



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

**ПИРИСУНЬКО М.А.**

## **ПРОЕКТУВАННЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

### **DESIGN OF MARINE POWER PLANTS**

методичні вказівки до виконання курсового проекту  
здобувачів вищої освіти  
спеціальності: 135 "Суднобудування"

Освітньо-професійні програми: "Суднові енергетичні установки та устаткування" і "Експлуатація, випробування та монтаж суднових енергетичних установок"

*Рекомендовано Методичною радою НУК*



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

**ПИРИСУНЬКО М.А.**

**ПРОЕКТУВАННЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

**DESIGN OF MARINE POWER PLANTS**

методичні вказівки до виконання курсового проекту  
здобувачів вищої освіти  
спеціальності: 135 "Суднобудування"

Освітньо-професійні програми: "Суднові енергетичні установки та устаткування" і "Експлуатація, випробування та монтаж суднових енергетичних установок"

УДК 629.5-8+621.431:629.5  
ББК 39.455  
П 79

*Автор:* М.А. Пирисунько, доцент кафедри СМЕ ХННІ НУК

*Рецензент:* А.А. Андреев, канд. техн. наук, професор НУК, завідувач кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

**М.А. Пирисунько**

П 79 Проектування суднових енергетичних установок: методичні вказівки для виконання курсового проекту для здобувачів вищої освіти спеціальності 135 «Суднобудування» освітньо-професійні програми: "Суднові енергетичні установки та устаткування" і "Експлуатація, випробування та монтаж суднових енергетичних установок".

У методичних вказівках розглянуто зміст курсового проекту з дисципліни "Проектування суднових енергетичних установок". Надані методичні рекомендації щодо проектування пропульсивної установки та виконання розділів курсового проекту.

Призначено для здобувачів вищої освіти, що навчаються за спеціальністю 135 «Суднобудування» освітньо-професійні програми: "Суднові енергетичні установки та устаткування" і "Експлуатація, випробування та монтаж суднових енергетичних установок".

Викладені матеріали можуть бути корисними для здобувачів вищої освіти інших спеціальностей, що вивчають дисципліну "Проектування суднових енергетичних установок", а також здобувачам вищої освіти денної і заочної форм навчання при самостійній роботі.

УДК 629.5-8+621.431:629.5  
ББК 39.455

**Зміст**

Вступ .....	5
1. Загальний характеристика та призначення судна.....	6
2. Аналіз параметрів енергетичної установки серійного судна.....	6
3. Проектування пропульсивної установки.....	7
4. Індивідуальне науково-дослідне завдання .....	12
5. Розміщення пропульсивної установки на судні.....	13
6. Форма контролю результату виконання ЗВО курсового проекту.....	13
7. Критерії оцінювання результатів виконання курсового проекту в балах..	16
8. Рекомендовані джерела інформації.....	16
Додаток 1. Титульний лист до виконання курсового проекту.....	21
Додаток 2. Бланк завдання до виконання курсового проекту.....	22
Додаток 3. Теми на виконання індивідуального науково-дослідного завдання .....	23

## ВСТУП

Курсовий проект із навчальної дисципліни “Проектування суднових енергетичних установок” складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини з двох аркушів (формат А3). Тема та зміст проекту можуть бути пов’язані з енергетичною установкою судна, на якому здобувач вищої освіти (ЗВО) проходив виробничо-експлуатаційну практику. Основою для курсового проекту (КП) можуть слугувати проектні дані будь-якого транспортного, або іншого, судна, відомості з фахових періодичних видань, спеціальної літератури тощо.

Загалом, робота ЗВО над ІНДЗ полягає у поглибленому вивченні ним окремих питань даної дисципліни відповідно до її робочої навчальної програми. У рамках ІНДЗ він консультиється з питань майбутньої випускної магістерської роботи щодо початкової інформації, методів і методик для її виконання.

Розрахункова та графічна частини КП виконуються згідно з вимогами ЄСКД та іншими нормативними документами й оформлюються як конструкторська документація.

Зразок титульного листа та бланку завдання до КП наведені у Додатку 1 та Додатку 2. Завдання видається ЗВО на початку навчального семестру.

Склад курсової роботи викладено у бланку завдання, наведеному у Додатку 2.

Курсовий проект захищається наприкінці навчального семестру.

До складу КП входить також індивідуальне науково-дослідне завдання (ІНДЗ). Тема на виконання наукової роботи (Додаток 3) ЗВО узгоджується з керівником.

## 1. ЗАГАЛЬНИЙ ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПРИЗНАЧЕННЯ СУДНА

У першому розділі курсового проекту подається інформація по загальному опису заданого судна, та його енергетичної установки. Також приводяться основні системи та пристрої судна.

*Тип судна, його призначення та клас.*

У цьому підрозділі зазначається:

- тип судна та опис його основних характеристик;
- характеристика корпусу судна (скорочено);
- клас судна (за правилами якого Морського Класифікаційного товариства воно побудовано та експлуатується, символи якого класу йому надано);
- головні розмірності судна;
- місткість та дедвейт;
- екіпаж судна (за рішенням керівника);
- експлуатаційна швидкість судна.

*Головна енергетична установка.*

У цьому підрозділі приводиться інформація про головну енергетичну установку:

- тип головної енергетичної установки;
- фірма виробника головної енергетичної установки, модель;
- сорт та тип палива на якому працює енергетична установка;
- специфікаційна потужність та питома ефективна витрата палива.

