

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра Експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

Личко Б.М.

«___» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Енергетична установка контейнеровозу YM CELEBRITY

Power plant of the container ship YM CELEBRITY

Виконав: студент 4211 групи

Воронін Б.О.

(підпис)

(прізвище ініціали)

Керівник роботи:

К.Т.Н., доцент

(посада, науковий ступень вчене звання)

Ю. Кісстов – Кісстов Ю.В.

(підпис)

(прізвище ініціали)

Миколаїв – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

Спеціальність 135 Суднобудування

Освітня програма Суднові енергетичні установки та устаткування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

С.А. Кузнецова Кузнецова С.А.
(підпис)

«__» __ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Вороніну Богдану Олександровичу

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Енергетична установка контейнеровозу
YM CELEBRITY

Керівник роботи канд. техн. наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ Кісетов Ю.В.

Затверджені наказом ректора № від « » 20__ року

2. Термін подання роботи: « » 20__ року

3. Вихідні дані по роботі: данні по контейнеровозу. Головні розміри: L 209,75 м,
B 32,80 м, T 16,80 м; дедвейт 37400 т; швидкість ходу 21 вуз,
склад СЕУ: 1 ГД, 3 ДГ, 1 ДК, 1 ОУ.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

Розділ 1 Загальна характеристика судна та енергетичної установки (ЕУ)

1.2 Основні характеристики

1.3 Морехідні якості

1.4 Загальна характеристика суднової енергетичної установки (СЕУ)

Розділ 2 Визначення ефективності суднової енергетичної установки

2.1 Склад та параметри основного обладнання енергетичної установки

2.2 Розробка структурної схеми енергетичної установки

2.3 Режими роботи судна та суднової енергетичної установки

2.4 Розрахунок потоків енергії в СЕУ на основних режимах роботи

Розділ 3 Визначення параметрів суднового двигуна (СД) 7S70ME-C10.5

3.1 Загальний устрій та характеристики двигуна.

3.2 Системи головного двигуна

3.3 Розрахунок робочого циклу двигуна

3.4 Побудова індикаторної діаграми

Розділ 4 Розрахунок характеристик суднового котла (СК) KangRim PA02

4.1 Загальний устрій котла

4.2 Вибір компоновальної схеми котла

4.3 Розрахунок процесу горіння

4.4 Тепловий баланс котла

4.5 Тепловий розрахунок топки та теплообмінних поверхонь

Розділ 5 Визначення характеристик загальносуднової системи пожежогасіння.

5.1 Розробка розгорнутої принципової схеми

5.2 Гідравлічний розрахунок системи

5.3 Комплектація системи основним обладнанням, розрахунок

трубопроводу

Розділ 6 Охорона праці у машинному відділенні (МВ) судна.

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік презентаційних матеріалів:

1. Структурні схеми СЕУ, таблиця режимів роботи – 1 лист
2. Діаграми потоків теплоти СЕУ на двох режимах роботи та ефективності – 1 лист.
3. Поперечний розріз двигуна (ДВЗ) або проточна частина (ГТД) – 1 лист.
4. Компоновальне креслення суднового котла – 1 лист.
5. Схема загальносуднової системи – 1 лист.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання виконав
3			
4			
6			

7. Дата видачі завдання «__»__ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи
1	Загальна характеристика судна та ЕУ	
2	Визначення ефективності СЕУ	
3	Визначення параметрів СД	
4	Розрахунок характеристик СК	
5	Визначення характеристик (ЗСС)	
6	Охорона праці у (МВ)судна	

Завдання прийняв до виконання студент

Керівник роботи

Підпис

Підпис

Воронін Б

Кісстов Ю

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі бакалавра виконано розрахунок енергетичної установки контейнеровозу YM CELEBRITY, визначено ефективність її роботи на різних режимах, визначено основні параметри головного двигуна MAN B&W 7S70ME-C10.5, розраховано характеристики допоміжного котла Kangrim PA02, спроектована система водяного пожежогасіння, визначено характеристики потенційних небезпек і шкідливостей у машинному відділенні, проаналізовано джерела шуму та вібрації на судні та засоби їх зниження, а також описані засоби гасіння пожежі та дії екіпажу у разі її виникнення.

Графічна частина роботи складається з 5 креслень: структурні схеми СЕУ, діаграми потоків теплоти, двигун MAN B&W 7S70ME-C10.5, котел Kangrim PA02, система водяного пожежогасіння контейнеровозу YM CELEBRITY.

Кваліфікаційна робота викладена на 74 сторінках, 20 рисунків, 12 таблиць. Список використаної літератури становить 18 джерел.

Ключові слова: контейнеровоз, суднова енергетична установка, двигун внутрішнього згоряння, допоміжний котел, система водяного пожежогасіння.

ABSTRACT

In the bachelor's qualification thesis, the ship power plant of the container vessel YM CELEBRITY was analyzed and calculated. The efficiency of its operation under various operating conditions was determined, and the main parameters of the MAN B&W 7S70ME-C10.5 main engine were evaluated. The performance characteristics of the Kangrim PA02 auxiliary boiler were calculated, and a water-based fire-fighting system was designed. In addition, the characteristics of potential hazards and harmful factors in the engine room were identified, the sources of noise and vibration on board the vessel and methods for their reduction were analyzed, and fire-fighting equipment and crew actions in the event of a fire were described.

