається за формулою

$$k_L = \frac{\sum_{p=1}^{p=i} \int_0^{t_p^3} Ne(t) \cdot dt}{Ne_{ном.} \cdot \sum_{p=1}^{p=i} t_p^3},$$

де $Ne_{ном.}$ – потужність локомотива на номінальному режимі, кВт;

$Ne(t)$ – потужність локомотива в момент часу t , кВт.

Характеристикою екологічної безпеки локомотива при переміщенні вантажного поїзда на ділянці обертання є питомий викид j -го компонента шкідливої речовини [10], який визначається за формулою

$$b_{ш.р.j} = \frac{\sum_{p=1}^{p=i} m_{пит.j}^{\phi} \cdot (b_{xx} \cdot t_p^{xx} + \int_0^{t_p^3} Ge(t) \cdot dt)}{60 \cdot 1000 \cdot \sum_{p=1}^{p=i} \left\{ L_p \cdot \sum_{z=1} (U_z \cdot q_{Tz} + U_z \cdot Q_z \cdot \beta_z) \right\}} \cdot 10^4,$$

де $m_{пит.j}^{\phi}$ – фактична питома витрата j -го компонента шкідливої речовини, кг/т палива;

b_{xx} – годинна витрата палива на режимі холостого ходу, кг/год;

$Ge(t)$ – годинна витрата палива на i -му режимі потужності тепловоза в момент часу t , кг/год;

L_p – відстань переміщення вантажного поїзда від моменту рушання до моменту зупинки t_p^3 на p -й ділянці маршруту, км;

q_{Tz} – маса тари вантажного вагона z -го типу, т;

U_z – кількість вагонів z -го типу у поїзді;

Q_z – вантажопідйомність вагона z -го типу, т;

β_z – коефіцієнт завантаженості вагона z -го типу.

Характеристикою завантаженості вагонів вантажного поїзда є середнє навантаження на вісь вантажного вагона, яке визначається за формулою

$$q = \frac{\sum_{z=1} (U_z \cdot q_{Tz} + U_z \cdot Q_z \cdot \beta_z)}{\sum_{z=1} (U_z \cdot n_z)},$$

де n_z – число осей у вантажному вагоні z -го типу.

Маса состава бруто визначається за формулою

$$Q_{бр} = \sum_{z=1} (U_z \cdot q_{Tz} + U_z \cdot Q_z \cdot \beta_z).$$

Технічна швидкість переміщення вантажного поїзда на ділянці обертання

визначається без урахування часу простою на зупиночних пунктах за формулою

$$V_{техн} = \frac{60 \cdot \sum_{p=1}^{p=i} L_p}{\sum_{p=1}^{p=i} t_p^3}.$$

Дослідження впливу техніко-експлуатаційних факторів на екологічні показники тепловозної тяги у поїзній роботі було здійснено на основі тягових розрахунків [11-13] з використанням ПЕОМ на прикладі вантажного магістрального тепловоза 2ТЕ116 [14].

Характеристика профілю ділянки обертання тепловоза 2ТЕ116 у вантажному русі наведена у таблиці.

Зупиночних пунктів за напрямком – 6. Вантажний поїзд на ділянці обертання складається з 4-вісних вагонів.

Результати впливу експлуатаційних факторів (технічна швидкість, навантаження на вісь вагона, маса та кількість вагонів у складі поїзда) на екологічні показники використання тепловоза серії 2ТЕ116 при переміщенні вантажного поїзда на ділянці наведено на рис. 1-9.

Аналіз результатів показав таке. Збільшення технічної швидкості при збільшенні кількості вагонів у складі поїзда та їх завантаженості приводить до зменшення часу роботи локомотива на режимі холостого ходу та збільшення коефіцієнта використання його потужності (рис. 1, 2), що позитивно впливає на екологічну безпеку тепловозної тяги. Однак значний вплив технічної швидкості на

Рухомий склад залізниць

питомий опір руху поїзда приводить до збільшення питомої витрати палива, а отже, – питомого викиду шкідливих речовин

(рис. 3). По мірі збільшення кількості вагонів у складі поїзда та їх завантаженості цей вплив зменшується.

Таблиця

Характеристика профілю ділянки обертання

Діапазон ухилу	Розподіл елементів профілю, %	Довжина, км	Розподіл елементів профілю, %	Довжина, км
Парний напрямок		Непарний напрямок		
-16...-15	0,09	0,3	0	0
-14...-13	0	0	0,12	0,4
-13...-12	0,07	0,25	0,27	0,922
-12...-11	0,06	0,2	0,35	1,214
-11...-10	0,36	1,24	0,73	2,528
-10...-9	1,67	5,77	1,64	5,652
-9...-8	3,82	13,16	4,35	14,981
-8...-7	5,03	17,313	5,36	18,456
-7...-6	2,98	10,25	4,52	15,559
-6...-5	2,81	9,682	3,11	10,698
-5...-4	3,34	11,498	2,33	8,041
-4...-3	3,76	12,94	2,68	9,226
-3...-2	6,14	21,16	4,37	15,062
-2...-1	9,57	32,965	5,17	17,795
-1...0	7,03	24,207	7,4	25,495
0...1	17,08	58,853	16,71	57,575
1...2	6	20,655	9,7	33,415
2...3	4,27	14,702	6,54	22,52
3...4	2,56	8,826	3,93	13,55
4...5	2,82	9,721	3,46	11,923
5...6	2,62	9,021	2,88	9,907
6...7	3,89	13,403	2,52	8,695
7...8	6	20,659	4,93	16,988
8...9	4,23	14,562	4,27	14,7
9...10	1,9	6,551	2,03	7,01
10...11	0,93	3,2	0,42	1,44
11...12	0,52	1,792	0,06	0,2
12...13	0,35	1,222	0,07	0,25
13...14	0,06	0,2	0	0
14...15	0,06	0,2	0	0
15...16	0	0	0,09	0,3
Разом	100	344,502	100	344,502