Також до розділу може бути додана така інформація:

- рушій;
- допоміжна електроенергетична установка;
- котельна установка;
- основні суднові системи та пристрої (пожежогасіння, кермовий пристрій, вантажні насоси, система керування на містку, радіолокатори та інше).

## 2. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ СЕРІЙНОГО СУДНА

В даному розділі приводиться інформація про всі основні елементи СЕУ серійного судна. Розглядаються основні вимоги, що висуваються до енергетичної установки судна.

Слід привести основні технічні характеристики головного двигуна. Представити його ескіз та описати конструкцію двигуна (коротко).

Потрібно надати інформацію про основні технічні характеристики таких елементів СЕУ як: допоміжні дизель-генератори, утилізаційний та допоміжний котли, опріснювальна установка.

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ ПРОПУЛЬСИВНОЇ УСТАНОВКИ

У третьому розділі курсового проекту проводиться проектування пропульсивного комплексу судна.

#### 3.1 Розміщення головного двигуна на судні

В даному підрозділі приводиться інформація щодо вимог, які ставлять при проектуванні розташування двигунів у машинному відділенні.

#### 3.2 Основні характеристики ходовості серійного судна

Метою цього підрозділу є одержання інформації для розрахунків гвинтової характеристики з подальшим суміщенням її з полем робочих параметрів головного двигуна. До цієї інформації відносяться залежності буксирувального опору  $R = f(v_s)$ , коефіцієнт засмокування  $t = f(K_{DE})$ , і коефіцієнта розрахункового попутного потоку  $W_T = f(K_{DE})$ , що зображені на графіках залежності коефіцієнтів засмокування і попутного потоку від коефіцієнта навантаження гребного гвинта на тязі.

Розрахунок ходових характеристик судна проводиться за допомогою використання діаграм для гребних гвинтів відомих серій.

Коефіцієнти взаємодії гребного гвинта з корпусом судна краще визначати за результатами модельних випробувань. При відсутності залежностей  $t = f(K_{DE})$  і  $W_T = f(K_{DE})$  значення величин  $t$  і  $W_T$  можуть розраховуватися, за такими рівняннями:

$$W_T = 0,165 \cdot \delta \sqrt[3]{V/D} - 0,1(Fr - 0,2);$$

$$t = 0,8 W_T,$$

де  $\delta$  – коефіцієнт загальної повноти ( $\delta = 0,5 \dots 0,8$ );

$V$  – об'ємна водотоннажність судна, м<sup>3</sup>;

$D$  – діаметр гвинта, м;

$x$  – показник ступеня ( $x = 1$  для гвинтів, розташованих у діаметральній площині);

$Fr$  – критерій Фруда, м:

$$Fr = v / \sqrt{gL}$$

тут  $v$  – швидкість судна, м/с;

$g$  – прискорення сили ваги, м/с<sup>2</sup>;

$L$  – довжина судна по головній ватерлінії, м.

### 3.3 Початкові значення характеристик гребного гвинта

В даному підрозділі приводяться початкові значення характеристик гребного гвинта.

Питання вибору типу рушія при проектуванні пропульсивного комплексу вирішується з урахуванням умов експлуатації судна, що проектується, економічності і надійності рушія, та з урахуванням досвіду проектування та експлуатації однотипних рушіїв.

До інформації, що потрібна в даному підрозділі відносяться насамперед тип рушія, кількість лопатей гребного гвинта  $Z$  (приймається аналогічно до судна-прототипу) та дискове відношення  $A_E/A_0$  гребного гвинта.

При виборі дискового відношення  $A_E/A_0$  слід пам'ятати, що його збільшення (при незмінних кроковому відношенні  $P/D$  і відносній ході гвинта  $J$ ) призводить до зменшення ККД гвинта внаслідок зростання профільного опору. Тому, бажано, щоб воно було мінімально можливим. При цьому слід враховувати явище кавітації. У розрахунках можна приймати  $A_E/A_0 = 0,7$  або як у судна-прототипу.

### 3.4 Розрахунок гвинтових характеристик

В даному підрозділі приводяться розрахунок гвинтових характеристик. Швидкості ходу судна, при яких розраховується гвинтова характеристика, наближено визначається:

$$v_s = \sqrt[3]{N_e/C},$$

В основі обчислень лежить залежність буксирувального опору від швидкості ходу, що відповідає умовам здавально-приймальних випробувань. До рівнянь розрахункової таблиці входять:  $\rho$  - густина морської води;  $\eta_{\text{вал}}$  - ККД валопроводу;  $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$  і  $\eta_{\text{вал}} = 0,98$  (для дизельних установок із кормовим розташуванням МВ).

Крім того, цим рисунком ілюструється взаємозв'язок між швидкістю ходу судна й частотою обертання гвинта та обмеження по  $N_e$  і  $n$ , що зумовлено можливостями головного двигуна.

Обробляючи дані випробувань, одержують залежності швидкості ходу від частоти обертання гребного гвинта і споживаної потужності ГД, значення максимально досяжної і специфікаційної швидкостей ходу, залежність упору гребного гвинта від частоти обертання, *гвинтову характеристику двигуна*.

При розрахунку значення відносної ходи  $J$  збільшуємо на 5%, тобто для подальшого розрахунку частоти і потужності.

Діаметр гребного гвинта, що відповідає двигуну, вибирається після суміщення гвинтових характеристик із полем вибору робочих параметрів головного двигуна і при врахуванні всіх зазначених вище вимог.

### 3.5 Побудова сумісних характеристик двигуна та рушія

Метою цього підрозділу є побудова сумісних характеристик двигуна та рушія.