The graphical part of the thesis consists of five drawings: structural diagrams of the ship power plant, heat flow diagrams, the MAN B&W 7S70ME-C10.5 engine, the

					КРБ.6.135.4211.02.А.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Kangrim PA02 auxiliary boiler, and the water fire-fighting system of the container vessel YM CELEBRITY.

The qualification thesis comprises 74 pages, 20 figures, and 12 tables. The bibliography includes 18 references.

Keywords: container vessel, ship power plant, internal combustion engine, auxiliary boiler, water fire-fighting system.

					КРБ.6.135.4211.02.А.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АДГ – аварійний дизель-генератор;
ГД – головний двигун;
ГРК – гвинт регульованого кроку;
ГФК – гвинт фіксованого кроку;
ДГ – дизель-генератор;
ДК – допоміжний котел;
ДАУ – дистанційно автоматичне керування;
ЕУ – енергетична установка;
КВЛ – конструктивна ватерлінія;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
МВ – машинне відділення;
МОД – малообертовий двигун;
ОУ – опріснювальна установка;
ПНВТ – паливний насос високого тиску;
СЕС – суднова електростанція;
СЕУ – суднова енергетична установка;
УК – утилізаційний котел;
ЦПУ – центральний пост управління;
ФТО – фільтр тонкого очищення

					КРБ.6.135.4211.02.С.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	7
Розділ 1 Загальна характеристика судна та енергетичної установки....	8
1.1 Загальні відомості про судно	9
1.2 Основні характеристики	10
1.3 Морехідні якості судна.....	11
1.4 Загальна характеристика СЕУ.....	12
Розділ 2 Визначення ефективності суднової енергетичної установки.....	13
2.1 Склад та параметри основного обладнання енергетичної установки.....	14
2.2 Розробка структурної схеми енергетичної установки.....	17
2.3 Режими роботи судна та суднової енергетичної установки.....	17
2.4 Розрахунок потоків енергії в СЕУ на основних режимах роботи.....	18
Розділ 3 Визначення параметрів суднового двигуна	
MAN B&W типу 7S70ME-C10.5.....	23
3.1 Загальний устрій та характеристики двигуна.....	24
3.2 Системи двигуна.....	27
3.3 Розрахунок робочого циклу двигуна.....	28
3.4 Побудова індикаторної діаграми	33
Розділ 4 Розрахунок характеристик суднового котла KangRim PA02.....	36
4.1 Загальний устрій котла.....	37
4.2 Вибір компоновальної схеми котла	39
4.3 Розрахунок процесу горіння	40
4.4 Тепловий баланс котла	43
4.5 Тепловий розрахунок топки та теплообмінних поверхонь.....	44
Розділ 5 Визначення характеристик загальносуднової системи –	
водяного пожежогасіння	50
5.1 Розробка розгорнутої принципової схеми	51
5.2 Гідрравлічний розрахунок системи	51
5.3 Комплектація системи основним обладнанням, розрахунок на міцність	
трубопроводу	57
Розділ 6 Охорона праці в машинному відділенні судна	64
6.1 Характеристика потенційних небезпек і шкідливостей у машинному	
відділенні.....	65
6.2 Рекомендації щодо захисту від пожежної небезпеки або шкідливостей.	66
Висновки.....	72
Література.....	73
Додатки	

ВСТУП

У даній роботі розглянута енергетична установка контейнеровозу YM CELEBRITY. Контейнеровоз - це спеціалізоване вантажне судно (суховантаж), призначене для перевезення товарів та вантажів у стандартних інтермодальних контейнерах. Вони становлять основу сучасної світової торгівлі, дозволяючи швидко та безпечно перевозити практично будь-які товари від електроніки до сировини морем.

Контейнеровоз YM CELEBRITY оснащений одновальною дизельною енергетичною установкою. Головні двигуни – MAN B&W типу 7S70ME-C10.5

В майбутньому планується збільшувати флот контейнеровозів, удосконалювати самі судна. Зокрема збільшувати їх можливості перевезення. А для цього потрібні більш потужні двигуни. Так що тема даної роботи на сьогоднішній день дуже актуальна і буде залишатись такою впродовж наступних років.

					КРБ.6.135.4211.02.В.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КРБ.6.135.4211.02.01.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
					Загальна характеристика судна та енергетичної установки	Літ.	Арк.	Аркушів	
Студент		Воронін Б.О.						8	5
Керівник		Кісетов Ю.В.				НУК			

РОЗДІЛ 1 Загальна характеристика судна та енергетичної установки

1.1 Загальні відомості про судно [1]

Суднобудівник:	CSBC Corporation, Тайвань
Назва судна	YM Celebrity
Власник/Оператор	Yang Ming Marine Transport Corp
Країна	Тайвань
Конструктор	CSBC Corporation
Країна	Тайвань
Використане місце проведення модельних випробувань	Hamburg Ship Model Basin (HSVA)
Прапор	Ліберія
Номер ІМО	9864502
Загальна кількість вже завершених 5 однотипних суден (за винятком представлених суден)	
Загальна кількість однотипних суден, що все ще замовлені	4

Побудовані компанією CSBC на верфі в Гаосюні (Тайвань) для місцевого лінійного оператора Yang Ming Marine Transport, контейнеровози YM Celebrity та YM Continent були названі під час спільної церемонії у травні 2020 року. Судно YM Celebrity було передане замовнику 27 травня, а його однотипне судно – через кілька днів у червні. Судно є першим із десяти контейнеровозів місткістю 2 940 TEU, побудованих за проектом CSBC, які сформують С-клас суден компанії-власника. Вони були спроектовані для фідерних та місцевих перевезень в Азії з можливістю заходу до максимальної кількості портів для забезпечення гнучкості експлуатації. Передбачається, що поставка всіх десяти суден буде завершена до середини 2021 року.

