

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

ТКАЧЕНКО С.Г.
ХОМЕНКО В.С.
АВДЮНІН Р.Ю.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДИЗЕЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНИХ СУДЕН

Методичні вказівки
до виконання розділу дипломного проекту
студентів спеціальностей 135 «Суднобудування»
(спеціалізації «Суднові енергетичні установки та устаткування»
та «Експлуатація, випробування та монтаж СЕУ»);
142 «Енергетичне машинобудування» (спеціалізація «Двигуни внутрішнього згорання»)
денної та заочної форм навчання



Миколаїв
Видавець Торубара В. В.
2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

ТКАЧЕНКО С.Г.
ХОМЕНКО В.С.
АВДЮНІН Р.Ю.

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ
ПРОВЕДЕНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ
ДИЗЕЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ
ТРАНСПОРТНИХ СУДЕН**

Методичні вказівки
до виконання розділу дипломного проекту
студентів спеціальностей 135 «Суднобудування»
(спеціалізації «Суднові енергетичні установки та устаткування»
та «Експлуатація, випробування та монтаж СЕУ»);
142 «Енергетичне машинобудування»
(спеціалізація «Двигуни внутрішнього згоряння»)
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв
Видавець Торубара В. В.
2016

УДК 621.436.003.13
ББК 39.455.54.в637
О-93

Укладачі: С. Г. Ткаченко, к. т. н., доцент
В. С. Хоменко, викладач
Р. Ю. Авдюнін, викладач

Рецензент: В. С. Наливайко, к. т. н., професор кафедри двигунів
внутрішнього згоряння Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова

О-93 Оцінка ефективності проведеної модернізації дизельної енергетичної
установки транспортних суден : Методичні вказівки до виконання розділу
дипломного проекту студентів спеціальностей 135 «Суднобудування» (спе-
ціалізації «Суднові енергетичні установки та устаткування») та «Експлуата-
ція, випробування та монтаж СЕУ»); 142 «Енергетичне машинобудування»
(спеціалізація «Двигуни внутрішнього згоряння») денної та заочної форм
навчання / С. Г. Ткаченко, В. С. Хоменко, Р. Ю. Авдюнін. — Миколаїв : ви-
давець Торубара В. В., 2016. — 24 с.

У методичних вказівках наведена методика розрахунку техніко-економічної
ефективності експлуатації судна після модернізації суднової енергетичної уста-
новки. Ця методика використовується при виконанні розділу дипломного проекту
«Оцінка ефективності проведеної модернізації СЕУ».

Призначені для студентів Херсонської філії НУК, які навчаються за спеціаль-
ностями 135 «Суднобудування» (спеціалізації «Суднові енергетичні установки та
устаткування») та «Експлуатація, випробування та монтаж СЕУ»); 142 «Енергетичне
машинобудування» (спеціалізація «Двигуни внутрішнього згоряння»).

УДК 621.436.003.13

ББК 39.455.54.в637

© Ткаченко С. Г., Хоменко В. С., Авдюнін Р. Ю., 2016

На в ч а л ь н е в и д а н н я

ТКАЧЕНКО Станіслав Григорович
ХОМЕНКО Вікторія Станіславівна
АВДЮНІН Роман Юрійович

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДИЗЕЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНИХ СУДЕН

Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту студентів
спеціальностей 135 «Суднобудування» (спеціалізації «Суднові енергетичні
установки та устаткування») та «Експлуатація, випробування та монтаж СЕУ»);
142 «Енергетичне машинобудування» (спеціалізація «Двигуни внутрішнього
згоряння») денної та заочної форм навчання

Комп'ютерне складання та верстання В. В. Торубара
Коректор О. С. Торубара

Формат 60×84^{1/16}. Умов. друк. арк. 2,0. Тираж 100 пр. Зам. №28/16.

Видавець та виготовлювач Торубара В. В.

вул. Наваринська, 5–17, м. Миколаїв, 54001, тел.: (067) 800-70-70
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4626 від 9.10.2013

ВСТУП

Запропоновані методичні вказівки містять методику розрахунку ефективності експлуатації транспортного судна виключно при модернізації, а не при створенні нової дизельної установки. При такому варіанті значно спрощуються розрахунки і зменшується їх обсяг, а також підвищується достовірність результатів.

Сучасне судно — це складна плавуча структура, що являє собою сукупність великої кількості різних механізмів, апаратів, систем тощо.

Проведення техніко-економічного обґрунтування такого транспортного судна є вкрай складним і виходить за межі студентської роботи. Такі розрахунки більш доцільно проводити у спеціальних відділах, що займаються проектуванням. Навіть у такому разі висококваліфіковані спеціалісти не можуть гарантувати достатню точність розрахунків.

Такий спосіб техніко-економічної оцінки судна є характерним при створенні судна з нуля, тобто при проектування нового судна.

У сфері навчальних закладів практично провести більш-менш точні розрахунки не є можливим. У зв'язку з цим в учбових цілях слід оцінювати ефективність модернізації СДУ методом «зіставлення».

Цей метод має такі особливості та переваги:

- метод базується на основі вже створених суден;
- можливість коригування об'єму розрахунків та зменшення терміну їх виконання;
- метод задовольняє спеціалістів (магістрів), що навчаються за спеціальностями 135 «Суднобудування» (спеціалізація «Суднові енергетичні установки та устаткування») і «Експлуатація, випробування та монтаж СЕУ») та 142 «Енергетичне машинобудування» (спеціалізація «Двигуни внутрішнього згоряння»);
- розрахунок за наведеним методом виконується у зручній табличній формі.

Слід звернути увагу:

- розрахунок більш орієнтовано для оцінки ефективності СДУ у ХФНУК;
- при визначенні доходу використовується поняття «питома фрахтова ставка», а не «абсолютна фрахтова ставка», що, на наш погляд, є більш доцільним;
- отриманий прибуток не є абсолютним, а лише вказує на зміну його при модернізації.

Методичні вказівки містять всі пояснення до наведеного методу. Наведено графіки, таблиці та приклад розрахунку за методикою з кінцевими результатами. Це дозволяє студентам уникнути помилок.