При визначенні характерних значень потужностей приймаються визначення:

- специфікаційна максимальна тривала потужність  $N_e^c$  - це максимальна потужність, яку замовив судновласник для тривалої експлуатації; у проекті може прийматись  $N_e^c = 0,98N_e^H$ ;
- тривала експлуатаційна потужність  $N_e^e$  - це потужність, при якій передбачається нормальне використання двигуна,  $N_e^e = 0,9N_e^c$ ;
- потужність у точці оптимізації  $N_e^o$  - це потужність, при якій визначаються тип і відповідні параметри турбокомпресора, регулюються газорозподіл і ступінь стиску двигуна.

У розрахунках чи при випробуваннях у дослідних басейнах звичайно передбачено ідеалізовані експлуатаційні умови, тобто чистий корпус, глибока вода, тиха погода. Однак, коли судно знаходиться деякий час в експлуатації, його корпус і гвинто-стерновий комплекс обростають, кородують, у результаті збільшується опір руху судна, тому швидкість буде спадати, якщо двигун не розвиватиме більшу потужність. Гвинт стає гідродинамічно важким.

Таким чином, при одній і тій же потужності двигуна, частота обертання гвинта зменшуватиметься з обростанням і корозією корпусу судна та гвинто-стернового комплексу, а гвинтова характеристика зміщуватиметься вліво.

Точка  $M$  (див. рис. 5.4) обирається (проектантом або судновласником) всередині поля вибору робочих параметрів ГД, наближаючись переважно до максимально можливих навантажень двигуна. Ця точка визначає *специфікаційну максимальну тривалу потужність* двигуна для руху судна  $N_e^c$  і частоту обертання  $n_c$ . У загальному випадку  $N_e^c < N_e^H$ .

Після того, як остаточно обрана точка  $M$  (яка може знаходитися в будь-якому місці поля вибору параметрів, також і на граничних лініях  $L_1 - L_3$  і  $L_1 - L_2$ , а в особливих випадках - праворуч від лінії  $L_1 - L_2$ ),  $N_e^c$  стає максимальною потужністю двигуна, встановленого на судні, понад яку триватиме допустиме збільшення потужності на 10 % протягом однієї години з інтервалом у 12 год. Відповідно до цієї потужності визначаються характеристики насосів, теплообмінників та інших елементів систем, що обслуговують МОД.

Якщо  $N_e^c$  виявляється істотно меншою, ніж  $Y$  (наприклад, для ГФК із  $D = 4,5$  м), то для встановлюваного на судні двигуна необхідно змінити характеристики гвинта (діаметр, дискове відношення, кількість лопатей) або для судна з визначеним гвинтом повинен бути підібраний інший двигун.

Точка  $S$  визначає *тривалу експлуатаційну потужність* двигуна  $N_e^e$  для руху судна з оброслим корпусом у штормову погоду. Ця потужність на 10 % менша, ніж специфікаційна, тому що місцезнаходження точки  $S$  відповідає умові  $N_e^e = 0,9 N_e^c$ . Звичайно  $N_e^e$  розглядається як тривала експлуатаційна потужність (ТЕП), при якій передбачається нормальне використання двигуна.

Точку  $D$  називають *проектною точкою гребного гвинта*, вона визначається за умови  $1,15 N_e^D = N_e^e$  (так званий "морський запас" становить 15 %) або  $N_e^D = 0,783 N_e^e$ .

### 3.6 Характеристика гребного гвинта

Взаємне розташування гвинтової характеристики і поля робочих параметрів двигуна дозволяє вибрати гвинт, однак остаточне рішення приймемо після перевірки гвинта на кавітацію.

Слід знайти мінімально допустиме дискове відношення, що визначає першу та другу стадії кавітації.

Для перевірки гвинта на кавітацію застосовується формула Шенхерра (використовувана для трьох- і чотирьохлопатових гребних гвинтів), що обмежує мінімально допустиме дискове відношення

$$\left( A_E/A_0 \right)_{min} = 1275 \xi \frac{k_c}{p_1} (n)^2,$$

де  $n$  — частота обертання,  $s^{-1}$ ;

$p_1$  — статичний тиск на глибині занурення осі гребного гвинта,  $N/m^2$ ;

$k_c$  — кавітаційна характеристика;

$\xi = 1,6$  — емпіричний коефіцієнт.

Статичний тиск визначається як:

$$p_1 = 101340 + \rho g h_o$$

де  $\rho$  — густина води,  $kg/m^3$ ;

$g$  — прискорення сили ваги,  $m/s^2$ ;

$h_o$  — глибина занурення осі гребного гвинта,  $m$ ;

Якщо розрахункове дискове відношення  $A_E/A_0 < 0,7$ , то кавітація відсутня.

Після розрахунку записуються основні характеристики вибраного гвинта, його тип та матеріал, з якого він виготовлений. Зобразити на діаграмі для розрахунку гвинта відповідної серії з відносними радіусом маточини і товщиною лопатей. У робочій точці гвинта (при відповідних  $N_e^D = 0,783 N_e^e$ ) зазначені його ККД  $\eta_0$  і крокове відношення  $P/D$ , що відповідають оптимальному значенню  $K_{Dopt}$ .

### 3.7 Основні робочі характеристики головного двигуна

Метою цього підрозділу є визначення основних робочих характеристик головного двигуна. Слід зазначити специфікаційну максимальну тривалу потужність. Точкою "оптимізації" визначаються турбонагнітач, повітроохолоджувач та об'єм камери згоряння.