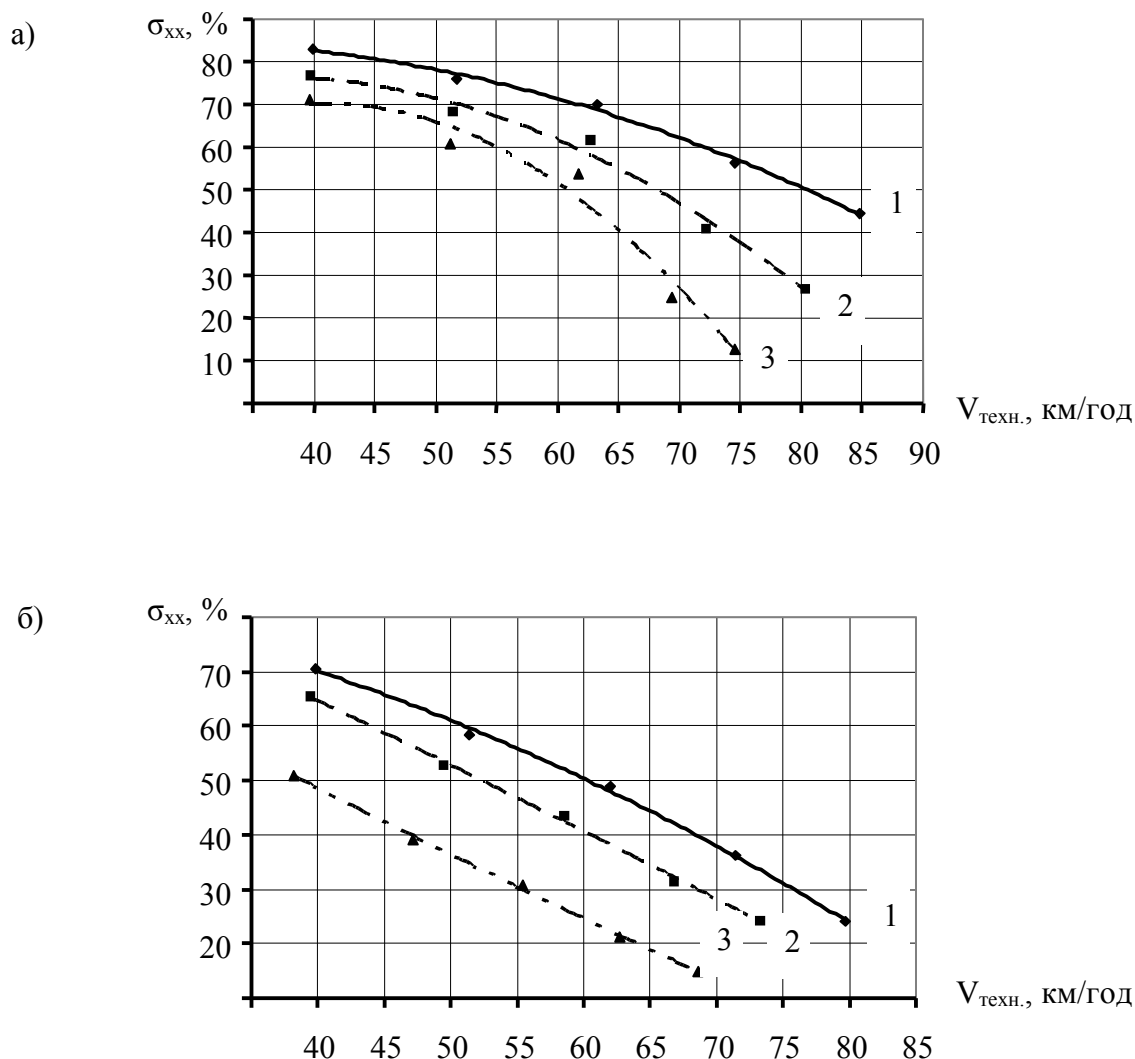


Рис. 1. Залежність частки часу роботи тепловоза на холостому ходу від технічної швидкості при переміщенні вантажного поїзда складністю 27 вагонів (а), 55 вагонів (б) при навантаженні на вісь вагона, т бруто: 1 – 8,5; 2 – 14,5; 3 – 20,5

Збільшення технічної швидкості на 10 % при 27 вагонах у складі поїзда та навантаженні на їх вісь 14,5 т бруто викликає збільшення питомого викиду шкідливої речовини в середньому на 4,02 % (рис. 4), а при 55 вагонах у складі поїзда та тому ж навантаженні на їх вісь – на 0,45 %. Це дозволяє зробити висновок, що підвищення технічної швидкості переміщення вантажного поїзда доцільно

супроводжувати одночасним підвищенням кількості вагонів у складі поїзда та їх завантаженістю.

