

УДК 629.424.1

*Фалендиш А.П., д. т. н. (УкрДАЗТ)
Володарець М.В., аспірант (УкрДАЗТ)*

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДЛЯ ВИБОРУ ПОТУЖНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗУ ІЗ ГІБРИДНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ

Постановка проблеми. В експлуатації потужність силової установки тепловозу змінюється в широких межах. З багатьох спостережень виходить, що коефіцієнт завантаження силової установки локомотиву залежить від полігону експлуатації і в основному не перевищує величини 0,5. [1] Тобто середня експлуатаційна потужність силової установки локомотиву складає не більше половини від її повної потужності.

Якщо встановити на локомотив накопичувач енергії достатньої ємності, то встановлену потужність силової установки можна знизити у два рази і більше, без шкоди для виконання тягової роботи.

У якості можливих накопичувачів енергії можуть бути використані акумуляторні батареї, конденсатори високої ємності, гіроскопічні апарати [2]. Енергоємність накопичувача на локомотиві обмежена ваговими, об'ємними і вартісними характеристиками.

Тому є доцільним визначення мінімальної енергоємності накопичувача, яка необхідна для виконання певного виду роботи локомотиву.

Мета статті. Розробка моделі визначення необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки для маневрового тепловозу із гібридною передачею.

Викладення основного матеріалу. Застосування накопичувачів енергії у тяговій мережі локомотиву – є одним із шляхів зниження витрат палива на тягу в усьому світі [3]. Це є найбільш актуальним для тягового рухомого складу, який працює у імпульсному режимі, наприклад: моторвагонний рухомий склад, маневрові локомотиви.

Практика доводить, що середньоексплуатаційна потужність дизелів маневрових тепловозів складає 10-15% від номінальної потужності дизеля. Тому використання накопичувача енергії саме для маневрового тепловозу є найбільш доречним.

Для проектування гібридного тепловозу необхідно визначитись із параметрами дизель-генераторної установки і накопичувачів енергії.

Локомотив працюватиме за наступною схемою: робота на середніх навантаженнях буде забезпечуватися роботою двигуна малої потужності, під час роботи на холостому ході та низьких навантаженнях двигун малої потужності буде поповнювати запас енергії у накопичувач і здійснювати роботу тепловоза, а на високих навантаженнях робота тепловоза буде здійснюватися за рахунок енергії накопичувача і за рахунок роботи двигуна малої потужності.

Існуючі моделі розрахунку параметрів локомотиву [4,5,6] не передбачають гібридну тягу, тому в даному виді використовуватись не можуть і потребують їх доопрацювання. Було розроблено модель визначення техніко-економічних показників маневрового тепловозу із гібридною передачею [7], але виникає необхідність у визначенні його оптимальних параметрів.

Першим кроком для вирішення цього питання є розробка моделі визначення необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки для маневрового тепловозу із гібридною передачею. Було розроблено таку модель.

Процедура вирішення цієї задачі представлена на рисунку 1.

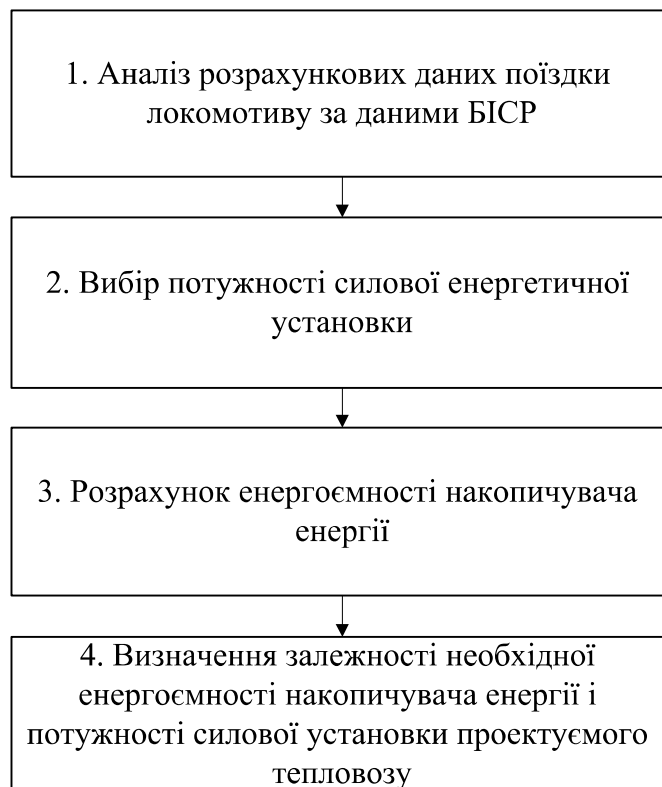


Рисунок 1. – Процедура визначення необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею

На основі розробленої процедури було складено алгоритм програми розрахунку необхідної енергоемності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею, який зображено на рисунку 2.

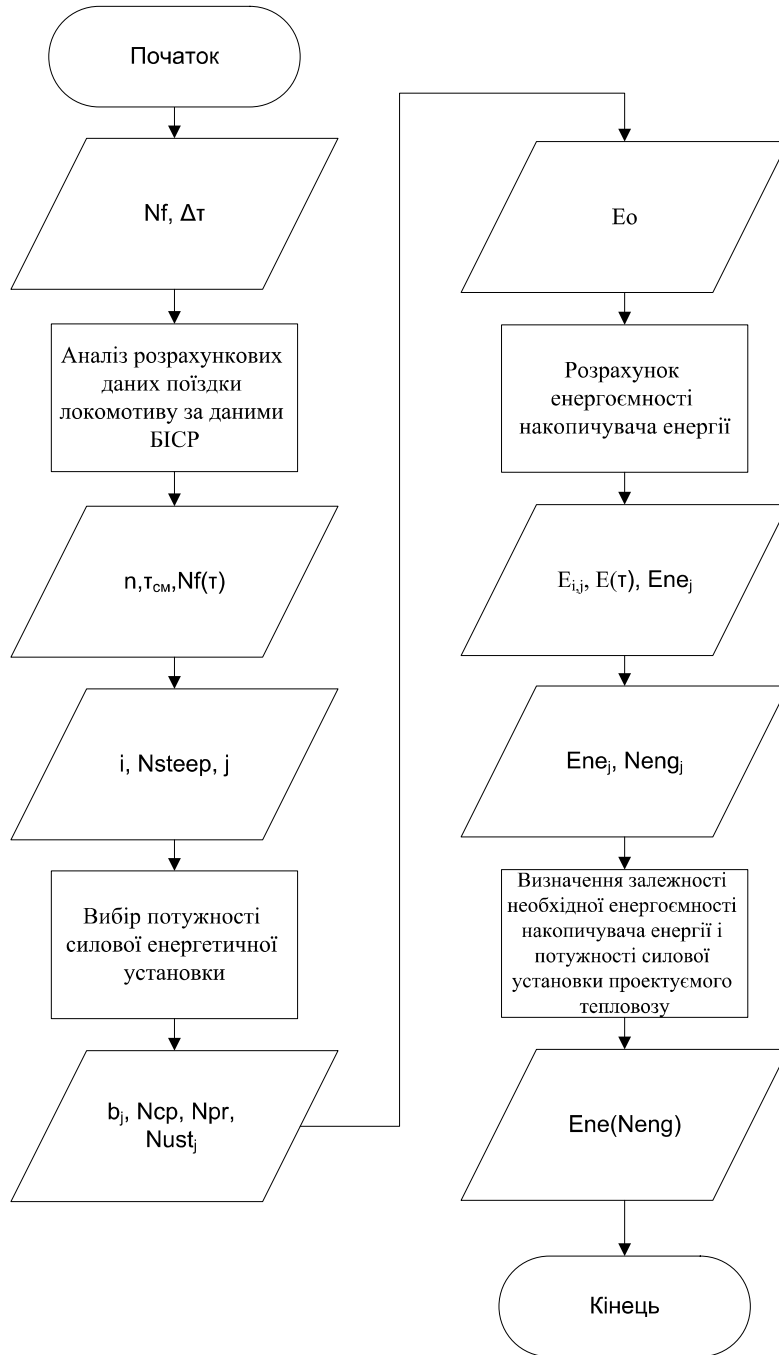


Рисунок 2 – Алгоритм програми розрахунку необхідної енергоемності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею

Для аналізу даних БІС-Р вихідними даними є: потужність силової установки N_f , яка визначалась протягом поїздки кожні 2 хвилини Δt . В результаті отримуємо: значення кількості зафіксованих даних n , тривалість роботи тепловозу τ_{cm} , а також залежність $N_f(\tau)$.