Питома витрата палива для двигуна визначається за допомогою графіка визначення зменшення питомої витрати палива  $\Delta b_e$  оптимізованого в точці з  $N_e^o$  і  $n_o$ .

Точка оптимізації наноситься на діаграму вибору робочих параметрів МОД. Пряма лінія (паралельна до  $L_1 - L_3$ ) проводиться через точку оптимізації.

Точки перетину з лініями для навантажень 100, 80 і 50 % (від оптимізованої потужності) вказують на зниження питомої витрати палива щодо  $b_e$  у точці  $L_1$ .

Подане значення витрати палива (з нижчою теплотою згорання ( $Q_i = 42707^\circ\text{кДж/кг}$ ) відповідає еталонним зовнішнім умовам за ІСО 3046/1-1986:

- тиску навколишнього повітря 1000 мбар;
- температурі навколишнього повітря 25 °С.

Номінальна питома витрата палива за цих умов для високосіркуватистого мазуту з  $Q_{ik} = 40000$  кДж/кг, на якому працює двигун, становитиме:

$$b_{ef}^{ii} = b_e^{ii} \frac{Q_i}{Q_{ik}}$$

Далі описуються основні групи деталей двигуна (кістяку, руху, газорозподілу), елементи систем двигуна (паливна, змащення, газоповітряна, управління та регулювання) та інше устаткування.

На креслені (формату А3) показати основні пропульсивні характеристики судна із головним двигуном.

### 3.8 Визначення основних елементів валопроводу

В даному підрозділі приводиться описання елементів валопроводу та його розрахунок. Початковими даними для розрахунку мінімально необхідного діаметра валів є: специфікаційні потужність і частота обертання ГД, тимчасовий опір матеріалу валів, а також загальні відомості про валопровід і клас льодового посилення корпусу судна.

Мінімальний розмір діаметра проміжного вала, мм, без припуску на наступну проточку в період експлуатації визначається за формулою:

$$d_{np} = F \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$$

де  $T$  - коефіцієнт, який залежить від типу ЕУ;

$P$  - розрахункова потужність, кВт;

$n$  - розрахункова частота обертання, хв.<sup>-1</sup>.

Для ЕУ з роторними ЕД або ДВЗ, обладнаними гідравлічними або електромагнітними муфтами,  $F= 95$ , а для інших ЕУ  $F= 100$ .

За розрахункову приймається максимальна, необмежена в часі потужність; для установок з МОД вона дорівнює пропульсивній

специфікаційній потужності, тобто  $P = N_e^c$ . Розрахункова частота обертання - це частота, що відповідає розрахунковій потужності, тобто  $n = n_c$ .

Мінімальний розмір діаметра упорного вала в районі упорного підшипника на 10 % більший за діаметр проміжного вала; таким чином

$$d_{yn} = 1,1d_{np}$$

Упорний вал повинен мати цей розрахунковий діаметр в обидва боки від упорного гребеня валу на відстані одного діаметра упорного вала - для

підшипника ковзання, а для підшипника кочення – у межах корпусу цього підшипника. Поза зазначеними відстанями діаметр гребного вала може бути поступово зменшений до  $d_{np}$ .

Мінімальний розмір діаметра гребного вала, мм,

$$d_{ep} = 100k \sqrt{\frac{P}{n}}$$

де  $k$  - коефіцієнт, який залежить від конструкції вала.

Для ділянки гребного вала від великої основи конуса чи зовнішнього фланця гребного вала до носової кромки найближчого до рушія підшипника (але у всіх випадках довжина цієї ділянки повинна бути не менше, ніж  $2,5 d_{ep}$ )  $k = 1,22$ , якщо застосовується безшпонкове з'єднання гребного гвинта з валом чи гвинт приєднується до фланця, відкутого разом із валом;  $k = 1,26$ , якщо гребний гвинт з'єднується з валом за допомогою шпонки (шпонок). Для ділянки гребного вала, яка знаходиться між носовою кромкою найближчого до рушія підшипника і носовим торцем носового ущільнення дейдвудної труби,  $k = 1,15$ . На ділянці гребного вала від носового торця носового ущільнення дейдвудної труби діаметр цього вала може бути зменшений до фактичного діаметра проміжного вала.

Для гребних валів із водяним змащенням без суцільних облицювань коефіцієнт  $k$  повинен бути збільшений на 2 %.

При застосуванні поверхневого зміцнення гребного вала його діаметр за узгодженням із Російським Регістром може бути зменшений.

Визначені в такий спосіб розміри діаметрів відповідають валам зі сталі з тимчасовим опором  $R_{ms} = 400$  МПа.

При виготовленні вала зі сталі з  $R_{ms} > 400$  МПа він може мати зменшений діаметр, визначений як

$$d_m = d \sqrt[3]{\frac{560}{R_{ms} + 160}},$$

де  $d$  - розрахунковий діаметр при  $R_{ms} = 400$  МПа.

В усіх випадках застосування цього рівняння слід дотримуватися таких умов:  $R_{ms} \leq 800$  МПа - для проміжних і упорного валів;  $R_{ms} \leq 600$  МПа - для гребного вала.

#### 4. ІНДИВІДУАЛЬНЕ НАУКОВО-ДОСЛІДНЕ ЗАВДАННЯ

Тема на виконання наукової роботи (Додаток 3) здобувачем вищої освіти узгоджується з керівником. Обсяг науково-дослідного завдання повинен складати до 10 сторінок машинного тексту. Зміст науково-дослідного завдання повинен відповідати обраній темі.