Збільшення навантаження на вісь вагона при збільшенні кількості вагонів у складі поїзда та технічної швидкості їх переміщення приводить до зменшення часу роботи локомотива на режимі холостого ходу та збільшення коефіцієнта використання його потужності (рис. 4, 5),

Рухомий склад залізниць

що позитивно впливає на екологічну безпеку тепловозної тяги (рис. 6).

Так, збільшення навантаження на вісь вагона на 10 % як при 27 вагонах, так і при 55 вагонах у складі поїзда та технічній

швидкості їх переміщення 55 км/год викликає зменшення питомого викиду шкідливої речовини в середньому на 2,6 % (рис. 6).

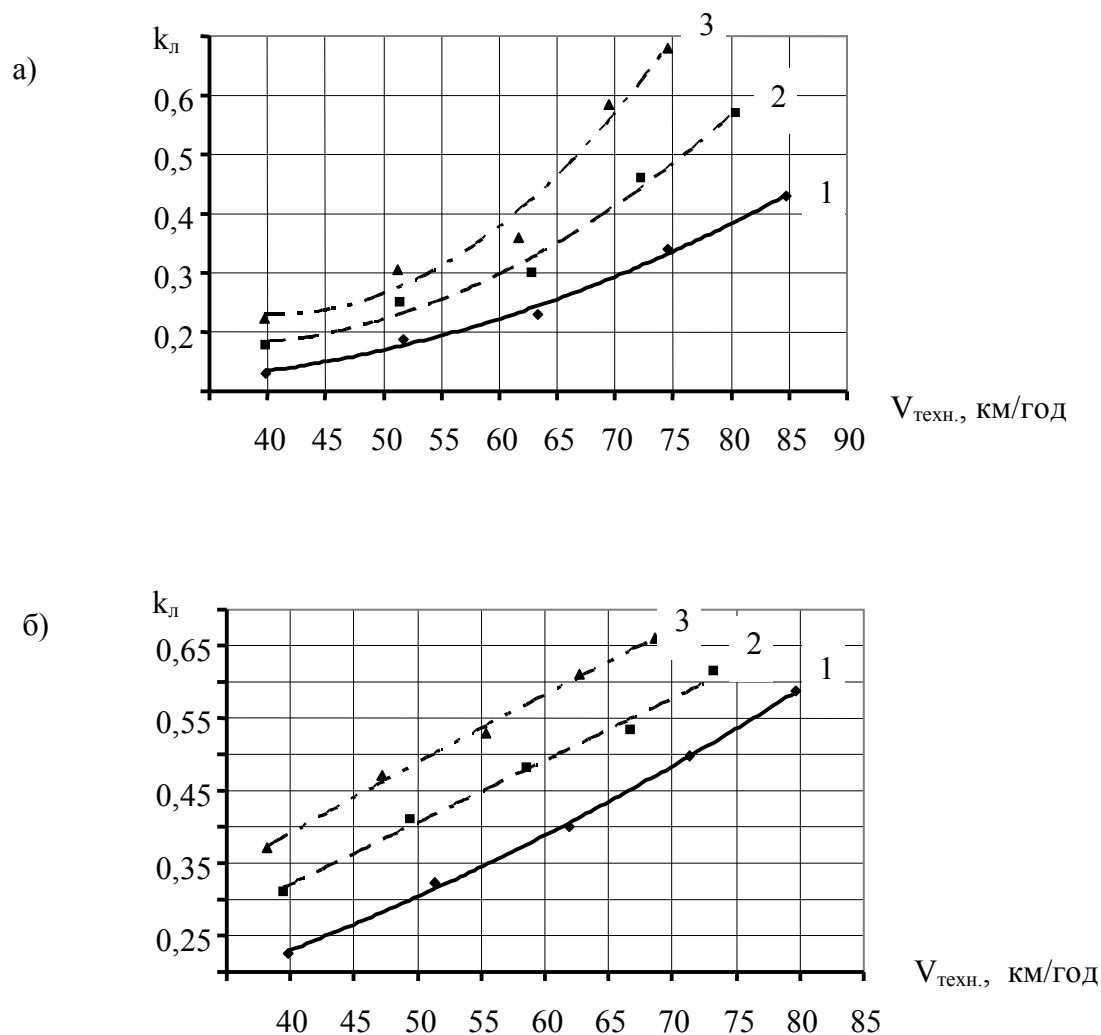


Рис. 2. Залежність коефіцієнта використання потужності тепловоза від технічної швидкості при переміщенні вантажного поїзда складністю 27 вагонів (а), 55 вагонів (б) при навантаженні на вісь вагона, т бруто: 1 – 8,5; 2 – 14,5; 3 – 20,5