Під час вибору потужності силової енергетичної установки вихідними даними є: вектор i за даними БІС-Р, кількість шагів N_{steer} змінювання потужності силової установки, що розраховується, а на основі цього вектор j . При цьому обчислюються: коефіцієнт зміни потужності b_j , середня потужність за даними БІС-Р N_{cp} , потужність N_{pr} , яка приймається у якості базової для розрахунків, потужність силової установки, що розраховується, N_{ustj} .

Для розрахунку енергоємності накопичувача енергії використовуються наступні вихідні дані: початкова потужність розрахунку E_0 . При цьому розраховується мінімально необхідна енергоємність накопичувача енергії E_{ne_j} в залежності від обраної потужності силової установки, а також визначається енергоємність накопичувача енергії $E_{i,j}$ на кожному етапі змінювання необхідної потужності тепловозу, і залежність енергії $E(\tau)$, потребуємої локомотивом від накопичувача, від часу роботи τ .

Для визначення залежності $E_{ne}(N_{eng})$ необхідної енергоємності накопичувача енергії і потужності силової установки тепловозу, що проектується, вихідними даними є вектор N_{eng_j} значень потужності проектуємої силової установки і вектор E_{ne_j} значень мінімальної енергоємності накопичувача, необхідної для забезпечення вихідної роботи локомотиву.

На основі запропонованого алгоритму було розроблено програму розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею за допомогою пакету програм Mathcad, вікно якої зображено на рисунку 3.

Використовуючи цю програму при проектуванні маневрового тепловозу із гібридною передачею, можна вибрати раціональні співвідношення його силової установки і накопичувача енергії.

Розглянемо її застосування на прикладі тепловозу ЧМЕЗ.

За даними БІС-Р для тепловоза ЧМЕЗ №2191 було побудовано залежність експлуатаційної потужності локомотиву N_{f_i} від часу його роботи τ_i . Цю залежність зображено на рисунку 4.

Далі обираємо потужність силової установки локомотиву i в залежності від цього розраховуємо енергоємність накопичувача енергії для кожного i -того шагу зміни експлуатаційної потужності локомотиву. Графічно це зображується у вигляді залежності енергоємності E_i накопичувача енергії від часу роботи локомотиву τ_i .