ЗАГАЛЬНА РОЗРАХУНКОВА СХЕМА

Основою для розрахунку є відомий вираз для визначення прибутку при експлуатації судна, тис. у.о./рік:

$$\Pi = D - \left(B + \frac{K}{T_{\text{ок}}} \right), \quad (1)$$

де D — доход при експлуатації, тис. у.о./рік;

B — експлуатаційні витрати, тис. у.о./рік;

$T_{\text{ок}}$ — прийнятий період окупності капітальних вкладень, років;

K — капітальні витрати при побудові судна, тис.у.о.

У нашому випадку:

— для базового судна формула (1) має вигляд:

$$\Pi_{\text{б}} = D_{\text{б}} - \left(B_{\text{б}} + \frac{K_{\text{б}}}{T_{\text{ок}}} \right); \quad (2)$$

— для судна після модернізації:

$$\Pi_{\text{м}} = D_{\text{м}} - \left(B_{\text{м}} + \frac{K_{\text{б}}}{T_{\text{ок}}} + \frac{K_{\text{м}}}{T_{\text{ок}} - T_{\text{м}}} \right),$$

де «б» та «м» — індекси для суден відповідно до і після модернізації;

$T_{\text{м}}$ — період, який відпрацювало судно до проведення модернізації, років;

$K_{\text{м}}$ — капітальні витрати, які були понесені при модернізації ($K_{\text{м}}$ включає як вартість нового обладнання, так і вартість робіт з його встановлення).

Приблизний склад $K_{\text{м}}$ наступний:

$$K_{\text{м}} = \Pi_{\text{ГД}} + \Pi_{\text{ДГР}} + \Pi_{\text{ДК}} + \Pi_{\text{УК}} + \Pi_{\text{ВГ}} + \Pi_{\text{Оу}}, \quad (3)$$

де $\Pi_{\text{ГД}}$ — ціна головного двигуна (ГД), тис. у.о.;

$\Pi_{\text{ДГР}}$ — ціна допоміжних дизель-генераторів (ДДГ), тис. у.о.;

$\Pi_{\text{ДК}}$ — ціна допоміжних котлів (ДК), тис. у.о.;

$\Pi_{\text{УК}}$ — ціна утилізаційних котлів (УК), тис. у.о.;

C_{BG} — ціна валогенераторів (ВГ), тис. у.о.;

C_{Oy} — ціна водоопріснювальної установки (ВОУ), тис. у.о.

Примітка.

1. Кількість обладнання, яке встановлюється, може бути більшим, ніж наведено в формулі (3).

2. Якщо немає даних щодо вартості монтажу обладнання, то слід обмежитись тільки його ціною або ввести надбавку до ціни в межах 10...20 відсотків від його вартості.

Для оцінки ефективності проведеної модернізації слід визначити зміну прибутку за рахунок цієї модернізації:

$$\Delta\Pi = \Pi_m - \Pi_6 = \left(D_m - B_m + \frac{K_6}{T_{ок}} - \frac{K_m}{T_{ок} - T_m} \right) - \left(D_6 - B_6 + \frac{K_6}{T_{ок}} \right) = (D_m - D_6) - (B_m - B_6) - \frac{K_m}{T_{ок} - T_m}. \quad (4)$$

Пояснимо структуру складових, які входять до формули (4). При цьому індекси «б» та «м» опускаємо у зв'язку з ідентичною структурою складових, що розглядаються.

При визначенні D та B більш зручно рахувати ці величини, відносячи їх до одного рейсу, а потім перераховувати на рік.

Таким чином, дохід за рейс розраховується за формулою:

$$D^p = (PC)_p \cdot (\overline{FC}) \cdot l_p, \quad (5)$$

де $(PC)_p$ — провозоспроможність судна, тис. т/рейс;

$(\overline{FC})$ — питома фрахтова ставка, у.о./(т·миля);

l_p — довжина рейсової лінії, милі.

В такому разі дохід при експлуатації судна протягом одного рейсу буде однаковим для судна до і після модернізації, тобто

$$D_m^p = D_6^p = D^p. \quad (6)$$

Експлуатаційні витрати за рейс дорівнюють:

$$B^p = B_{пл} + B_{мс} + B_{xp} + B_{зп} + B_{ам} + B_{pm} + B_{нв} + B_{мп} + B_{нп} + B_{сз} + B_{ез}, \quad (7)$$

де $B_{пл}$ — витрати на паливо, тис. у.о./рейс;

$B_{мс}$ — витрати на мастила, тис. у.о./рейс;

B_{xp} — витрати на харчування екіпажу, тис. у.о./рейс;

$B_{зп}$ — витрати на заробітну плату екіпажу, тис. у.о./рейс;

$B_{ам}$ — витрати на амортизаційні відрахування, тис. у.о./рейс;

$V_{\text{рм}}$ — витрати на поточний ремонт, тис. у.о./рейс;
 $V_{\text{нв}}$ — витрати на навігаційне обслуговування, тис. у.о./рейс;
 $V_{\text{мп}}$ — витрати на матеріально-технічне постачання, тис. у.о./рейс;
 $V_{\text{нп}}$ — непрямі витрати, тис. у.о./рейс;
 $V_{\text{сз}}$ — витрати на страховий збір, тис. у.о./рейс;
 $V_{\text{ез}}$ — витрати на екологічні збори, тис. у.о./рейс.