При довжині 209,75 м, ширині 32,8 м та осадці 11,2 м судна мають п'ятитрюмну конструкцію. Корпус дещо ширший, ніж у інших суден подібного розміру, що забезпечує більшу остійність та зменшує потребу у водяному

					КРБ.6.135.4211.02.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

баласті. Судна оснащені вертикальним носом типу Sea Sword Bow без бульба, який менш чутливий до диференту, осадки та втрати швидкості, а ймовірність заливання палуби водою значно нижча, ніж у традиційного бульбового носа. Контейнеромісткість становить 1 040 TEU під палубою та 1 900 TEU на палубі; також передбачено 353 рефрижераторні розетки. Система кріплення контейнерів на палубі дозволяє змішане або «російське» розміщення контейнерів різних розмірів. Головний двигун – MAN B&W 7S70ME-C10.5 потужністю 20 500 кВт при 91 об/хв, який працює з одним високоефективним гребним гвинтом фіксованого кроку. Руль – скручуваного типу з бульбом, швидкість судна становить 21 вузол.

YM Celebrity стало першим судном, яке отримало позначення ABS SMART (INF, SHM). Це означає, що судно забезпечує власника інформацією про технічний стан конструкції, оцінює та прогнозує структурні пошкодження, а також надає підтримку у прийнятті рішень щодо безпечнішої та оптимальної експлуатації судна, проведення оглядів, ремонтів та управління технічним станом активів.

Усі десять суден серії будуть класифікуватися як «розумні судна» (Smart ships), але різними класифікаційними товариствами: п'ять – ABS, три – DNV GL і два – BV.

Судно класифіковано за ABS +A1 (E), “Container Carrier”, +AMS, +ACCU, SH, SHCM, FL(25), ENVIRO, IHM, UWILD, BWT, TCM, CSC, CLP-V, CPS, NBL, SMART (INF,SHM)

1.2 Основні характеристики

В таблиці 1.1 наведено головні розміри судна [1]

Таблиця 1.1 Загальні технічні характеристики судна.

Загальна довжина	209,75 м
Ширина судна	32,80 м
Висота до головної палуби	16,80
Осадка:	
Робоча	11,20 м

					КРБ.6.135.4211.02.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Проектна	9,50 м
Валова вантажовмісткість	32720 т
Дедвейт:	
Проектний	27500 т
Робочий	37400 т
Загальний об'єм вантажу	353FEU
Швидкість	21,0 вузла
Об'єм паливних цистерн:	
важке паливо (мазут)	2700 м ³
дизельне паливо	200 м ³
Об'єм баласту	11200 м ³
Добове використання палива	71,2 т/добу

1.3 Морехідні якості судна

Форма корпусу й співвідношення головних розмірів забезпечують судну відповідні ходові й морехідні якості, як у повному вантажу, так і в баласті.[1]

Швидкість судна при тихій погоді, при хвилюванні не більше 2 балів і вітрі не більше 3 балів за шкалою Бофорта, глибині не менше 40 метрів складає 19,5 вузлів. Швидкість повинна бути досягнута на 90% навантаження при потужності двигунів 20500 кВт, при використанні важкого палива з в'язкістю 180 сСт при 50 °С. [1,2]

Добова витрата пального на головний двигун $G_{HFO}^{ГД} = 71,2 \text{ т/добу}$

Добова витрата пального на дизель-генератор 6L27/38 $G_{HFO}^{ДГ2} = 9,2 \text{ т/добу}$

Об'єм паливних цистерн для здійснення рейсу становить

$$\sum V_{HFO}^{ХР} = 2700 \text{ м}^3$$

Автономність плавання на максимально навантаженому режиму за запасами палива можемо визначити за формулою, доба [3]

$$T_a = \frac{\sum V_{HFO}}{k_3 \cdot (G_{HFO}^{ГД} + 2G_{HFO}^{ДГ}) \cdot \rho} = \frac{2700}{1,15 \cdot (71,2 + 2 \cdot 9,2) \cdot 0,960} = 27,$$

де $k_3 = 1,1 - 1,2$ – коефіцієнт запасу пального

					КРБ.6.135.4211.02.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Дальність плавання танкера за запасами палива можемо визначити за формулою, милі [3]

$$S = v \cdot T_a = 21 \cdot 27 \cdot 24 = 13608$$

де v – середня експлуатаційна швидкість руху судна, вуз; T_a – час ходового режиму, години.

1.4 Загальна характеристика СЕУ

Суднова енергетична установка складається з:

- головного двигуна фірми Hyundai – MAN B&W типу 7S70ME-C10.5, потужністю – 20500 кВт кожний, з частотою обертання 91 об/хв;
- три дизель-генератори фірми STX Engine типу 6L27/38 потужністю по 1900 кВт;
- одного аварійного дизель-генератора;
- одного допоміжного водотрубного котла, продуктивністю 2,3 т/год, фірми KangRim;
- опріснювальної установки типу AQUA фірми Alfa Laval, продуктивністю 16 т/добу.

Машинне відділення на судні має кормове розташування.