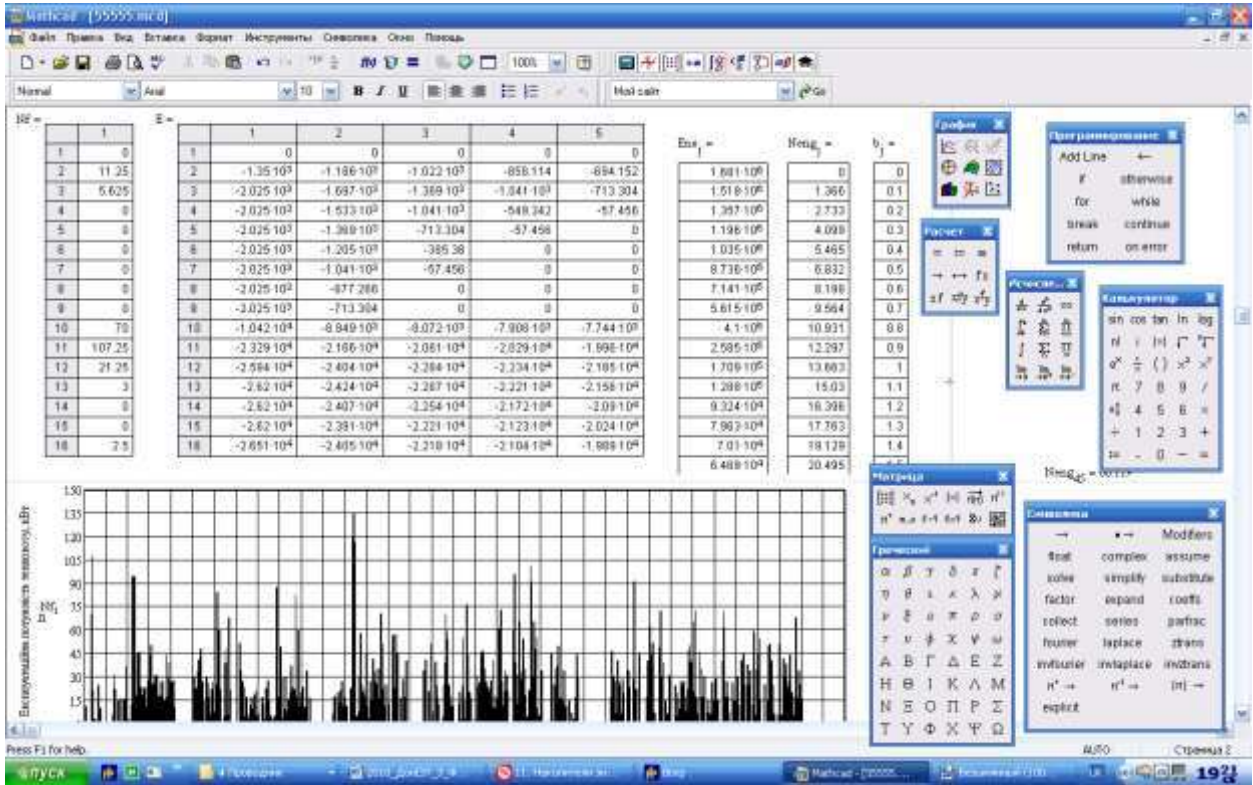


Рисунок 3. – Вікно програми розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею

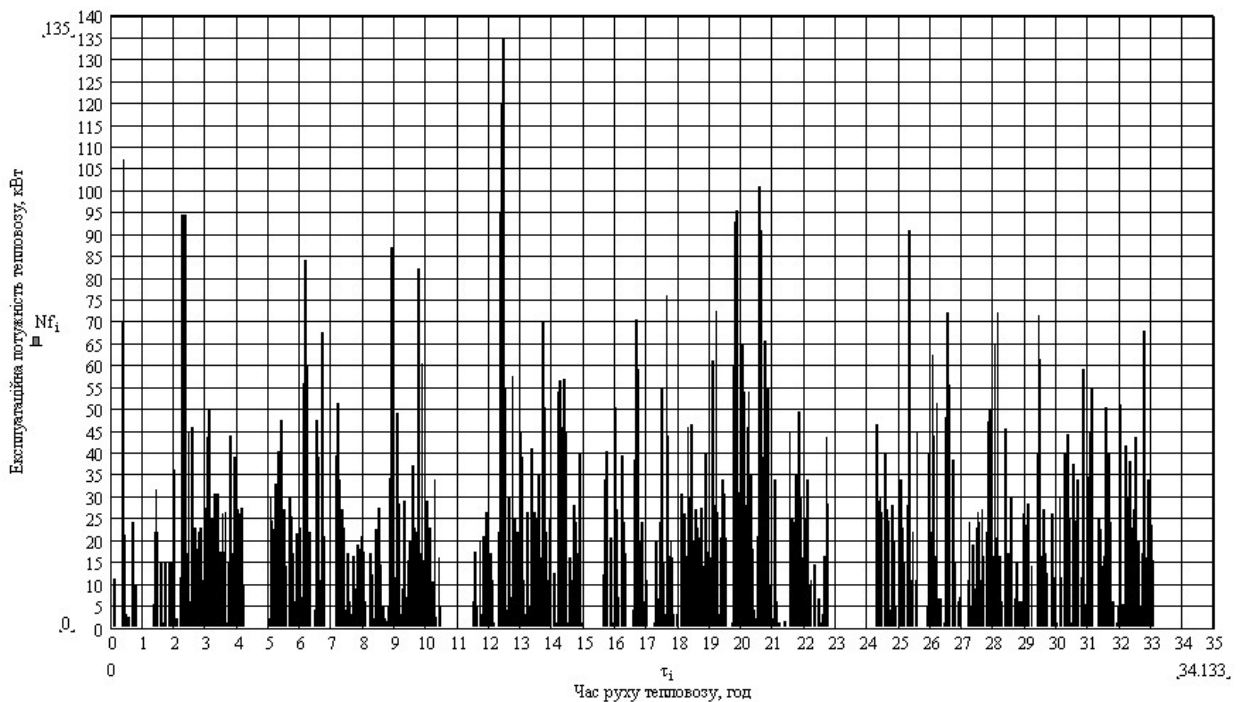


Рисунок 4. – Залежність експлуатаційної потужності тепловозу ЧМЕЗ від часу його роботи за даними БІС-Р