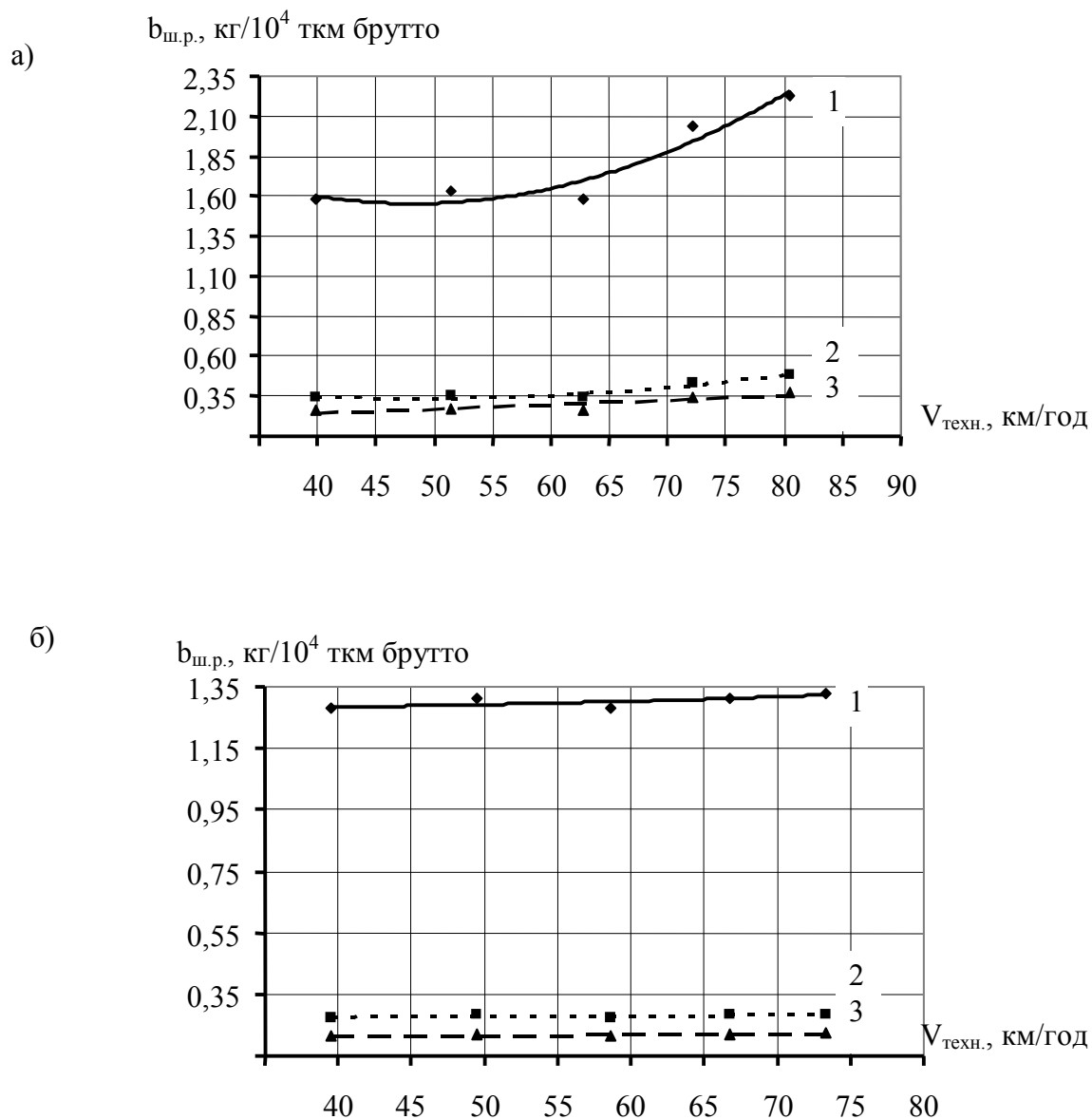


Рис. 3. Залежність питомого викиду шкідливої речовини тепловозом від технічної швидкості при переміщенні вантажного поїзда складністю 27 вагонів (а), 55 вагонів (б) та навантаженні на вісь вагона 14,5 т брутто: 1 – NO; 2 – CO; 3 – CH