Висновки:

1. Особливістю цього судна є наявність 353 TEU, що мають рефрижераторні установки з 2949 контейнерів, що пояснює наявність трьох ДГ потужністю 1900 кВт кожний.
2. Для забезпечення рекомендованої економічної швидкості 19,5 вузлів застосовано одновальну дизельну установку з МОД потужністю 20500 кВт при застосуванні прямої передачі потужності на ГФК діаметром 7,8 метрів.
3. Автономність по запасам пального – до 27 діб, а дальність плавання до 13608 миль.

					КРБ.6.135.4211.02.01.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення ефективності суднової енергетичної установки	Літ.	Арк.	Аркуші
							13	10
Студент		Воронін Б.О.				НУК		
Керівник		Кісєтов Ю.В.						

РОЗДІЛ 2 Визначення ефективності суднової енергетичної установки

2.1 Склад та параметри основного обладнання енергетичної установки

Головний двигун

В якості головного двигуна на судні використовується двигун ряду MAN B&W 7S70ME-C10.5, який є семициліндровими, двотактним, супердовгоходовим, рядними, з наддувом, з водяним охолодженням, має турбокомпресор та електронне керування. Потужність на виході при 85% навантаження 20500 кВт і частотою обертання валу 91 об/хв. Хід поршня 2800 мм, діаметр циліндра 700 мм. У додатку 2 представлені технічні дані по даному двигуну. [4]

Головні суднові передачі, муфти, валопроводи та рушії

Валопровід включає: гребний гвинт, гребний вал, дейдвудний пристрій, опорні підшипники, масляну систему змащування та охолодження, стопорний пристрій.[1]

Гребний та проміжний вали виконані кованими з конструкційної сталі. Гребний вал - безфланцевий з насадженою на нього муфтою для з'єднання з проміжним валом. Головний упорний підшипник вбудований в двигун.

Діаметри валів визначимо згідно методики, наведеній у Регістрі судноплавства України том 3 [5]. Приймаємо, що гребний вал зроблено зі сталі категорії міцності КМ-25, а проміжний вал – КМ-23 ($R_{гв} = 480$ МПа та $R_{пв} = 440$ МПа відповідно) розрахунок на міцність доцільно проводити на номінальну потужність при 100% навантаженні ГД $N_e = 24010$ кВт при відповідній частоті обертання $n = 91$ хв⁻¹. Приймаємо коефіцієнти, що враховують особливості пропульсивноно комплексу: $F = 100$ для дизельних установок з прямою передачею; $k = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує конструкцію з'єднання валу та гребного гвинта. Отже найменший припустимий діаметр обчислюється таким чином, мм:

$$d_{np} \geq F \sqrt[3]{\frac{N_e}{n_{ВП}}} \geq 100 \sqrt[3]{\frac{24010}{91}} \geq 641$$

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальний розрахунковий діаметр гребного валу, мм:

$$d_{\min} \geq F \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{N_e}{n_{\text{ВП}}}} \geq 100 \cdot 1,22 \cdot \sqrt[3]{\frac{24010}{91}} \geq 782$$

Розрахункові діаметри валів, мм:

$$d_p^{\text{зп}} = d_{\min} \sqrt[3]{560 / (R_{\text{ГВ}} + 160)} = 782 \cdot \sqrt[3]{560 / (480 + 160)} = 748$$

$$d_p^{\text{нр}} = d_{\text{нр}} \sqrt[3]{560 / (R_{\text{ГВ}} + 160)} = 641 \cdot \sqrt[3]{560 / (440 + 160)} = 626$$

де d_3 – зменшений діаметр валу, мм; d – розрахунковий діаметр валу, мм;

Приймаємо найближче більше значення згідно таблиці номральних діаметрів для валів [5]: діаметр гребного валу $d_{\text{зп}} = 630$ мм; · діаметр проміжного валу $d_{\text{нр}} = 750$ мм. До допоміжного обладнання валопроводу належать: валоповоротний пристрій з електричним приводом, що використовується для прокручування вала після зупинки двигуна задля уникнення прикипання масляної плівки в підшипниках, і гальмівний пристрій, призначений для фіксації валопроводу при аварійних ситуаціях або в період ремонту

В якості рушія на судні встановлений два гребних гвинта діаметром 5,0 м кожен, регульованого кроку, виготовлені з високоміцної бронзи (мідь, алюміній, залізо, нікель).

Суднова електростанція

До складу суднової електростанції входять 3 синхронні електричні генератори, потужністю по 1900 кВт кожен, частотою обертання 800 об/хв.

Основні характеристики приводних двигунів наведені у додатку 3.

Модель приводних теплових двигунів – STX Engine/ 6L27/38. Це шестициліндрові, чотирьохтактні, рядні, нереверсивні прості дії дизельні двигуни, що змонтовані на одній фундаментній рамі з генератором, встановленої на амортизаторах. Хід поршня 380 мм, діаметр циліндра 270 мм. Всі обслуговуючі насоси і теплообмінні апарати навішені на двигуни, що мають наступні характеристики. [6]

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Допоміжна котельня установка

Для виробництва пари на судні встановлено один допоміжний котел фірми KangRim Heavy Industries.[7]

Таблиця 2.1. Основні характеристики допоміжного котла

Паропродуктивність, кг/год	2300
Тиск, МПа	0,7
Температура живильної води, °С	50
ККД	0,88

Опріснювальна установка

Опріснювальна установка AQUA – одне з головних досягнень компанії Альфа Лаваль, засноване на знаннях і досвіді, накопичених за довгі роки.