Розглядаючи перелік експлуатаційних витрат, беремо до уваги, що проводиться модернізація тільки енергетичної установки. При цьому більшість складових у рівнянні (7) для судна до і після модернізації практично не змінюються, тобто

$$\begin{aligned}
 V_{\text{хр}} &= V_{\text{мхр}}; V_{\text{бзп}} = V_{\text{мзп}}; V_{\text{бам}} = V_{\text{мам}}; V_{\text{брм}} = V_{\text{мрм}}; V_{\text{бнв}} = V_{\text{мнв}}; \\
 V_{\text{бмп}} &= V_{\text{ммп}}; V_{\text{бнп}} = V_{\text{мнп}}; V_{\text{бсз}} = V_{\text{мсз}}.
 \end{aligned}$$

У такому разі при модернізації СЕУ серед всіх можливих витрат на експлуатацію змін зазнають тільки витрати на паливо-мастильні матеріали та витрати на екологічний збір за період рейсу.

$$V_{\text{м}}^{\text{р}} - V_{\text{б}}^{\text{р}} = (V_{\text{мпл}} - V_{\text{бпл}}) + (V_{\text{mmc}} - V_{\text{бмс}}) + (V_{\text{мез}} - V_{\text{без}}), \quad (8)$$

де $V_{\text{м}}^{\text{р}}$, $V_{\text{б}}^{\text{р}}$ — експлуатаційні витрати після і до модернізації СЕУ, тис. у.о./рейс;

$V_{\text{мпл}}$, $V_{\text{бпл}}$ — експлуатаційні витрати на паливо після і до модернізації СЕУ, тис. у.о./рейс;

V_{mmc} , $V_{\text{бмс}}$ — експлуатаційні витрати на масло після і до модернізації СЕУ, тис. у.о./рейс;

$V_{\text{мез}}$, $V_{\text{без}}$ — витрати на екологічні збори після і до модернізації СЕУ, тис. у.о./рейс.

Витрати (відрахування) на окупність обладнання, яке встановлено при модернізації СЕУ, у рівнянні (4), оцінюється складовою

$$\frac{K_{\text{м}}}{T_{\text{ок}} - T_{\text{м}}},$$

де $K_{\text{м}}$ — капітальні витрати при модернізації, тис. у.о.;

$T_{\text{ок}}$ — період окупності всього судна, рік;

$T_{\text{м}}$ — період роботи судна до модернізації, рік.

У такому випадку зміна прибутку за рахунок модернізації СЕУ в перерахунку на рік буде:

$$\begin{aligned}
 \Delta\P &= (\Pi\text{С})_{\text{р}} \cdot (\overline{\Phi\text{С}}) \cdot l_{\text{р}} \cdot (n_{\text{мр}} - n_{\text{бр}}) - (V_{\text{мпл}}^{\text{р}} \cdot n_{\text{мр}} - V_{\text{бпл}}^{\text{р}} \cdot n_{\text{бр}}) - \\
 &\quad (V_{\text{mmc}}^{\text{р}} - V_{\text{бмс}}^{\text{р}}) \cdot n_{\text{мр}} - (V_{\text{мез}}^{\text{р}} - V_{\text{без}}^{\text{р}}) \cdot n_{\text{бр}} - \frac{K_{\text{м}}}{T_{\text{ок}} - T_{\text{м}}}, \quad (9)
 \end{aligned}$$

де $n_{\text{мр}}$ — кількість рейсів судна після модернізації, рейс/рік;

$n_{бр}$ — кількість рейсів судна до модернізації, рейс/рік.

Слід додатково підкреслити, що вираз (9) визначає різницю між річним прибутком судна після і до модернізації СЕУ.

Нижче наведена схема практичних розрахунків, які представлені у формі таблиць, що є більш наглядним та скорочує обсяг розрахунків.

Самі розрахунки виконані для конкретного судна (судна-контейнеровоза типу EMMA MAERSK з прямою передачею потужності ($N_e = 80100$ кВт, $D = 218800$ т)), що дає можливість контролювати хід розрахунків та запобігти грубим помилкам.

По ходу проведення розрахунків у таблицях наведені посилання, в яких вибираються певні вихідні дані (колонка 5).

При виконанні розрахунків за запропонованою методикою слід звернути увагу на наступне:

- у результаті розрахунку ефективності проведеної модернізації дизельної енергетичної установки ми отримаємо величину не повного прибутку при експлуатації судна, а тільки його зміну (див. п. 43 на с. 14). Зміна прибутку може бути позитивною або негативною. При зменшенні прибутку (негативна) — модернізація недоцільна, або треба змінити строк експлуатації судна до початку модернізації у меншу сторону, що пов'язано зі значними капітальними витратами на нове обладнання. Під кінець строку експлуатації судна модернізацію проводити недоцільно. Як правило, більш доцільно проводити модернізацію СЕУ судна на першій половині строку його експлуатації;

- при розрахунку доходу вперше приймається поняття «питома фрахтова ставка», яке враховує не тільки вартість переміщення тонн вантажу, але й довжину рейсової лінії;

- основними витратами при експлуатації судна є паливо-мастильні матеріали, ціна яких постійно змінюється в залежності від світової динаміки цін на нафту. Ці коливання за останні 5...10 років знаходились в межах +38 %. Якщо відсутні надійні дані щодо ціни на паливо, то в розрахунках рекомендується приймати ціни за один-два роки;

- при відсутності надійних даних з вартості головних та допоміжних двигунів слід орієнтуватись на рекомендації: $\Pi_{\text{мод}} \approx 250$ у. о. /кВт; $\Pi_{\text{сод}} \approx 200$ у. о. /кВт;

- вартість іншого обладнання (крім ГД та ДД) слід приймати за даними фірм-виробників або орієнтуватись на ціни подібного обладнання відомих фірм.

Таблиця 1. Вибір та обґрунтування вихідних даних для розрахунків по устаткуванню, яке демонтується та встановлюється в процесі модернізації СЕУ

Найменування устаткування та його характеристика						
1	2	3	4	5	6	7
Головний двигун	Марка	-	-	приймається	14RTflex96C	12K108ME-C6
	Потужність	N_e	кВт	приймається	72072	72090
	Частота обертання колінчастого вала	n	хв ⁻¹	приймається	100,8	90,14
	Питома витрата умовного палива	g_{cy}	кг/(кВт·год.)	приймається	0,166	0,165
	Питома витрата циркуляційного масла	$g_{мц}^{пл}$	кг/(кВт·год.)	приймається	0,0002	0,0002
	Питома витрата циліндрового (лубрікаторного) масла	$g_{мц}^{гд}$	кг/(кВт·год.)	приймається	0,00075	0,0007
	Вартість двигуна	$C_{дл}$	тис. у.о.	додаток 1, 1а	38 850	38 950
	Марка високов'язкого палива (ВВП)	RNK	-	приймається	RNK ($\rho = 991 \text{ кг/м}^3$)	RNK ($\rho = 991 \text{ кг/м}^3$)
	Марка малов'язкого палива (МВП)	ГОСТ 305-82	-	приймається	“Л”	“Л”
	Вартість ВВП	$C_{ввп}$	тис. у.о./т	додаток 2	0,40	0,40
Головний двигун	Вартість МВП	$C_{мвп}$	тис. у.о./т	додаток 2	0,65	0,65
	Вартість циркуляційного масла	$C_{мц}$	тис. у.о./т	додаток 2	4	4
	Вартість циліндрового (лубрікаторного) масла	$C_{мц}$	тис. у.о./т	додаток 2	6,4	6,4