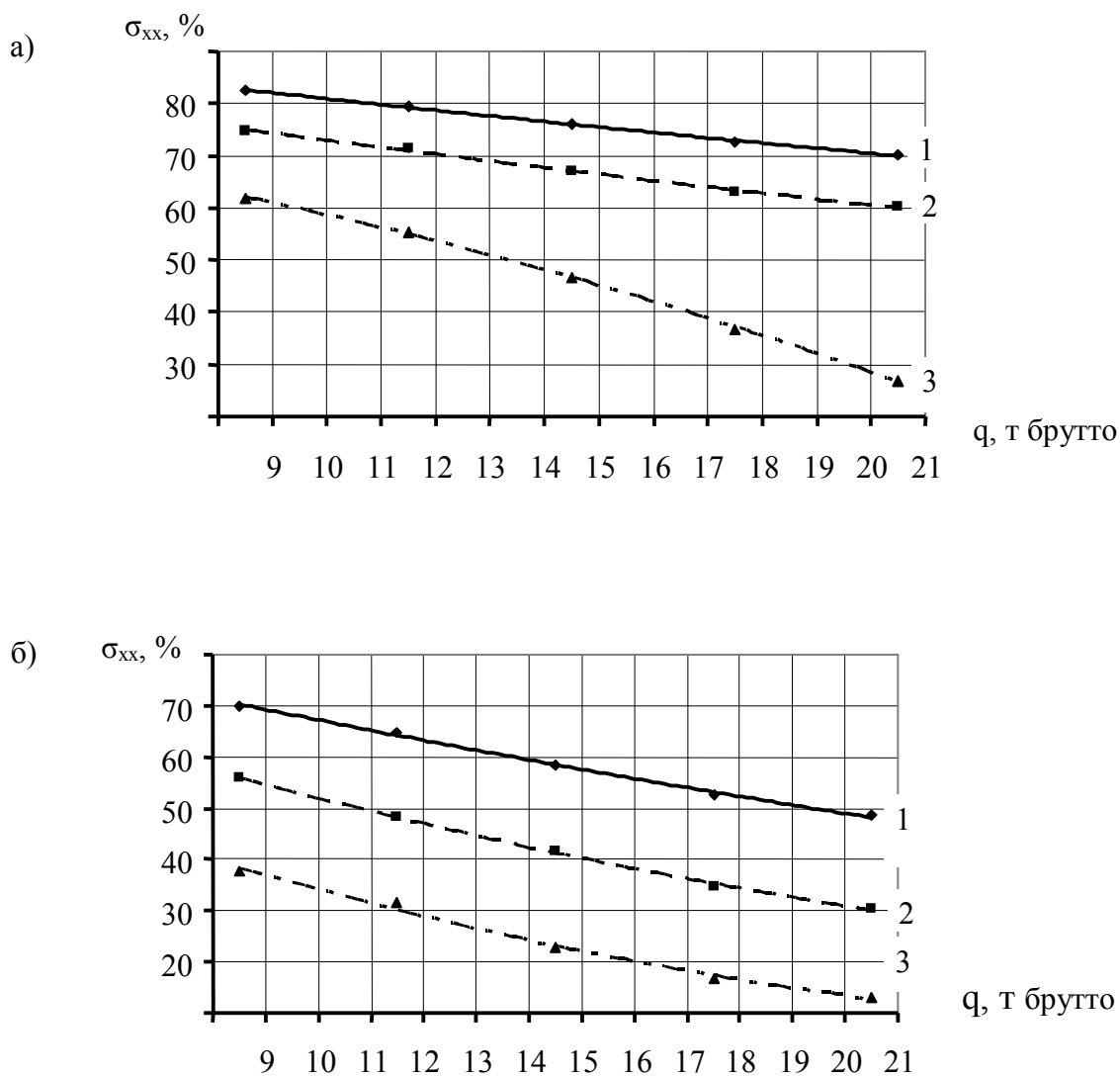


Рис. 4. Залежність частки часу роботи тепловоза на холостому ходу від навантаження на вісь вагона при переміщенні вантажного поїзда складністю 27 вагонів (а), 55 вагонів (б) з технічною швидкістю, км/год: 1 – 40; 2 – 55; 3 – 70