## 5. РОЗМІЩЕННЯ ПРОПУЛЬСИВНОЇ УСТАНОВКИ НА СУДНІ

У даному розділі описується розташування на судні пропульсивної установки та її устаткування, що повинно відповідати вимогам Правил класифікаційних товариств (наприклад, Правил Морського Регістру).

Розташування окремих комплексів механізмів пов'язано з місцем розташування машинного відділення по довжині судна, яке визначається призначенням судна та його особливостями.

На креслені (формату А3) зобразити розміщення пропульсивної установки на судні.

## 6. ФОРМА КОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТУ ВИКОНАННЯ ЗВО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Параметри оцінювання	Бал	Критерії оцінювання
Пояснювальна записка	40	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку керівнику у відповідності із планом виконання курсового проекту
	35	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась не систематично та подана на

		перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсового проекту
	30	Зміст роботи відповідає обраній темі, але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсового проекту
	20	Робота оформлена за вимогами, які висуваються до курсового проекту, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції та рекомендації
	15	ЗВО відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою НПП може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих
	5	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які висуваються до курсового проекту. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер
<b>Графічна частина</b>	20	Графічна частина гарно організована, доповідь супроводжується графічними матеріалами, матеріали графічної частини підготовлені відповідно до вимог, що висуваються
	15	Графічна частина гарно організована, доповідь супроводжується графічними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або графічні матеріали оформлені з незначними зауваженнями
	10	Графічні матеріали низької якості, спостерігаються неточності

	5	Графічні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на графічні матеріали
<b>Захист роботи</b>	40	Доповідь логічно побудована, ЗВО чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції з теми дослідження, під час доповіді вміло використовує ілюстративну частину, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання
	35	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює
	30	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання
	25	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи
	20	ЗВО невпорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи
	15	ЗВО невпорядковано викладає основні результати дослідження, робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхневі, необґрунтовані відповіді на поставлені питання
	10	ЗВО демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії та належно обґрунтувати положення роботи
	5	ЗВО невпорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію

## 7. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ В БАЛАХ

<b>Виконаний курсовий проект</b>		<b>Захист проекту</b>	<b>Сума</b>
Пояснювальна записка	Графічна частина		
до 40	до 20	до 40	60 ... 100

Шкала оцінювання: національна та ESTS

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ESTS	Оцінка за національною шкалою для екзамену та курсового проекту
90-100	<b>A</b>	відмінно
82-89	<b>B</b>	добре
74-81	<b>C</b>	
64-73	<b>D</b>	задовільно
60-63	<b>E</b>	задовільно
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Правила класифікації та побудови морських суден [Текст]. – У 4-х томах. – К.: Регістр судноплавства України, 2014. (електронний варіант)
2. **Артемів, Г.А.** Системы судовых энергетических установок [Текст]: учеб. пособ. / Г. А. Артемів, В. П. Волошин, А. Я. Шквар, В.П. Шостак – Л.: Судостроение, 1990. – 376 с. (електронний варіант)
3. **Шостак, В.П.** Опір докільця руху транспортного судна [Текст]: навчальний посібник / В. П. Шостак, А. Ю. Манзюк. – Миколаїв: НУК, 2012. – 184 с. (електронний варіант)
4. **Шостак, В.П.** Проектування пропульсивної установки суден з прямою передачею потужності на гвинт [Текст]: навчальний посібник / В. П. Шостак, В.І. Гершанік, В. П. Кот, М. С. Бондаренко; за ред. В. П. Шостака. – Миколаїв: УДМТУ, 2003.– 500 с. (електронний варіант)



5. **Kuiken K.**, Diesel engines for ship propulsion and power plants. Part 1. - Onnen, The Netherlands, July 2008. — 509 p. (електронний варіант)
6. **Kuiken K.**, Diesel engines for ship propulsion and power plants. Part 2. - Onnen, The Netherlands, July 2008. — 442 p. — ISBN 978-90-79104-02-4. (електронний варіант)
7. **Шостак, В. П.** Системи суднових дизельних установок. Робочий зошит: навч. наоч. посібник / В. П. Шостак, А. І. Кісарова; МОН України, ПУК ім. адмірала Макарова. - Миколаїв : ПУК, 2021. - 128 с. (електронний варіант).
8. **Пирисунько, М.А.** Методичні вказівки до виконання самостійної роботи студентів з дисципліни "Проектування суднових енергетичних установок" для студентів спеціальності 135 "Суднобудування" спеціалізації (освітньої програми) "Експлуатація, випробування та монтаж суднових енергетичних установок" [Текст] /М.А. Пирисунько, В.С. Самохвалов, Д.М. Смагін. – Миколаїв: Ілліон, 2017. – 35 с.
9. **Пирисунько М. А.** Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Проектування суднових енергетичних установок» / М. А. Пирисунько, А. А. Андреев, О. І. Соломенцев. – Миколаїв: НУК, 2022. – 94 с.