Визначаємо продуктивність установки враховуючи потреби СЕУ та людей на судні [8].

$$D_s^{OY} = (10^{-3} \cdot 24 \cdot \alpha \cdot [\sum D_{\Pi}^{DK}]) + 10^{-3} \cdot w \cdot n_e \cdot 2 =$$
$$= (10^{-3} \cdot 24 \cdot 0,005 \cdot [2300] + 32 \cdot 240 \cdot 10^{-3}) \cdot 2 = 15,6 \text{ т/добу}$$

де 24 – враховує кількість годин на добу; $\alpha = 0,005-0,01$ – коефіцієнт продувки ДК [8]; $w = 240...300$ – норма води на 1 члена екіпажу на добу, кг/добу; n_e – кількість постійно перебуваючих на судні членів екіпажу включає ремонтну бригаду, чол.; 2 – враховує необхідність поповнення добових витрат води при 12 годинному режимі роботи ОУ.

Потреби судна забезпечується однією опріснювальною установкою Alfa Laval AQUA Blue E1 S-type, що працює від тепла охолоджуючої води головного двигуна, паропродуктивність якої становить 5 – 60 м³/добу. [9]

Опріснювальна установка вакуумного типу, працює на гарячій воді, яка охолоджує головний двигун.

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2.2 Розробка структурної схеми енергетичної установки

Структурна схема енергетичної установки представлена на рис. 2.1.

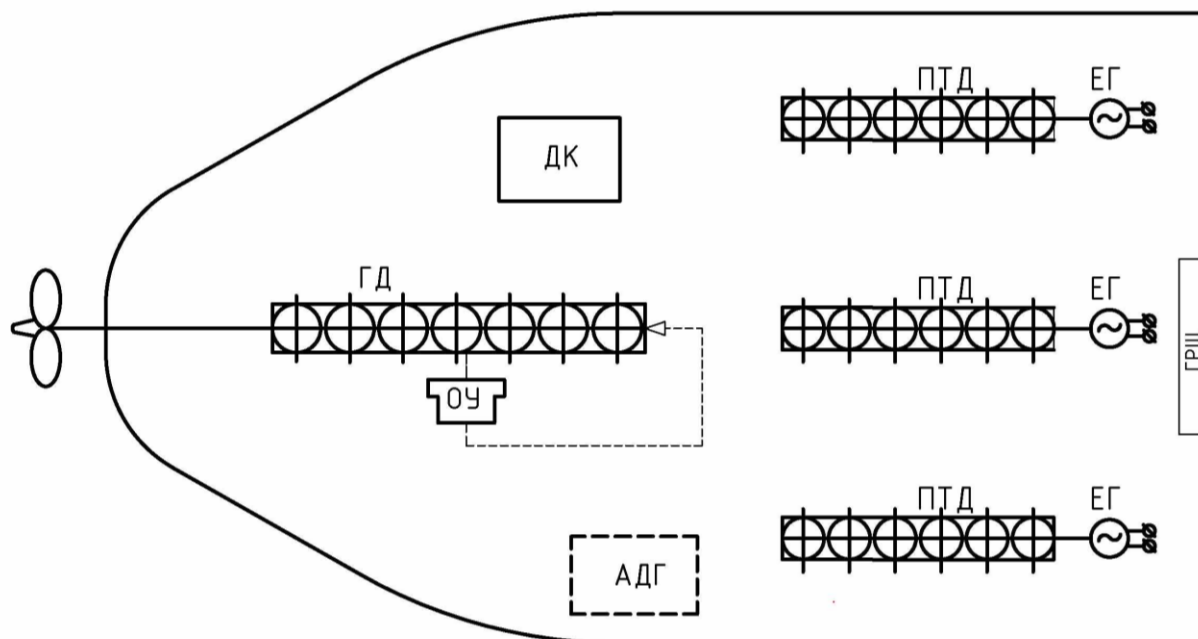


Рис. 2.1 Структурно-функціональна схема суднової енергетичної установки газовозу LA MANCHA KNUTSEN:

ГД – головний двигун, ОУ – опріснювальна установка, ДК – допоміжний котел, ПТД – первинний тепловий двигун, ЕГ – електрогенератор, АДГ – аварійний дизель-генератор (на схемі показано умовно, так як його розташовано в окремому приміщенні вище палуби водонепроникних перебірок), ГРЩ – головний розподільний щит.

2.3 Режими роботи судна та суднової енергетичної установки

Табл. 2.2 Режими роботи елементів СЕУ

Оснащення (кількість)	Ходовий	Стоянка з вантажними операціями	Стоянка без вантажних операцій	Аварійний
ГД	+	--	--	--
ДГ (3)	+(2)	+(2)	+(1)	--
ДК	+	+	+	--
ОУ	+	--	--	--
АДГ	--	--	--	+

2.4 Розрахунок потоків енергії в СЕУ на основних режимах роботи [10]

Головний двигун

Розрахуємо потоки теплоти в головному двигуні:

Теплота, яка виділилася при спалюванні палива, кВт

$$Q_{ПАЛ}^{ГД} = g_e N_e Q_i^r = 0,166 \cdot 20500 \cdot 42700 / 3600 = 40363 \text{ кВт};$$

$$G_{ПАЛ} = g_e N_e = 0,166 \cdot 20500 / 3600 = 0,945 \text{ кг/с.}$$

Теплота, яка втрачається з відпрацьованими газами:

$$Q_G^{ГД} = G_G c_{PG} T_G - G_{ПОВ} c_{РПОВ} T_{ПОВ} = 35,41 \cdot 1,13 \cdot 473 - 34,47 \cdot 1,05 \cdot 310 = 7706 \text{ кВт}$$

де G_G , $G_{ПОВ}$ – кількість відпрацьованих газів і повітря двигуна.

$$G_{ПОВ} = \alpha_\Sigma L_0 g_e N_e = 2,55 \cdot 14,3 \cdot 0,166 \cdot 20500 / 3600 = 34,47 \text{ кг/с};$$

$$G_G = G_{ПОВ} + G_{ПАЛ} = g_e N_e (1 + \alpha_\Sigma L_0) = 0,166 \cdot 20500 (1 + 2,55 \cdot 14,3) / 3600 = 35,41 \text{ кг/с.}$$

Теплота, яка відбирається від наддувочного повітря:

$$Q_{Н.ПОВ.} = G_{ПОВ} c_{РПОВ} (T_K - T_{ПОВ}) = 34,47 \cdot 1,05 (476 - 310) = 6370 \text{ кВт}$$

де T_K – температура повітря після наддувочного компресора.

$$T_K = T_{ПОВ} + \Delta T = T_{ПОВ} \left[1 + \left(\pi^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \frac{1}{\eta_K} \right] = 310 \left[1 + (3,768^{0,286} - 1) \frac{1}{0,86} \right] = 476 \text{ К};$$

Втрати теплоти від розсіювання в навколишнє середовище є залишковим членом балансу і складають 1,5...2,0 % від:

$$Q_{ЗАЛ}^{ГД} = 0,015 Q_{ПАЛ}^{ГД} = 0,015 \cdot 40363 = 605 \text{ кВт.}$$

Для визначення $Q_{пр.в.}$ і Q_M у разі відсутності результатів теплотехнічних випробувань конкретного двигуна використовують статистичні дані, згідно яких втрати теплоти з прісною водою складають 8..14 %, з маслом – 3,5...7,0 % від кількості теплоти, яка виділиться при спалюванні палива в теплових двигунах. В даному випадку для ВОД прийmemo 9 % втрат теплоти з прісною водою і 4,5 % - з маслом. Тобто:

$$Q_{ПР.В.}^{ГД} = 0,09 \cdot Q_{ПАЛ}^{ГД} = 0,09 \cdot 40363 = 3633 \text{ кВт};$$

$$Q_M^{ГД} = 0,045 \cdot Q_{ПАЛ}^{ГД} = 0,045 \cdot 40363 = 1816 \text{ кВт.}$$

Зробимо перевірку рівняння теплового балансу для головного двигуна:

$$Q_{ПАЛ}^{ГД} = N_e + Q_G^{ГД} + Q_{Н.ПОВ.}^{ГД} + Q_{ПР.В.}^{ГД} + Q_M^{ГД} + Q_{ЗАЛ}^{ГД},$$

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$40363 = 20500 + 7706 + 6008 + 3633 + 1816 + 605$$

$$40363 = 40268$$

Нев'язка балансу складає 0,23 %, допустимий небаланс – 0,5 %.

Опріснювальна установка

З попередніх розрахунків відомо, що віл прісної води системи охолодження ГД для отримання дистилляту в ОУ надходить $Q_{\text{ПР.В}}^{\text{ГД}} = 3633$ кВт. Перепад температур гарячої прісної води і заборотної води у випарнику прийнятий 20 град, забортна вода кипітиме при 45 град. За таблицями водяної пари визначаємо відповідний тиск цієї вторинної пари і далі ентальпії сухої насиченої пари та морської води, з якої утворюється дистиллят.

Кількість теплоти, що може бути передана від гарячої прісної води для кипіння морської води і утворення вторинної пари:

$$Q_{\text{ОУ}} = D_{\text{ОУ}} (i'' - i_{3.В.}) = 20 \cdot 10^3 (2609 - 251,1) / 24 / 3600 = 546 \text{ кВт.}$$

ККД опріснювальної установки становить:

$$\eta_{\text{ОУ}} = \frac{Q_{\text{ОУ}}}{Q_{\text{ПР.В}}^{\text{ГД}}} = \frac{546}{3633} = 0,15$$

Дизель-генератор

Розрахунок потоків теплоти в первинному тепловому двигуні ДГ аналогічні розрахункам для головного двигуна.

Теплота, яка виділилася при спалюванні палива, кВт:

$$Q_{\text{ПАЛ}}^{\text{ДГ}} = g_e N_e Q_i^r = 0,188 \cdot 2040 \cdot 42700 / 3600 = 4549 \text{ кВт};$$

$$G_{\text{ПАЛ}} = g_e N_e = 0,188 \cdot 2040 / 3600 = 0,107 \text{ кг/с.}$$

Теплота, яка втрачається з відпрацьованими газами:

$$Q_{\text{Г}}^{\text{ДГ}} = G_{\text{Г}} c_{\text{РГ}} T_{\text{Г}} - G_{\text{ПОВ}} c_{\text{РПОВ}} T_{\text{ПОВ}} = 3,31 \cdot 1,14 \cdot 573 - 3,2 \cdot 1,05 \cdot 310 = 1120 \text{ кВт}$$