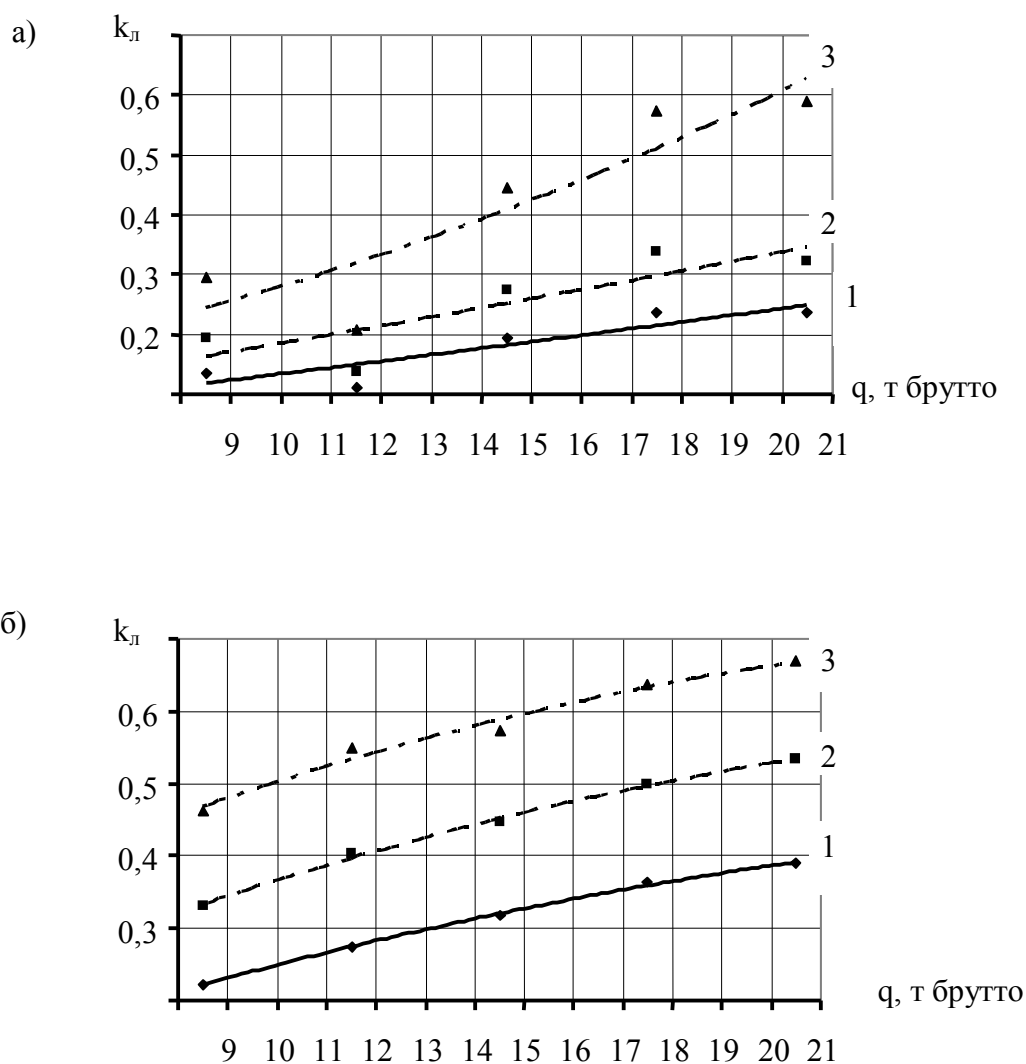


Рис. 5. Залежність коефіцієнта використання потужності тепловоза від навантаження на вісь вагона при переміщенні вантажного поїзда складністю 27 вагонів (а), 55 вагонів (б) з технічною швидкістю, км/год: 1 – 40; 2 – 55; 3 – 70

Збільшення кількості вагонів у складі поїзда при збільшенні навантаження на вісь вагона та технічної швидкості їх переміщення, як і в попередніх випадках, приводить до зменшення часу роботи локомотива на режимі холостого ходу та збільшення коефіцієнта використання його потужності (рис. 7, 8), що позитивно

впливає на екологічну безпеку тепловозної тяги.

Так, збільшення кількості вагонів у складі поїзда на 10 % при навантаженні на вісь вагона 17,5 т бруutto та технічній швидкості їх переміщення 55 км/год викликає зменшення питомого викиду шкідливої речовини в середньому на 1,8 % (рис. 9).

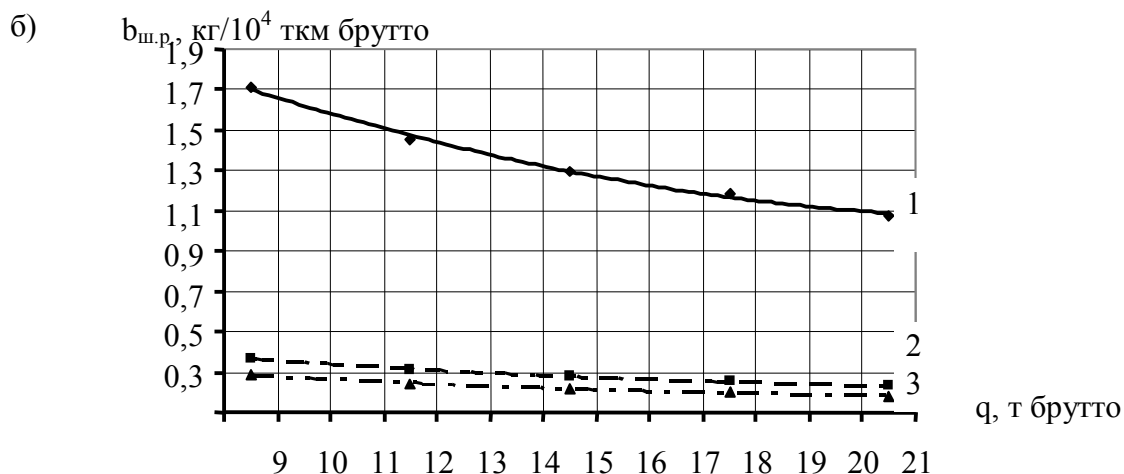
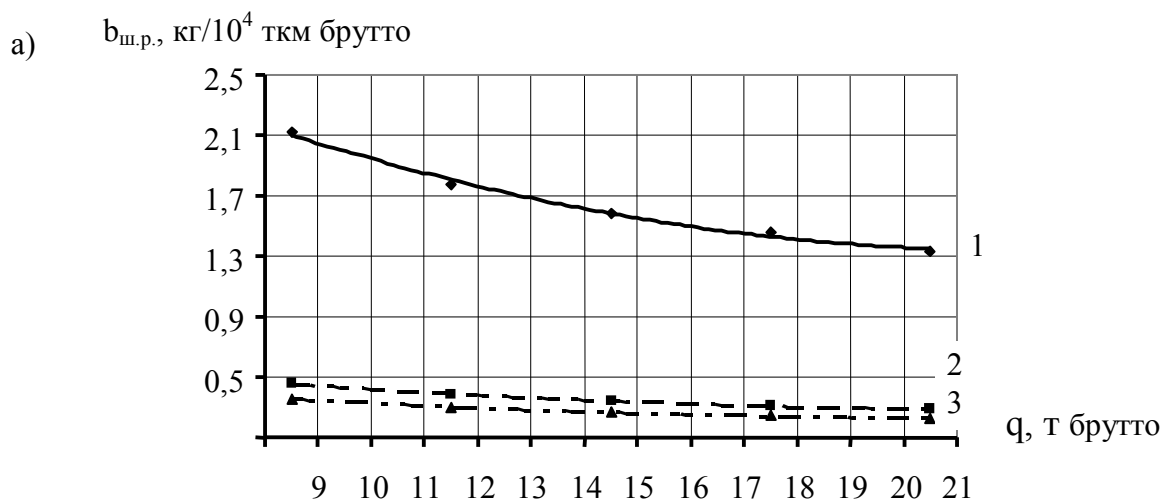