Продовження табл. 1

	Найменування устаткування та його характеристика	Позначення	Одиниці вимірювання	Джерело	Базове судно	Після модернізації
1	2	3	4	5	6	7
Дизель-генератор	Марка первинного двигуна дизель-генераторів	–	–	приймається	9M32C (за проектом)	8L32/40
	Електрична потужність дизель-генераторів та їх кількість	P	кВт	за розрахунками СЕС	5x4150	5x3860
	Потужність первинного двигуна у складі дизель-генератора*	$N_e^{дд}$	кВт	за документацією	5x4320	5x4000
	Питома витрата умовного палива	$g_{ey}^{дд}$	кг/(кВт·годину)	за документацією	0,179	0,180
	Питома витрата циркуляційного масла	$g_{mc}^{дд}$	кг/(кВт·годину)	за документацією	0,0015	0,001
	Вартість дизель-генератора**	$\Pi_{дгр}$	тис. у.о.	додаток 2	5x3050	5x3000
	Навантаження електричної станції на ходовому режимі	P_x	кВт	Розділ IV ДП	6400	6400
	Навантаження електростанції на стоянці з вантажними операціями	$P_{ст1}$	кВт	Розділ IV ДП	5440	5440
	Навантаження електростанції на стоянці без вантажних операцій	$P_{ст2}$	кВт	Розділ IV ДП	5320	5320
	ККД електричних генераторів	η_r	–	приймається	0,96	0,965
Допоміжний котел	Марка	–	–	приймається	AQ 10/12 W	AQ 10/12 W
	Тиск насиченої пари	P_s	МПа	по документації	0,7	0,7
	Температура пари	t_s	°C	по документації	180	180
	Годинна витрата палива допоміжним котлом	$g_{вип}^{дк}$	кг/годину	специфікація	450	450
	Вартість допоміжного котла	$\Pi_{дк}$	тис. у.о.	не змінюється	1150	1150

* Або за формулою $N_e^{дд} \approx \frac{P}{\eta_{ег}}$, де $\eta_{ег} \approx 0,96...0,965$ — ККД електрогенератора.

** Вартість дизель-генераторів можна прийняти $\Pi_{дгр} \approx (1,7...2,0) \cdot 150 \cdot N_e^{дд}$.

Закінчення табл. 1

1	Найменування устаткування та його характеристика	Позначення	Одиниці вимірювання	Джерело	Базове судно	Після модернізації
Утилізаційний котел високого тиску	Марка	3	4	5	6	7
	Тиск насиченої пари	P_s	МПа	приймається за документацією	AV-6N	AV-6N
	Температура пари	t_s	°C	за документацією	1,06	1,06
	Вартість утилізаційного котла	$\Pi_{\text{ук}}$	тис. у.о.	за документацією	194	194
Утилізаційний котел низького тиску	Марка	—	—	не змінюється	7050	7050
	Тиск насиченої пари	P_s	МПа	приймається за документацією	AV-6N	AV-6N
	Температура пари	t_s	°C	за документацією	0,39	0,39
	Вартість утилізаційного котла	$\Pi_{\text{ук}}$	тис. у.о.	за документацією	142	142
Допоміжний котел	Марка	—	—	не змінюється	2020	2020
	Продуктивність	$G_{\text{оп}}$	т/добу	приймається за документацією	DPU-36-C125	DPU-36-C125
	Вартість	$\Pi_{\text{оп}}$	тис. у.о.	за документацією	36	36
Опрісновальна установка	Марка	—	—	не змінюється	760	760
	Продуктивність	$G_{\text{ов}}$	т/добу	приймається за документацією	DPU-36-C125	DPU-36-C125
	Вартість	$\Pi_{\text{ов}}$	тис. у.о.	за документацією	36	36
				не змінюється	760	760

Таблиця 2. Вихідні дані, пов'язані з особливостями судна та умовами його експлуатації

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниці вимірювання	Джерело	До модернізації	Після модернізації
1	Водотоннажність судна	D	тис. т.	EMMA MAERSK Специфікація	218,8	218,8
2	Делвейт судна	D_w	тис. т.	Із технічної документації по судну	158,2	158,2
3	Вантажопідйомність судна	$P_{вп}$	тис. т.	Із технічної документації по судну	60,6	60,6
4	Експлуатаційна швидкість ходу судна	V_s^e	вуз.	Технічна документація по проекту	24,10	24,19
5	Довжина рейсової лінії	l_p	милі	приймається	22500	22500
6	Час стоянки судна з вантажними операціями	$\tau_{ст1}$	діб	[2,3]	2	2
7	Час стоянки судна без вантажних операцій	$\tau_{ст2}$	діб	[2,3]	2	2
8	Тривалість маневрів	$T_{ман}$	діб	[2,3]	0,3	0,3
9	Питома фрахтова ставка*	ΦC	у.о./ (т·міль)	[2,3]	0,0125	0,0125
10	Нижча теплота згоряння палива	Q_H	кДж/кг	Для палива RNK	39000	39000
11	Середньо-експлуатаційна кількість робочих діб за рік	$n_{се}$	діб/рік	додаток 7	335	335
12	Норматив екологічного збору	$H_{е.з.}$	у.о./т	додаток 5	4,5	4,5
13	Коефіцієнт, враховуючий чисельність населення в районі	$K_{нас}$	–	додаток 6	1,2	1,2
14	Коефіцієнт, враховуючий тип населеного пункту	$K_{ф}$	–	додаток 6	1,25	1,25
15	Окупність судна	$T_{ок}$	рік	приймається	5	5
16	Час, відпрацьований судном до модернізації	T_m	рік	приймається	3,5	0

* Питома фрахтову ставку слід розраховувати, використовуючи величину абсолютної фрахтової ставки (додатки 3, 4), або для усіх типів суден $\Phi C \approx 0,0025...0,003$ у.о./ (т·міль).