Так, на рисунку 5 для розглянутого вище режиму роботи тепловозу ЧМЕЗ наведено залежність $E_i(\tau_i)$ при обраній потужності N_{eng} силової установки 60 кВт.

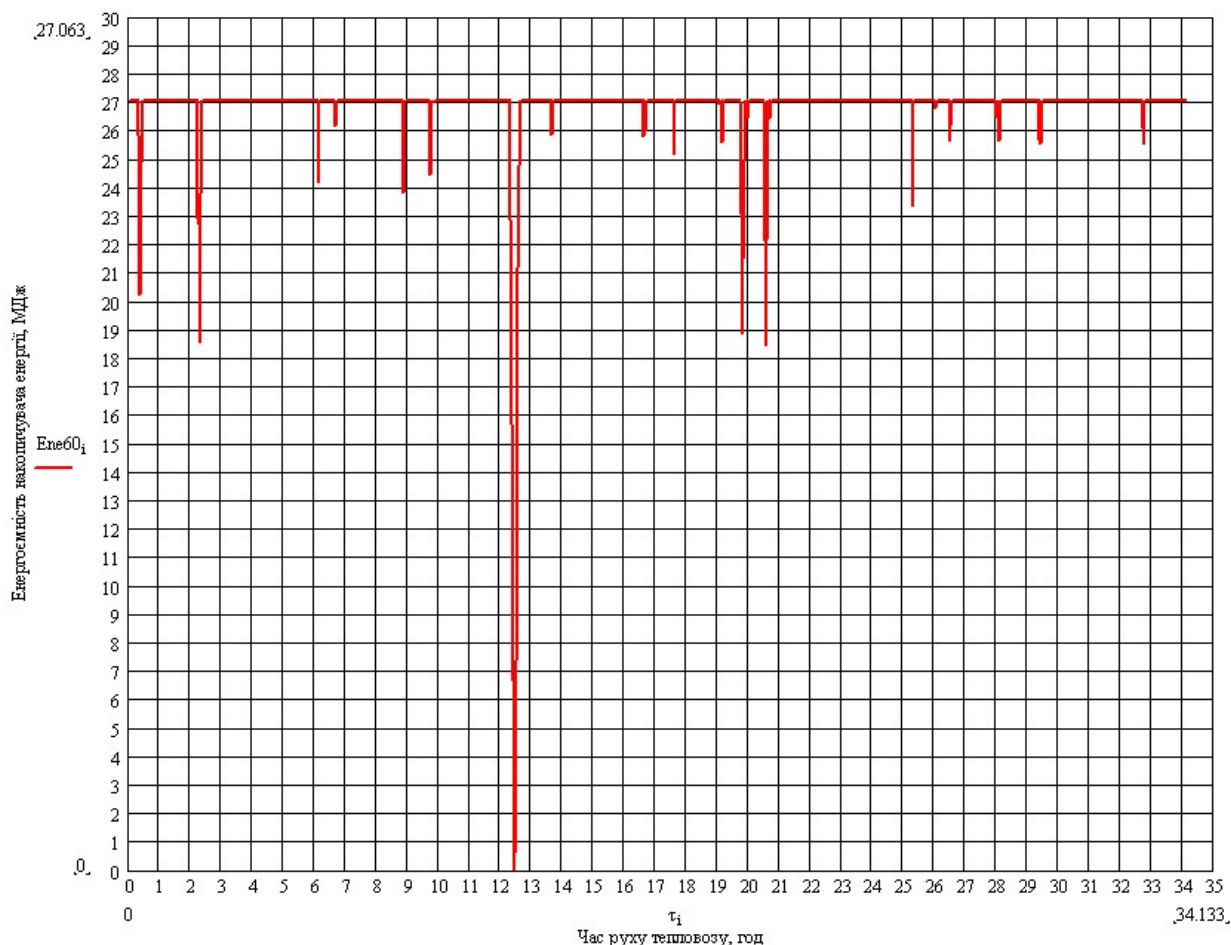


Рисунок 5. – Залежність енергоємності накопичувача енергії від часу роботи локомотиву τ_i , для потужності силової установки 60 кВт

З наведеного рисунку виходить, що для силової установки потужністю 60 кВт необхідно обрати накопичувач енергії із мінімальною енергоємністю 27 МДж.