де $G_{\text{Г}}$, $G_{\text{ПОВ}}$ – кількість відпрацьованих газів і повітря двигуна.

$$G_{\text{ПОВ}} = \alpha_{\Sigma} L_0 g_e N_e = 2,1 \cdot 14,3 \cdot 0,188 \cdot 2040 / 3600 = 3,2 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{Г}} = G_{\text{ПОВ}} + G_{\text{ПАЛ}} = g_e N_e (1 + \alpha_{\Sigma} L_0) = 0,188 \cdot 2040 (1 + 2,1 \cdot 14,3) / 3600 = 3,31 \text{ кг/с.}$$

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплота, яка відбирається від наддувочного повітря:

$$Q_{H,ПОВ.}^{ДГ} = G_{ПОВ} C_{РПОВ} (T_K - T_{ПОВ}) = 3,2 \cdot 1,05 \cdot (490 - 310) = 605 \text{ кВт}$$

де T_K – температура повітря після наддувочного компресора:

$$T_K = T_{ПОВ} + \Delta T = T_{ПОВ} \left[1 + \left(\pi^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \frac{1}{\eta_K} \right] = 310 \left[1 + \left(3,7^{0,286} - 1 \right) \frac{1}{0,78} \right] = 490 \text{ К};$$

Втрати теплоти від розсіювання в навколишнє середовище є залишковим членом балансу і складають 1,5...2,0 % від:

$$Q_{ЗАЛ}^{ДГ} = 0,015 Q_{ПАЛ}^{ДГ} = 0,015 \cdot 4549 = 68 \text{ кВт.}$$

У разі відсутності результатів теплотехнічних випробувань конкретного двигуна використовують статистичні дані, згідно яких втрати теплоти з прісною водою складають 8...14 %, з маслом – 3,5...7,0 % від кількості теплоти, яка виділиться при спалюванні палива в теплових двигунах. В даному випадку для СОД приймемо 14 % втрат теплоти з прісною водою і 6,2 % - з маслом. Тобто:

$$Q_{ПР.В}^{ДГ} = 0,12 \cdot Q_{ПАЛ}^{ДГ} = 0,12 \cdot 4549 = 546 \text{ кВт.}$$

$$Q_M^{ДГ} = 0,037 \cdot Q_{ПАЛ}^{ДГ} = 0,037 \cdot 4549 = 168 \text{ кВт.}$$

Зробимо перевірку рівняння теплового балансу для ДВС, який приводить електрогенератор (верхні індекси «ДГ» опущені):

$$Q_{ПАЛ} = N_e + Q_{Г} + Q_{H,ПОВ.} + Q_{ПР.В.} + Q_M + Q_{ЗАЛ},$$

$$4549 = 2040 + 1120 + 605 + 546 + 168 + 68$$

$$4549 = 4547$$

Нев'язка балансу складає 0,04%, допустимий небаланс –0,5 %.

Потужність електрогенератора

$$P_{ег}^{ДГ} = N_e \cdot \eta_{ег} = 2040 \cdot 0,93 = 1900 \text{ кВт.}$$

Допоміжний котел

Кількість теплоти, що витрачено для здобуття насиченої пари

$$Q_s^{ДК} = D_s^{ДК} (i'' - i_{ж.в}) = 2300 \cdot (2760,1 - 209,7) / 3600 = 1629 \text{ кВт}$$

Ентальпії сухої насиченої пари i'' та живильної води i знаходимо по таблицях для водяної пари при тиску $p_s = 0,7 \text{ МПа}$ та $t_{ж.в} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Кількість теплоти, яка виділилася при спалюванні палива в котлі:

$$Q_{\text{ПАЛ}}^{\text{ДК}} = \frac{Q_s^{\text{ДК}}}{\eta^{\text{ДК}}} = \frac{1629}{0,88} = 1851 \text{ кВт}$$

Розраховано потоки теплоти в окремих елементах СЕУ. Визначення коефіцієнтів корисної дії та коефіцієнтів використання теплоти є перевіркою правильності розрахунків і відповідності цих показників реальним значенням для прийнятого обладнання.

Враховуємо, що обладнання в складі СЕУ має різні функціональні зв'язки між собою, на різних режимах роботи судна працюють різні за призначенням та кількістю види обладнання. Тому у заключній частині розрахунків визначаємо ефективність роботи СЕУ як суднового комплексу на окремих режимах. Розглянемо режим ходовий з вантажем та режим стоянки з вантажем.

Ходовий режим

З таблиці режимів роботи бачимо, що на ходовому режимі працюють головний двигун, два дизель-генератора, опріснювальна установка та допоміжний котел.

До рушія підводиться потужність $N_{\text{ВП}}$ (втрати потужності в підшипниках валопровода складають 1%):

$$Q_{\text{ВП}} = N \cdot (1 - \eta_{\text{ВП}}) = 20500 \cdot 0,01 = 205 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ВП}} = N - Q_{\text{ВП}} = 20500 - 205 = 20295 \text{ кВт.}$$

Втрати енергії на рушієві Q_P визначаються величиною пропульсивного коефіцієнта ($\eta_p = 0,70$):

$$Q_P = 0,3 \cdot 20295 = 6089 \text{ кВт.}$$

Потужність, яка перетвориться на упор, є тим самим корисним ефектом ПК, який має місце в результаті спалювання палива в головному двигуні:

$$N_R = N_{\text{ВП}} - Q_P = 20295 - 6089 = 14206 \text{ кВт.}$$

Інакше можна записати:

$$N_R = N_e^{\text{ГД}} \eta_{\text{ВП}} \eta = 20500 \cdot 0,99 \cdot 0,7 = 14206 \text{ кВт,}$$

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\eta_{вп}$, $\eta_{п}$ – коефіцієнти корисної дії валопроводу та гвинта.