#### Допоміжна література

10. **Giampaolo T.**, Gas turbine handbook: principles and practices. - 4rd ed. – 2009. — 462 p.
11. **Пахомов, Ю.А.** Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. Учебник: – М.: ТрансЛит, 2007. – 528 с.
12. **Myer Kutz**, Mechanical Engineers' Handbook. Materials and Mechanical Design. Volume 1 - 3rd ed. – 2006. — 1341 p.
13. **Myer Kutz**, Mechanical Engineers' Handbook. Instrumentation, Systems, Controls, and MEMS. Volume 2 - 3rd ed. – 2006. — 907 p.
14. **Myer Kutz**, Mechanical Engineers' Handbook. Manufacturing and Management, and MEMS. Volume 3 - 3rd ed. – 2006. — 824 p.
15. **Myer Kutz**, Mechanical Engineers' Handbook. Energy and Power, and MEMS. Volume 4 - 3rd ed. – 2006. — 1088 p.
16. **Deven Aranha**, Marine Diesel Engines. Decora Book Prints Pvt. Ltd., Mumbai – 2013 — 343 p.
17. **Taylor D.A.**, Introduction to Marine Engineering. Elsevier, 2003. 372 p. — ISBN:0 7506 2530 9.
18. **Jackson L., Morton Th.D.**, Reed's General Engineering Knowledge for Marine Engineers. Thomas Reed Publications, 2006. 529 p. — ISBN 0947637761.
19. **Голубев, Н.В.** Проектирование энергетических установок морских судов [Текст]: учеб. пособ. / Н.В. Голубев. – Л.: Судостроение, 1980. – 312 с.
20. **Артемов, Г.А.** Судовые установки с газотурбинными двигателями [Текст]: учеб. пособ. / Г. А. Артемов, В. М. Горбов, Г.Ф. Романовский – Николаев: УГМТУ, 1997. – 233 с.

21. **Вдовиков, Г.В.** Справочник по проектно-сдаточным испытаниям судов [Текст] / Г. В. Вдовиков, В. А. Губанов, И. Е. Лучко. – Л.: Судостроение, 1983. – 208 с.
22. Ветер и волны в океанах и морях [Текст]: справочные данные. Регистр СССР. – М.: Транспорт, 1974. – 359 с.
23. **Горбов, В.М.** Енергетичні палива [Текст]: навчальний посібник / В.М. Горбов. – Миколаїв УДМТУ, 2003. – 328 с.
24. **Горбов, В.М.** Пропульсивні комплекси морських суден [Текст]: навчальний посібник / В.М. Горбов, Б.М. Личко, В.С. Мітенкова. – Миколаїв: НУК, 2012. – 104 с.
25. **Горбов, В.М.** Суднова енергетика та Світовий океан [Текст]: підручник / В. М. Горбов, І. О. Ратушняк, Є. І. Трушляков, О. К. Чередніченко. – Миколаїв: НУК, 2007. – 596 с.
26. **Ильницкий, Е.Г.** Морской англо-русский иллюстративно-информационный словарь [Текст]: учебное пособие / Е. Г. Ильницкий, И.А. Ильницкая, Е. А. Кулак, В. А. Орлов, В. Н. Плющ, В. Ф. Ходаковский; под ред. Л. А. Козыря. – В 2-х томах. – Т.2. – Херсон, 2009. – 672 с.
27. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с поправками. Консолидованный текст [Текст] / СПб.: ЗАО "ЦНИИМФ", 2010. – 806 с.
28. Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г. СОЛАС 74 (SOLAS 74). [Текст]: – СПб.: ЗАО "ЦНИИМФ", 2008.
29. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. МАРПОЛ 73/78 (MARPOL 73/78) [Текст]: – СПб.: ЗАО "ЦНИИМФ", 2012. – 768 с.
30. Морские наливные суда. Каталог. – Л.: Транспорт, 1987. – 190 с.
31. Морские сухогрузные суда. Каталог. – Л.: Транспорт, 1985. – 624 с.
32. **Новиков, А.И.** Международная морская организация и классификационные общества в обеспечении безопасности мореплавания [Текст]: учебное пособие / А. И. Новиков, В. Ф. Ходаковский. – Севастополь: УМИ, 2010. – 120 с.
33. **Новиков, А.И.** Океан и океанотехника [Текст] / А. И. Новиков, В. М. Горбов, В. А. Орлов, В. Г. Верховданов, Ю. И. Григорьев. – Севастополь: Кручинин Л. Ю., 2010. – 436 с.
34. **Овсянников, М.К.** Судовые дизельные установки [Текст]: учеб. пособ. М. К. Овсянников, В. А. Петухов.– Судостроение, 1986.
35. **Панин, В. В.** Основы эксплуатации судовых энергетических установок [Текст]: учебное пособие / В. В. Панин, А. Н. Носовский, А. В. Корниецкий, В. А. Пинчук, А. А. Чуйко. – Николаев, 2012. – 408 с.
36. Судовой механик [Текст]: справочник / Авт. кол.; под ред. А. А. Фока. – В 3-х томах. – Т.2. – Одесса: Фенікс, 2010. – 1032 с.
37. **Цыпленкин, Г.Е.** Трубокомпаудные системы как средство утилизации отходящего тепла силовых установок с ДВС [Текст] / Г. Е. Цыпленкин, Р. С. Дейч, В. Н. Иовлев // Двигателестроение. – СПб. – 2009 – №1. – С. 28-34.