Таблиця 3. Розрахунок змін доходу, витрат та прибутку при експлуатації суден з різними СЕУ

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниці вимірювання	Джерело або формула	До модернізації	Після модернізації
1	Тривалість ходового режиму	τ_x	діб	$I_p/(V_s^e \times 24)$	38,9	38,75
2	Тривалість рейсу	T_p	діб	$\tau_x + \tau_{ct1} + \tau_{ct2} + \tau_{ман}$	43,2	43,05
3	Провозоспроможність судна за рейс	$(ПС)^p$	ТЕУ	$(ПС)^p = P_{вп}$	20900	20900
4	Дохід, отриманий при експлуатації судна за рейс	D^p	тис. уо./рейс	$(ПС)^p(\Phi C) \cdot I_p$	5878	5878
5	Питома ефективна витрата високов'язкого палива головним двигуном	$g_{ex}^{гд}$	кг/(кВт·год.)	$(42700/Q_H) g_{ex}^{гд}$	0,1818	0,1806
6	Витрата палива головним двигуном за ходовий час	$G_x^{гд}$	т/рейс	$g_{ex}^{гд} \cdot N_e^p \cdot \tau_x \cdot 10^{-3} \cdot 24$	12232,7	12108,1
7	Питома ефективна витрата малов'язкого палива допоміжними двигунами	$g_{свп}^{гд}$	кг/(кВт·год.)	Специфікація судна	0,166	0,165
8	Кількість та потужність допоміжних двигунів на ходовому режимі	$N_{ex}^{гд}$	кВт	$0 \times (P_x/\eta_r)$	-	-
9	Кількість та потужність допоміжних двигунів на стояночному режимі з вантажними операціями	$N_{сст2}^{гд}$	кВт	$2 \times (P_{сст2}/\eta_r)$	5782	5752
10	Кількість та потужність допоміжних двигунів на стояночному режимі без вантажними операціями	$N_{сст1}^{гд}$	кВт	$2 \times (P_{сст1}/\eta_r)$	5655	5625
11	Питома ефективна витрата високов'язкого палива допоміжними двигунами	$g_{свп}^{гд}$	кг/(кВт·год.)	$(42700/Q_H) g_{ex}^{гд}$	0,193	0,194
12	Витрата малов'язкого палива допоміжними двигунами за ходовий час	$G_{хвп}^{гд}$	т/ход. час	$g_{свп}^{гд} \cdot N_{ex}^{гд} \cdot \tau_x \cdot 10^{-3} \cdot 24$	-	-
13	Витрата високов'язкого палива допоміжними двигунами за ходовий час	$G_{хвп}^{гд}$	т/ход. час	$g_{свп}^{гд} \cdot N_{сст2}^{гд} \cdot \tau_x \cdot 10^{-3} \cdot 24$	-	-
14	Витрата малов'язкого палива допоміжними двигунами на стоянці з вантаж. операціями	$G_{сст1}^{гд}$	т/рейс	$g_{свп}^{гд} \cdot N_{сст1}^{гд} \cdot \tau_{сст1} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	-	-
15	Витрата високов'язкого палива допоміжними двигунами на стоянці з вантаж. операціями	$G_{сст1}^{гд}$	т/рейс	$g_{свп}^{гд} \cdot N_{сст1}^{гд} \cdot \tau_{сст1} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	53,48	53,51

* Примітка. З метою спрощення розрахунків на різних режимах роботи судна приймається що потужність кожного з встановлених допоміжних двигунів викорис-товується на 100 %, що незначно збільшить розрахункові запаси палива