Рис. 6. Залежність питомого викиду шкідливої речовини тепловозом від навантаження на вісь вагона при переміщенні вантажного поїзда складністю 27 вагонів (а), 55 вагонів (б) з технічною швидкістю 47,5 км/год: 1 – NO; 2 – CO; 3 – CH

Проведений аналіз також дозволяє зробити висновок про більший вплив маси вантажного поїзда та кількості завантаженості вагонів на питомий викид шкідливих речовин тепловозною тягою, ніж технічна швидкість.

Висновки. Таким чином, зазначений підхід дозволяє провести кількісну оцінку впливу експлуатаційних факторів на

екологічні показники використання магістрального тепловоза в поїзній роботі з урахуванням особливостей його технічних характеристик та за різними умовами його експлуатації. Такий підхід може бути застосованим для техніко-економічного обґрунтування організаційно-технічних заходів з підвищення екологічної безпеки тепловозної тяги залізниць України.

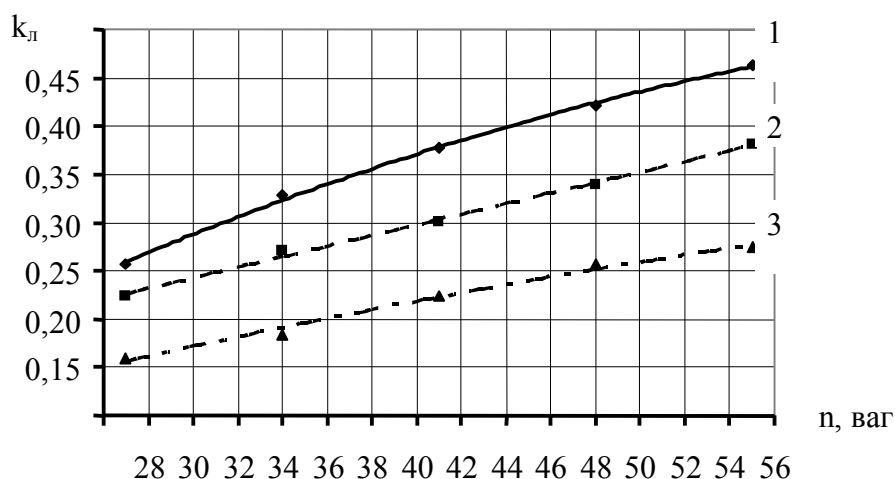


Рис. 7. Залежність коефіцієнта використання потужності від кількості вагонів у складі поїзда при переміщенні з технічною швидкістю 47,5 км/год та навантаженні на вісь вагона, т бруто:
1 – 20,5; 2 – 14,5; 3 – 8,5

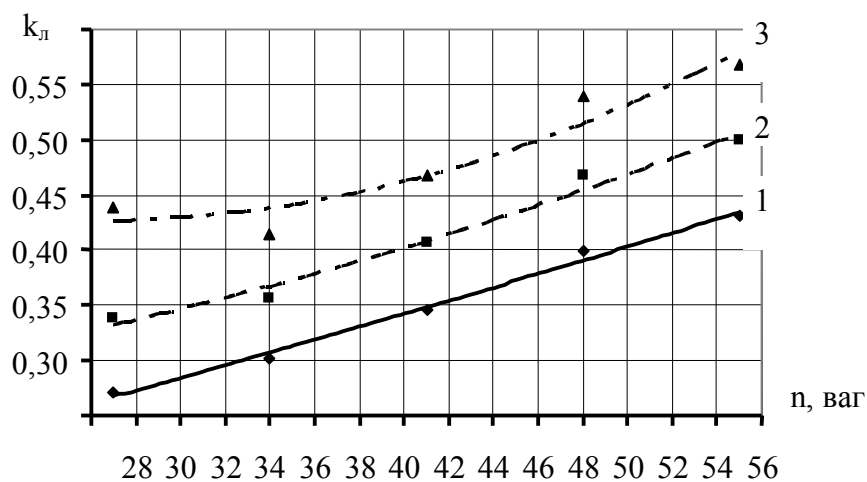


Рис. 8. Залежність коефіцієнта використання потужності від кількості вагонів у складі поїзда при навантаженні на вісь вагона 17,5 т бруто та переміщенні з технічною швидкістю, км/год:
1 – 47,5; 2 – 55; 3 – 62,5