38. **Шостак, В.П.** Имитационное моделирование судовых энергетических установок [Текст]: монография / В. П. Шостак, В. И. Гершаник. – Л.: Судостроение, 1988.– 256 с.
39. **Шостак, В.П.** Моделювання зниження швидкості ходу транспортного судна протягом його строку служби [Текст] / В. П. Шостак, В. І. Гершаник, А. І. Кісарова // Вісн. НУК. (електронне вид.). – Миколаїв, 2011. – № 2.
40. **Шостак, В.П.** Моделювання показників порівняльної ефективності альтернативних судових енергетичних установок [Текст] / В. П. Шостак, Б. М. Личко // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв, 2005. – № 6. – С. 205–213.
41. **Шостак, В.П.** Напрями удосконалення пропульсивних комплексів транспортних суден [Текст] / В. П. Шостак, Б. М. Личко, А. Ю. Манзюк // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв, 2010. – № 5(434). – С. 82–90.
42. **Шостак, В.П.** Потоки енергії в дизельних установках морських суден. [Текст]: навчальний посібник / В. П. Шостак. – Миколаїв : УДМТУ, 1997. – 57 с.
43. **Шостак, В.П.** Тепловой расчет судовых ПТУ [Текст]: учеб. пособ. / В.П. Шостак, Н.С. Бондаренко, Ю.В. Кисетов. – Николаев: НКИ, 1979. – 100 с.
44. Правила классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра Судоходства [Текст]. – В 3-х томах. – СПб.: Транспорт, 2008. (електронний варіант)

### Інформаційні ресурси в інтернет

1. Наукова бібліотека Національного університету кораблебудування <http://lib.nuos.edu.ua/> (інструкції з доступу):
  - 1.1 Підручники, навчальні посібники:
    - видавництво «Олді+» <http://ebooks.oldiplus.ua/> (за IP-адресами НУК, ХННІ НУК)
    - Видавництво Bentham Science на платформі Edanz: <https://www.edanz.com/>
  - 1.2 Міжнародні наукові, та науково-метричні бази:
    - Access Global NewsBank 2021: <https://infoweb.newsbank.com/apps/news/easy-search?p=AWGLNB>
    - Elsevier: <https://www.elsevier.com/>
    - Web of Science: <http://webofknowledge.com>
    - EBSCOhost: <http://search.ebscohost.com>
    - Springer: <https://link.springer.com/>
2. WorldScientificOpen is in full compliance with the latest open access mandates so authors can ensure their research is freely available online, freely redistributed and reused: <http://www.worldscientific.com/>
3. Сайт Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова: <http://www.nuos.edu.ua/>

4. Репозитарій НУК: <http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/>
  5. Конференції НУК: <http://conference.nuos.edu.ua/catalog/>
  6. Сайт ХННІ НУК: <http://kb.nuos.edu.ua/>
  7. Сайт НТУ ХПІ: <http://www.kpi.kharkov.ua/>
- Морські класифікаційні товариства:***
8. Класифікаційне товариство Регістр судноплавства України (каталог видань): <http://shipregister.ua/books/index.html>
  9. Lloyds Register of Shipping: <http://www.lr.org/en/>
  10. Російський Морський Регістр Судноплавства: <http://www.rs-class.org/ru/>
  11. Російський Річковий Регістр <http://www.rivreg.ru/>
  12. China Classification Society: <http://www.ccs.org.cn/ccswz/>
  13. Germanischer Lloyd: <https://www.dnvgl.de/>
  14. Polski Rejestr Statkow - Polish Register of Shipping: <https://www.prs.pl/>
  15. Міжнародна морська організація (International Maritime Organization): <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>
  16. National Marine Manufacturers Association (NMMA): <https://www.nmma.org/>
- Провідні двигунобудівні фірми:***
17. Society of Automotive Engineers (SAE): <http://www.sae.org/>
  18. Сайт Wartsila: <https://www.wartsila.com/>
  19. Wärtsilä Encyclopedia of Marine Technology:  
<https://www.wartsila.com/encyclopedia>
  20. General Technical Data is an engine simulation tool:  
<https://www.wingd.com/en/media/general-technical-data/>
  21. Сайт MAN Diesel: <https://www.man-es.com/>
  22. MAN Two-stroke project guides:  
<https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/project-guides/two-stroke>
  23. CEAS engine calculations: <https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/ceas-engine-calculations>
  24. Сайт Caterpillar: <http://www.caterpillar.com/ru.html>
  25. Сайт Mitsubishi: <http://www.mhi.co.jp/>
  26. Сайт Akasaka Diesels Ltd: <http://www.akasaka-diesel.jp/en/>
  27. Сайт Daihatsu Diesel: <http://www.dhtd.co.jp/ja/index.html>
  28. Сайт Niigata: <http://www.niigata-power.com/english/index.html>
  29. Сайт Hyundai: <http://www.hyundai-engine.com/>

Міністерство освіти і науки України  
 Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
 Херсонський навчально-науковий інститут  
 Кафедра суднового машинобудування та енергетики

## КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з дисципліни:

**"Проектування суднових енергетичних установок"**

на тему: **Проект пропульсивної установки (тип і назва судна, тип і марка головного двигуна)** \_\_\_\_\_

Здобувач(ка) вищої освіти 5 курсу \_\_\_\_\_ групи спеціальності 135 «Суднобудування» освітньо-професійна програма «Експлуатація, випробування та монтаж суднових енергетичних установок»

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Пирисунько М.А.  
 (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра суднового  
машинобудування та  
енергетики

## ЗАВДАННЯ

до виконання курсового проекту з дисципліни  
"Проектування суднових енергетичних установок"

Тема: "Проект пропульсивної установки (тип і назва судна,  
тип і марка головного двигуна)"

### Зміст

Вступ.

1. Загальна характеристика та призначення судна.
2. Аналіз параметрів енергетичної установки серійного судна.
3. Проектування пропульсивної установки
  - 3.1. Розміщення головного двигуна на судні.
  - 3.2. Основні характеристики ходовості серійного судна.
  - 3.3. Початкові значення характеристик гребного гвинта.
  - 3.4. Розрахунок гвинтових характеристик.
  - 3.5. Побудова сумісних характеристик двигуна та рушія.
  - 3.6. Характеристики гребного гвинта.
  - 3.7. Основні робочі характеристики головного двигуна.
  - 3.8. Визначення основних розмірів валопровода.
4. Індивідуальне науково-дослідне завдання.
5. Розміщення пропульсивної установки на судні.