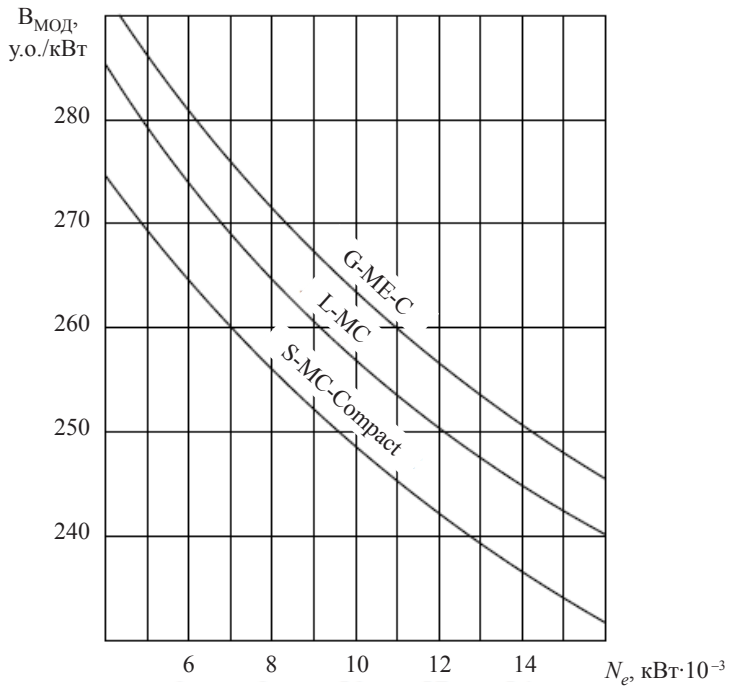
№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниці вимірювання	Джерело або формула	До модернізації	Після модернізації
16	Витрати малов'язкого палива допоміжними двигунами на стоянці без вантаж. операцій	$G_{\text{ст2}}^{\text{дл}} \cdot \Pi_{\text{ввп}}$	т/рейс	$g_{\text{еввп}}^{\text{дл}} \cdot N_{\text{ест2}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{ст2}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	—	—
17	Витрати високов'язкого палива допоміжними двигунами на стоянці без вантаж. операцій	$G_{\text{ст2}}^{\text{дл}} \cdot \Pi_{\text{ввп}}$	т/рейс	$g_{\text{еввп}}^{\text{дл}} \cdot N_{\text{ест2}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{ст2}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	52,31	52,31
18	Витрати палива допоміжними котлами за ходовий час	$G_{\text{ввп}}^{\text{дл}}$	т/ход. час	$g_{\text{ввп}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{х}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	—	—
19	Витрати палива допоміжними котлами на стоянці з вантажними операціями	$G_{\text{ст1}}^{\text{дл}} \cdot \Pi_{\text{ввп}}$	т	$g_{\text{ввп}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{ст1}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	21,6	21,6
20	Витрати палива допоміжними котлами на стоянці без вантажних операцій	$G_{\text{ст2}}^{\text{дл}} \cdot \Pi_{\text{ввп}}$	т	$g_{\text{ввп}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{ст2}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	21,6	21,6
21	Витрата високов'язкого палива за рейс	$G^{\text{р}}$	т/рейс	$G_{\text{х}}^{\text{дл}} + G_{\text{х}}^{\text{дл}} + G_{\text{ст1}}^{\text{дл}} + G_{\text{ст2}}^{\text{дл}} + G_{\text{х}}^{\text{дл}} + G_{\text{х}}^{\text{дл}} + G_{\text{ст1}}^{\text{дл}} + G_{\text{ст2}}^{\text{дл}}$	12381,7	12257,1
22	Витрата малов'язкого палива за рейс	$G_{\text{ввп}}^{\text{р}}$	т/рейс	$G_{\text{х}}^{\text{дл}} + G_{\text{ст1}}^{\text{дл}} + G_{\text{ст2}}^{\text{дл}}$	—	—
23	Витрати на високов'язке паливо за рейс	$V_{\text{ввп}}^{\text{р}}$	тис. у.о./рейс	$G_{\text{ввп}}^{\text{р}} \cdot \Pi_{\text{ввп}}$	4952,7	4902,8
24	Витрати малов'язкого палива за рейс на загально-суднові потреби	$G_{\text{ввп}}^{\text{р2}}$	т/рейс	$0,02 \cdot G_{\text{ввп}}^{\text{р}}$	247,6	245,1
25	Витрати на малов'язке паливо за рейс	$V_{\text{ввп}}^{\text{р}}$	тис. у.о./рейс	$(G_{\text{ввп}}^{\text{р1}} + G_{\text{ввп}}^{\text{р2}}) \cdot \Pi_{\text{ввп}}$	160,9	159,3
26	Витрати циркуляційного масла головним двигуном за рейс	$G_{\text{дл}}^{\text{гд}}$	т/рейс	$N_{\text{е}}^{\text{гд}} \cdot g_{\text{дл}}^{\text{гд}} \cdot \tau_{\text{х}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	9,773	9,557
27	Витрати на циркуляційне масло для головного двигуна за рейс	$V_{\text{дл}}^{\text{гд}}$	тис. у.о./рейс	$G_{\text{дл}}^{\text{гд}} \cdot \Pi_{\text{дл}}^{\text{гд}}$	39,09	38,23
28	Витрати циліндрового масла головним двигуном за рейс	$G_{\text{дл}}^{\text{гд}}$	т/рейс	$N_{\text{е}}^{\text{гд}} \cdot g_{\text{дл}}^{\text{гд}} \cdot \tau_{\text{х}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	50,46	46,93
29	Витрати на циліндрове масло для головного двигуна за рейс	$V_{\text{дл}}^{\text{гд}}$	тис. у.о./рейс	$G_{\text{дл}}^{\text{гд}} \cdot \Pi_{\text{дл}}^{\text{гд}}$	322,94	300,35
30	Витрати циркуляційного масла допоміжними двигунами за рейс	$G_{\text{дл}}^{\text{дл}}$	т/рейс	$g_{\text{дл}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{х}} + N_{\text{ест1}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{ст1}} + N_{\text{ест2}}^{\text{дл}} \cdot \tau_{\text{ст2}} \cdot 10^{-3} \cdot 24$	0,549	0,546
31	Витрати на циркуляційне масло для допоміжних двигунів за рейс	$V_{\text{дл}}^{\text{дл}}$	тис. у.о./рейс	$G_{\text{дл}}^{\text{дл}} \cdot \Pi_{\text{дл}}^{\text{дл}}$	2,196	2,184

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниці вимірювання	Джерело або формула	До модернізації	Після модернізації
32	Експлуатаційні витрати на паливо за рейс	$V_{пл}^p$	тис. у.о./рейс	$V_{вип}^p + V_{вип}^p$	5113,6	5062,1
33	Експлуатаційні витрати на масло за рейс	$V_{мс}^p$	тис. у.о./рейс	$V_{пл}^{пл} + V_{пл}^{пл} + V_{пл}^{пл}$	364,23	340,76
34	Кількість рейсів за рік	$n_{бр}, n_{мр}$	—	$n_{се}/\tau_p$	8,22	8,25
35	Зміна доходу судна при модернізації СЕУ	ΔD	тис. у.о./рік	$(ПС)P(\Phi C) \cdot 10^{-3} \cdot I_p \cdot (n_{мр} - n_{бр})$	176,34	
36	Зміна витрат на паливо при модернізації	$\Delta V_{пл}$	тис. у.о./рік	$V_{пл}^p \cdot n_{мр} - V_{пл}^p \cdot n_{бр}$	-277,465	
37	Зміна витрат на масло при модернізації	$\Delta V_{мс}$	тис. у.о./рік	$V_{мс}^p \cdot n_{мр} - V_{мс}^p \cdot n_{бр}$	-187,63	
38	Годинна витрата палива СЕУ до модернізації	$G_{пб}$	т/годину	$(g_{себ}^{пл} \cdot N_{себ}^{пл} + g_{себ}^{пл} \cdot N_{себ}^{пл} + G_{себ}^{пл}) \cdot 10^{-3}$	14,27	
39	Годинна витрата палива СЕУ після модернізації	$G_{пл}$	т/годину	$(g_{себ}^{пл} \cdot N_{себ}^{пл} + g_{себ}^{пл} \cdot N_{себ}^{пл} + G_{себ}^{пл}) \cdot 10^{-3}$	14,13	
40	Зміна витрат на екологічний збір за рахунок модернізації СЕУ за рік	$\Delta V_{е.з.}$	тис. у.о./рік	$((G_{пл} - G_{пб}) \cdot N_{е.з.} \cdot K_{ф} \cdot \tau_{е.з.}) \cdot 10^{-3}$	-0,001	
41	Зміна капітальних витрат при модернізації	$\Delta K_{м}$	тис. у.о./рік	$I_{м}^{пл} + I_{м}^{пл} + I_{м}^{пл} + I_{м}^{пл} + I_{м}^{пл} - I_{м}^{пл} - I_{м}^{пл} - I_{м}^{пл} - I_{м}^{пл}$	-150	
42	Зміна витрат на відрядження на окупність при модернізації	$\Delta K_{м}$	тис. у.о./рік	$\Delta K_{м} / (T_{ок} - T_{м})$	-100	
43	Загальна зміна балансового прибутку за рахунок модернізації	$\Delta \Pi_{м}$	тис. у.о./рік	$\Delta D - \Delta V_{пл} - \Delta V_{мс} - \Delta V_{е.з.} - \Delta K_{м}$	417,54	
44	Загальна зміна чистого прибутку з урахуванням податків	$\Delta \Pi_{ч}$	тис. у.о./рік	$0,7 \cdot \Delta \Pi_{м}$	292,28	