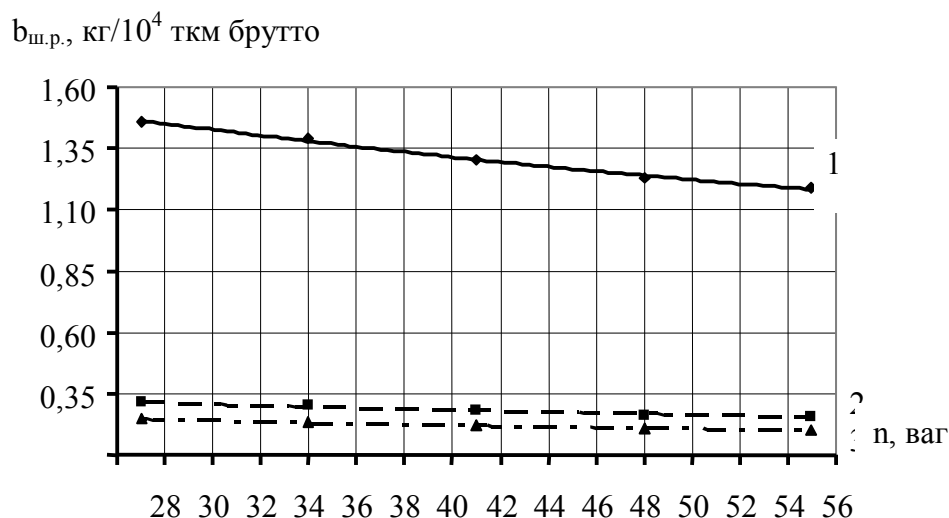


Рис. 9. Залежність питомого викиду шкідливих речовин від кількості вагонів у складі поїзда при навантаженні на вісь вагона 17,5 т брутто та переміщенні з технічною швидкістю 55 км/год: 1 – NO; 2 – CO; 3 – CH

Список літератури

1. Булаев, В.Г. Оценка выброса вредных веществ и эколого-экономического ущерба при эксплуатации тепловозов [Текст] / В.Г. Булаев // Бюлетень ВИНТИ. – 2006. - №11. – С. 31-37.
2. Зубрев, Н.И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Зубрев, Н.А. Шарпова. – М.: УМК МПС России, 1999. – 592 с.
3. Левенталь, Л.Я. Оценка влияния параметров рабочего процесса, конструктивных факторов и режимов работы на токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Л.Я. Левенталь, Л.И. Сучков // Труды МИИТа. – М., 2001. – Вып. 978. – С. 101-104.
4. Павлова, Е.И. Экология транспорта [Текст]: учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 2000. – 248 с.
5. Копецкий, М. Об измерении выхлопных газов тепловозных дизелей [Текст] / М. Копецкий // Железные дороги мира. – 1999. – № 4. – С. 51-53.
6. Сергиенко, Н.И. Решение проблем подвижного состава железных дорог Украины через взаимодействие государственного и частного секторов экономики [Текст] / Н.И. Сергиенко // Локомотив-информ. – 2010. – № 6. – С.40-46.
7. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки [Текст]: наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 жовтня 2008 року № 1259.
8. Сергиенко, М.І. Головні напрямки роботи з енергозбереження на Укрзалізниці та їх результати [Текст] / М.І. Сергиенко // Локомотив-информ. – 2007. – № 3. – С.22-25.
9. Сергиенко, М.І. Основні напрямки роботи Укрзалізниці з енергозбереження та її результати [Текст] / М.І. Сергиенко // Локомотив-информ. – 2010. – № 4. – С.24-26.
10. Калабухін, Ю.Є. Методологія оцінки екологічних показників функціонування магістральних тепловозів протягом життєвого циклу [Текст] / Ю.Є. Калабухін // Вісник

Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2009. – № 4 (134), ч. 2. – С. 88-95.

11. Осипов, С.И. Основы тяги поездов [Текст] / С.И. Осипов, С.С. Осипов. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 с.

12. Тяговые расчеты: справочник [Текст] / под ред. П.Т. Гребенюка. – М.: Транспорт, 1987. – 271 с.

13. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст] / МПС СССР. – М.: Транспорт, 1985. – 286 с.

14. Тепловоз 2ТЭ116 [Текст] / С.П. Филонов, А.И. Гибалов, В.Е. Быковский [и др.] – М.: Транспорт, 1985. – 327 с.

Ключові слова: екологічні показники, тягово-енергетичні показники, питома витрата палива, шкідливі речовини, коефіцієнт використання потужності, експлуатація тепловозів, тяга поїздів.

Анотації

У статті викладено результати розрахункового дослідження впливу експлуатаційних факторів на екологічні показники використання магістрального тепловоза 2ТЭ116 при переміщенні вантажного поїзда на окремій ділянці обертання. Такий підхід може бути застосованим для техніко-економічного дослідження організаційних заходів на транспорті.

В статье приведены результаты расчетного исследования влияния эксплуатационных факторов на экологические показатели использования магистрального тепловоза 2ТЭ116 при перемещении грузового поезда на участке обращения. Такой подход может быть использован для технико-экономического исследования организационных мероприятий на транспорте.

In the article the results of computation research of influencing of operating factors are resulted on the ecological indexes of the use of main diesel engine 2ТЭ116 at moving of freight train on the area of appeal. Such approach can be taken for technical and economic research of organizational measures on a transport.