Висновок.

Перелік використаних джерел.

Додатки.

Курсовий проект складається із пояснювальної записки обсягом 30...50 сторінок (формат А4) рукописного або машинного тексту з необхідними рисунками та двох листів креслень (формат А3): пропульсивні характеристики та розміщення пропульсивної установки на судні.

Завдання видано "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 202\_\_р. Термін подання КП на кафедру  
"\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 202\_\_р.

Виконавець

Здобувач(ка) вищої освіти гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

\_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

\_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

## ТЕМИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ЗАВДАННЯ

1. Аналіз можливості підвищення ефективності СЕУ шляхом модернізації системи охолодження наддувочного повітря. Розробка рекомендацій.
2. Модернізація СЕУ існуючого судна за рахунок нових розробок машинобудування. Розробка рекомендацій.
3. Аналіз впливу заміни ГД на ефективні показники СЕУ. Розробка рекомендацій.
4. Удосконалення системи відведення відхідних газів ГД для підвищення ефективності СЕУ. Розробка рекомендацій.
5. Сучасний стан і особливості систем наддуву суднових ДВЗ та вплив експлуатаційних факторів на їх роботу. Розробка рекомендацій.
6. Моделювання реальних умов для роботи ГД за допомогою програмного комплексу «Дизель-РК», для визначення експлуатаційних показників та їх впливу на роботу СЕУ. Розробка рекомендацій.
7. Аналіз впливу експлуатаційних показників на реальній рейсовій лінії на зміну питомої витрати палива ГД, та шляхів її зменшення. Розробка рекомендацій.
8. Аналіз можливості модернізації СЕУ шляхом установаження додаткового обладнання для зменшення витрати палива. Розробка рекомендацій.
9. Раціональний вибір складових СЕУ для зменшення масогабаритних показників і розмірів МВ. Розробка рекомендацій.
10. Аналіз можливості підвищення ефективності СЕУ шляхом встановлення на ГД двухступінчастого ГТН. Розробка рекомендацій.
11. Аналіз послідовності етапів проектування судового пропульсивного комплексу дизельного судна. Розробка рекомендацій.
12. Аналіз доцільності реалізації схеми МОД із валогенератором і мультиплікатором сталої вихідної частоти обертання. Розробка рекомендацій.
13. Аналіз ефективності використання системи рециркуляції відхідних газів, як одного із методів зменшення шкідливих викидів СЕУ. Розробка рекомендацій.
14. Аналіз сучасних технологій очищення відхідних газів СЕУ. Розробка рекомендацій.
15. Аналіз ефективності судових систем, що запобігають забрудненню довкілля. Розробка рекомендацій.
16. Аналіз сучасних заходів щодо запобігання забрудненню гідросфери судовими стічними водами. Розробка рекомендацій.
17. Аналіз альтернативних варіантів судової електростанції при проектуванні контейнеровозів. Розробка рекомендацій.

18. Аналіз альтернативних варіантів суднової електростанції при проектуванні транспортних рефрижераторів. Розробка рекомендацій.
19. Аналіз альтернативних варіантів суднової електростанції при проектуванні танкерів. Розробка рекомендацій.
20. Аналіз альтернативних парогенеруючих установок дизельних суден. Розробка рекомендацій.
21. Аналіз переваг і недоліків центральної водяної система охолодження СЕУ перед іншими типами. Розробка рекомендацій.
22. Аналіз основних параметрів масляної системи для сучасних суднових МОД. Розробка рекомендацій.
23. Аналіз основних параметрів систем забортної та прісної води для сучасних суднових МОД. Розробка рекомендацій.
24. Аналіз основних параметрів системи стиснутого (пускового) повітря у сучасній судновій дизельній установці. Розробка рекомендацій.
25. Аналіз основних параметрів системи газовипускання сучасних суднових МОД. Розробка рекомендацій.
26. Аналіз основних тенденцій розташування обладнання у МВ сучасного транспортного судна. Розробка рекомендацій.
27. Аналіз використання на сучасних суднах нетрадиційних типів СЕУ. Розробка рекомендацій.
28. Аналіз доцільності застосування парових турбоагрегатів у складі пропульсивного комплексу. Розробка рекомендацій.
29. Аналіз напрямів удосконалення технічних характеристик суднових газотурбінних двигунів транспортного призначення. Розробка рекомендацій.
30. Аналіз шляхів підвищення ефективності суднових ГТУ. Розробка рекомендацій.



*Навчальне видання*

**ПИРИСУНЬКО Максим Андрійович**

**ПРОЕКТУВАННЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

**DESIGN OF MARINE POWER PLANTS**

методичні вказівки до виконання курсового проекту  
здобувачів вищої освіти спеціальності  
135 "Суднобудування"

Освітньо-професійні програми: "Суднові енергетичні установки та устаткування" і "Експлуатація, випробування та монтаж суднових енергетичних установок"

©Пирисунько М.А., 2022

©Видавництво Різо-графіка, 2022

---

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 0,75. Папір офсетний. Об'єм даних 128 кб.  
Тираж 100 прим. Вид. № 124. Зам. № 316/22.

---

***Надруковано:***

Віддруковано з готових оригінал-макетів  
у поліграфічному підприємстві ПП фірма «Різо-графіка»  
54017, м. Миколаїв, пр., Леніна, 94/2.  
Свідоцтво А01 № 492190