І на завершальному етапі для проектуемого тепловозу з урахуванням зміни його експлуатаційної потужності будеться залежність енергоємності накопичувача енергії E_{ne} від потужності обраної силової установки N_{eng} . Залежність $E_{ne}(N_{eng})$ для розглянутого режиму роботи тепловозу ЧМЕЗ зображено на рисунку 6.

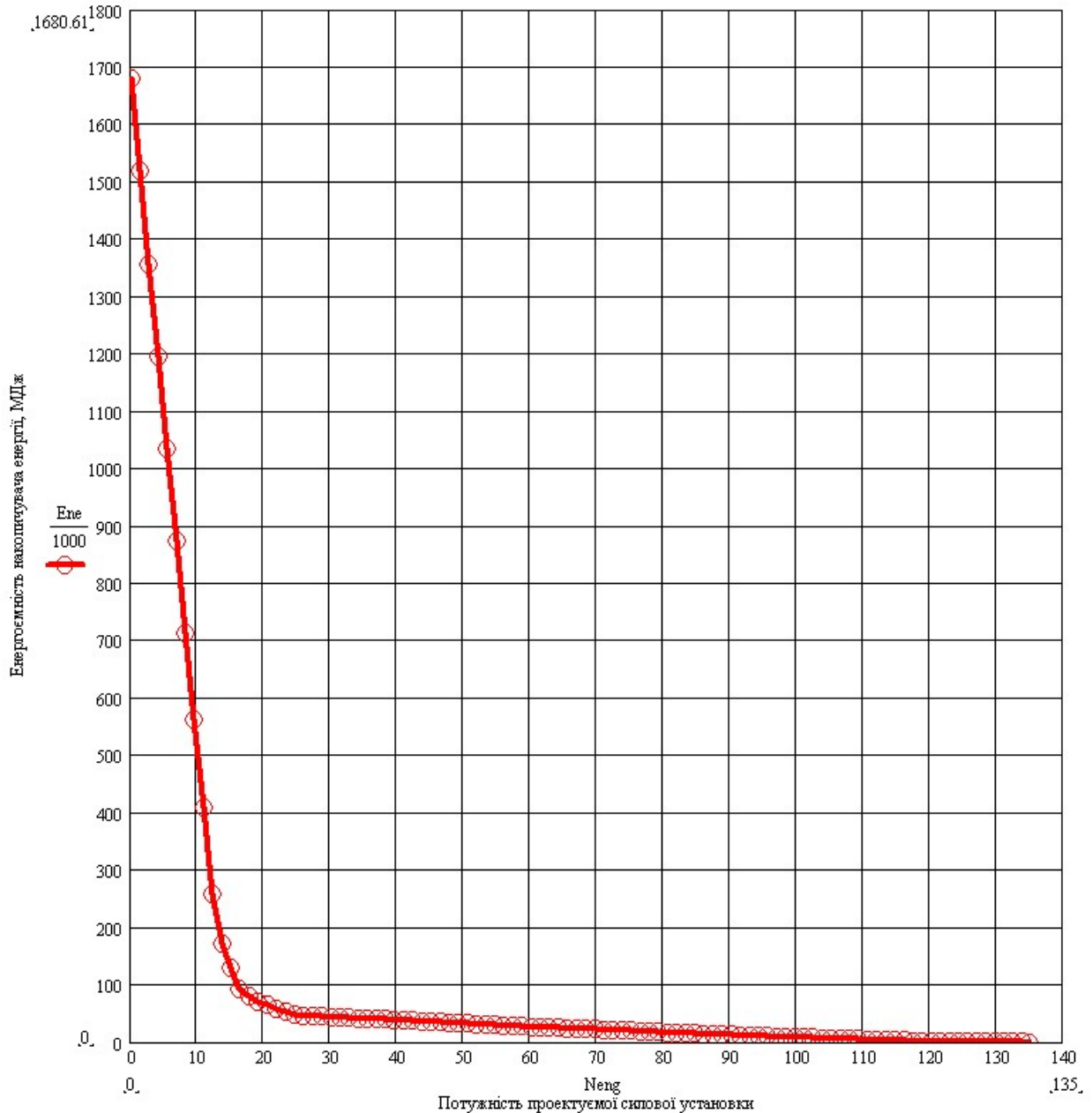


Рисунок 6. – Залежність енергосможності накопичувача енергії E_{ne} від потужності обраної силової установки N_{eng} для заданого режиму роботи

Обираючи тип накопичувача, потрібно також враховувати його масо-габаритні показники. Тому виникає необхідність у розрахунку граничної енергосможності накопичувачів енергії, яка обмежується вільним простором тепловозу. Для цього необхідно знати їх питому вагу і ємність.

В таблиці 1 наведено питомі показники різноманітних накопичувачів енергії.

Таблиця 1. – Питомі показники накопичувачів енергії

Тип накопичувача	Питома маса, кг/кДж	Питомий об'єм, л/кДж
Конденсатор ООО «МНПО Эконд»	0,37	0,19
Електрохімічний конденсатор «Эсма»	0,068	0,0465
Маховичний	0,0042	0,0009
Нікель-кадмієвий акумулятор	0,021	0,012
Літій-іонний акумулятор	0,0003	0,001

На основі цих показників, а також за умови обмеження вільного простору тепловозу ЧМЭЗ, було розраховано граничну енергоємність різноманітних накопичувачів енергії. Результати розрахунку наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. – Результати розрахунку граничної енергоємності різноманітних накопичувачів енергії для тепловозу ЧМЕЗ.

Тип накопичувача	Енергоємність за типом обмеження, МДж	
	За масою	За об'ємом
Конденсатор ООО «МНПО Эконд»	54	211
Електрохімічний конденсатор «Эсма»	294	860
Маховичний	4761	44444
Нікель-кадмієвий акумулятор	952	3333
Літій-іонний акумулятор	66667	40000