ВИСНОВОК

Як показали проведені розрахунки, у разі заміни головного (Wartsila 14RT-flex96C на MAN 12K108ME-C6) та допоміжних (МАК 9М32С на MAN 8L32/40) двигунів на двигуни фірми MAN, які мають дещо вищі показники економічності, працюють на найдешевших сортах палива, підвищується ефективність роботи СЕУ, що підтверджено зростанням річного прибутку після модернізації енергетичної установки ($\Delta\P_{\text{ч}} \approx 262,85$ тис. у.о. за рік)

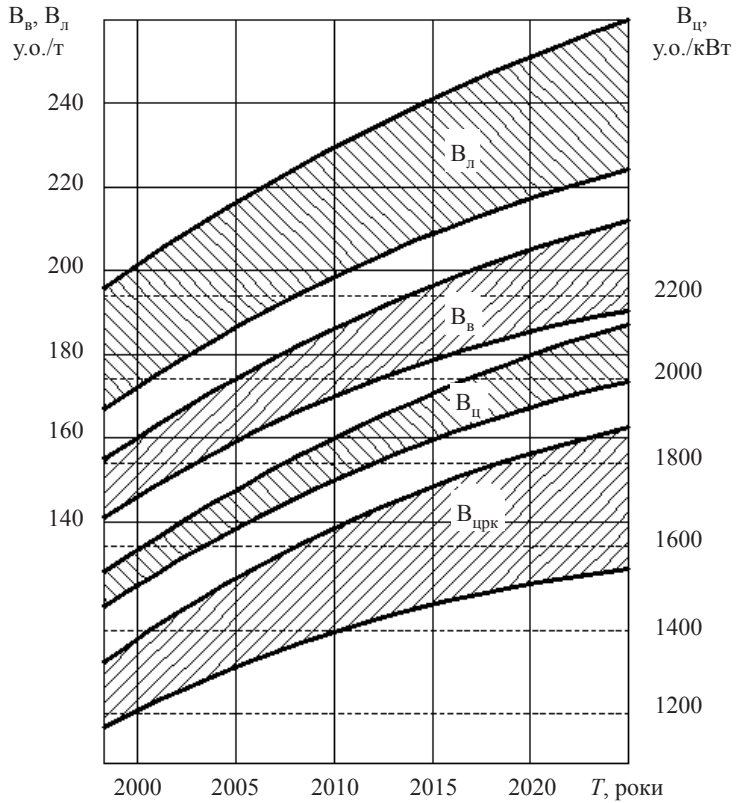
Таким чином, проведена модернізація виправдана.



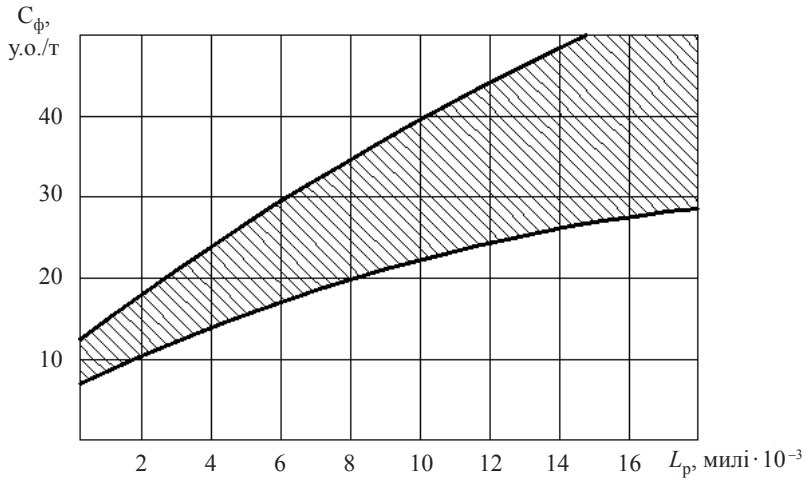
Залежність питомої вартості МОД (B_{MOD}) від його потужності (N_e)

Вартісні показники деяких суднових малооборотових двигунів (станом на 2003 р.)

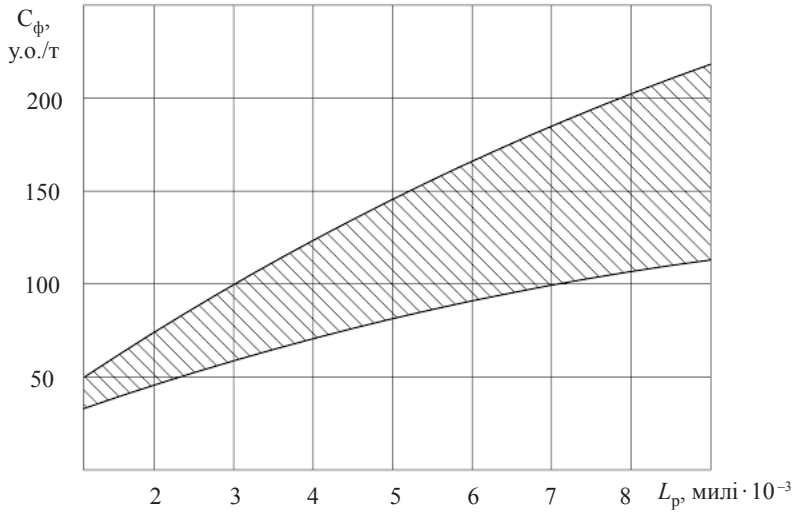
Фірма	Тип двигуна (п'ять циліндрів)	Вартість двигуна, у.о.	Питома вартість двигуна, у.о./кВт	Тип двигуна (шість циліндрів)	Вартість двигуна, у.о.	Питома вартість двигуна, у.о./кВт
MAN B&W, Данія	5S60MC – 10200 кВт 5S60MC-C – 11275 кВт	3.250.000 3.075.000	318,7 272,7	6S60MC – 11520 кВт	3.750.000	325,5
DMR, Німеччина, за ліцензією SULZER	5RTA62U – 11100 кВт, $n=113 \text{ хв}^{-1}$ 5RTA58T – 10000 кВт, $n=103 \text{ хв}^{-1}$	2.925.000 2.825.000	263,5 282,5	6RTA62U – 13320 кВт, $n=113 \text{ хв}^{-1}$ 6RTA58T – 12000кВт, $n=103 \text{ хв}^{-1}$	3.450.000 3.112.500	259 259,4
БМЗ, за ліцензією MAN B&W, Данія	5S60MC – 10120 кВт, $n=105 \text{ хв}^{-1}$ 5S60MC-C	2.525.000 2.880.000	249,5 259,4	6L60MC – 11520 кВт 6S50MC-C – 9480 кВт	2.975.000 2.470.000	2582 260,5
MARCON, Болгарія, за ліцензією WARTSILA-NSD	5S60MC – 10200 кВт 5RTA58T – 10000 кВт, $n=103 \text{ хв}^{-1}$	2.860.000 2.860.000	280,4 286	6S60MC – 12240 кВт 6RTA58T – 12000 кВт, $n=103 \text{ хв}^{-1}$	3.420.000 3.420.000	279,4 285
MARCON, Болгарія, за ліцензією WARTSILA-NSD	5S60MC-C – 11275 кВт	3.009.000	3.009.000			



Ціни на високов'язке ($B_{в}$), малов'язке ($B_{л}$) паливо, циліндрове ($B_{ц}$) та циркуляційне ($B_{црк}$) масло (на 2000 р., $t_0 = 2001.01$)



Залежність ставки фрахту
від відстані транспортування вантажу для балкерів



Залежність ставки фрахту
від відстані транспортування вантажу для транспортних рефрижераторів

**Нормативи збору, що стягуються
за викиди в атмосферу забруднюючих речовин
пересувними джерелами забруднення***

а) Нормативи збору, що стягуються за викиди в атмосферу забруднюючих речовин пересувними джерелами забруднення:

Вид пального	Норматив збору, грн/т
Дизельне пальне	4,5
Бензин:	
етилований	6
неетилований	4,5
Зріджений нафтовий газ	6
Стиснений природний газ	3

б) Нормативи збору, що стягуються за викиди в атмосферу забруднюючих речовин морськими та річковими судами:

Вид пального	Норматив збору, грн/т
Бензин	9
Дизельне пальне	6
Мазут	4,5

* Нормативи затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 01.03.1999 р. №303 «Про встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору»

Коригуючі коефіцієнти

Чисельність населення, тис. чоловік	Коефіцієнт
До 100	1
100,1 – 250	1,2
250,1 – 500	1,35
500,1 – 1000	1,55
Понад 1000	1,8

а) коригуючий коефіцієнт, які встановлюється залежно від чисельності жителів населеного пункту:

Тип населеного пункту	Коефіцієнт
Організаційно-господарські та культурно-побутові центри місцевого значення з перевагою аграрно-промислових функцій (районні центри, міста районного значення, селища та села)	1
Багатофункціональні центри, центри з перевагою промислових і транспортних функцій (республіканський* та обласні центри, міста державного, республіканського, обласного значення)**	1,25
Населені пункти, віднесені до курортних	1,65

б) коригуючий коефіцієнт, які встановлюється залежно від народно-господарського значення населеного пункту.

* Автономної Республіки Крим

** Якщо населений пункт одночасно має промислове значення та відноситься до курортних, застосовується коефіцієнт 1,65

Експлуатаційний час для різних типів суден (діб)

Призначення судна	Дедвейт, тис. т.					
	до 6,0	6,1 – 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 50	50,1 – 100	Більше 100
Лісовози та універсальні сухогрузні	345	340	335	–	–	–
Рефрижераторні	340	335	335	–	–	–
Льодового плавання	335	330	330	–	–	–
Балкери	–	340	340	335	330	325
Танкери	345	340	340	330	330	325
Газовози	340	340	340	330	–	–
Хімовози	330	330	–	–	–	–
Виновози	330	330	–	–	–	–
Контейнерні «Ро-Ро»	340	335	335	330	–	–

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Кузнєцов, В. В.** Економічна оцінка проектних рішень в судовій енергетиці [Текст] : навч. посіб. для самост. роботи / В. В. Кузнєцов ; Нац. університет кораблебудування ім. адм. Макарова. Інститут післядипломної освіти. — Миколаїв : НУК ІПДО, 2005. — 70 с.
2. **Волков, В. В.** Определение экономической эффективности проектируемых судовых энергетических установок [Текст] : методические указания / В. В. Волков, А. В. Ломоносов. — Херсон : ХСПО, 1987. — 42 с.
3. **Краев, В. И.** Экономическое обоснование при проектировании морских судов [Текст] / В. И. Краев. — Л. : Судостроение, 1981. — 277 с.

ЗМІСТ

Вступ	3
Загальна розрахункова схема	4
Вибір та обґрунтування вихідних даних для розрахунків по устаткуванню, яке демонтується та встановлюється в процесі модернізації СЕУ (таблиця 1)	8
Вихідні дані, пов'язані з особливостями судна та умовами його експлуатації (таблиця 2)	11
Розрахунок змін доходу, витрат та прибутку при експлуатації суден з різними СЕУ (таблиця 3)	12
Висновок	15
Додатки	16
Рекомендована література	24