Із порівняння розрахунків, які наведено у таблиці 2 і на рисунку 6, виходить, що для локомотиву ЧМЕЗ можна обрати будь-який із вищенаведених накопичувачів за умови їх масо-габаритних параметрів.

Висновки.

- 1) Проведений аналіз роботи існуючих маневрових тепловозів.
- 2) Розроблена модель розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею, процедура, алгоритм та на основі їх програма цього розрахунку.
- 3) Обґрунтовано доцільність використання різноманітних накопичувачів енергії за умови їх масо-габаритних параметрів.
- 4) В подальшому необхідно розробити модель визначення оптимальних параметрів маневрового тепловозу із гібридною передачею, виходячи з економічної ефективності цього заходу.

Список літератури

1. Коссов Е. Е., Азаренко В. А., Комарицкий М. М. К вопросу выбора мощностных характеристик перспективного автономного тягового подвижного состава // Транспорт Российской Федерации. — 2007. — № 10. — С. 20-21.
2. Гулиа Н.В. Накопители энергии. - М.: Наука, 1980, с.137-138.
3. Фалендыш А.П., Володарец Н.В. Оценка технического уровня маневровых тепловозов с гибридной передачей // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.– №5(147) 2010. – С. 134-141.
4. Конструкция, расчет и проектирование локомотивов: Учеб. для студентов ВУЗов/ Под ред. А.А. Камаева. – М.: Машиностроение, 1981. – 351с.
5. Конструкция и динамика тепловозов. – 2-е изд., доп.; Под. ред. В.Н. Иванова – М.: Транспорт, 1974. – 336 с.
6. Механическая часть тягового подвижного состава: Учеб. Для вузов ж.-д. т-та. / И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак и др.; Под ред. И.В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. -440 с.
7. Фалендиш А.П., Володарець М.В. Розробка моделі розрахунку техніко-економічних параметрів маневрового тепловозу із застосуванням гібридної тяги // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2010. - №23. – С. 125-156-162.