Втратами енергії у муфтах враховуються тільки при використанні муфт ковзання, для муфт усіх інших типів утратами енергії нехтуємо.

ККД пропульсивного комплексу визначимо формулою

$$\eta_e^{ПК} = \frac{N_R}{Q_{ПАЛ}^{ГД}} = \frac{14206}{40363} = 0,35$$

Коефіцієнт використання теплоти в СЕУ на ходовому режимі:

$$\left(\eta_{В.Т.}^{СЭУ}\right)_{Х.Р.} = \frac{N_R + Q_S^{ДК} + Q_{ОУ} + 2P_{ЕГ}^{ДГ}}{Q_{ПАЛ}^{ГД} + Q_{нал}^{ДК} + Q_{ПАЛ}^{ДГ}} = \frac{14206 + 1629 + 546 + 2 \cdot 1900}{40363 + 1851 + 2 \cdot 4549} = 0,39$$

Коефіцієнт корисної дії СЕУ на ходовому режимі:

$$\left(\eta_e^{СЭУ}\right)_{Х.Р.} = \frac{N_R + 2P_{ЕГ}^{ДГ}}{Q_{ПАЛ}^{ГД} + Q_{нал}^{ДК} + 2Q_{ПАЛ}^{ДГ}} = \frac{14206 + 2 \cdot 1900}{40363 + 1851 + 2 \cdot 4549} = 0,35$$

Режим стоянки з вантажними операціями

На стоянці з вантажними операціями працюють два дизель-генератори та допоміжний котел.

Коефіцієнт використання теплоти в СЕУ на режимі стоянки з вантажними операціями:

$$\left(\eta_{КВТ}^{СЭУ}\right)_{СТ.безВО.} = \frac{2P_{ЕГ}^{ДГ} + Q_S^{ДК}}{Q_{ПАЛ}^{ДГ} + Q_{ПАЛ}^{ДК}} = \frac{2 \cdot 1900 + 1629}{2 \cdot 4549 + 1851} = 0,50$$

Коефіцієнт корисної дії СЕУ на режимі стоянки з вантажними операціями:

$$\left(\eta_e^{СЭУ}\right)_{СТ.безВО.} = \frac{2 \cdot P_{ЕГ}^{ДГ}}{2 \cdot Q_{ПАЛ}^{ДГ} + Q_{ПАЛ}^{ДК}} = \frac{2 \cdot 1900}{2 \cdot 4549 + 1851} = 0,35$$

Висновки

1. Наведені технічні характеристики та проведені розрахунки теплових балансів елементів СЕУ. Розраховано ККД та КВТ на двох режимах роботи судна: на ходовому режимі та стоянці з вантажними операціями, які становлять 0,39/0,35 та 0,50/0,35 відповідно.

2. Для підвищення ефективності СЕУ потрібно звернути увагу на ПУ.

					КРБ.6.135.4211.02.02.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення параметрів суднового двигуна 7S70ME-C10.5	Літ.	Арк.	Аркушів
							23	13
Студент	Воронін Б.О.					НУК		
Керівник	Кісетов Ю.В.							

РОЗДІЛ 3 Визначення параметрів суднового двигуна MAN B&W 7S70ME-C10.5

3.1 Загальний устрій та характеристики двигуна [4]

Двотактний, простої дії, кривошипний з надувом при постійному тиску і прямоточно-щілинним продуванням. Число циліндрів : 7. Діаметр поршня : 700 мм. Хід поршня : 2800 мм. Потужність у точці L_1 24010 кВт при 91 об/хв. Максимальний тиск: 210 бар. Експлуатаційна потужність при 85% MCR складає 20500 кВт при 91 об/хвил.

Фундаментна рама (рис. 3.1) складається з високих повздовжніх балок, зварених зі зварно-литими поперечними балками, в яких розміщені постілі рамових підшипників. Станіна зварна і має високу жорсткість, блок циліндрів чавунний. Фундаментна рама, станіна і блок циліндрів стягнуті між собою довгими анкерними зв'язками. Втулка циліндра опирається на блок циліндрів, її верхня частина виведена з блоку і охоплюється тонкою рубашкою, що створює порожнину охолодження. Штуцери для підведення циліндрового масла розташовані у верхній частині втулки (трохи вище верхньої полки блока циліндрів).

Кришка циліндра б кована, із розсвердленнями для охолоджуючої води. У кришці розташовані корпус випускного клапана з клапаном, дві форсунки (без спеціального охолодження), а також пусковий та запобіжний клапани.

Кришка циліндра ковпакоподібного типу, тому при розташування поршня у верхній мертвій точці головка поршня розташовується вище району ущільнення кришки і втулки циліндра.

Поршень виготовлено із хромо-молібденової сталі, охолоджується маслом, яке підводиться через телескопічний пристрій до штоку поршня біля крейцкопфного з'єднання.

Шатун має порівняно короткий стрижень, що сприяє зменшенню загальної висоти двигуна.

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

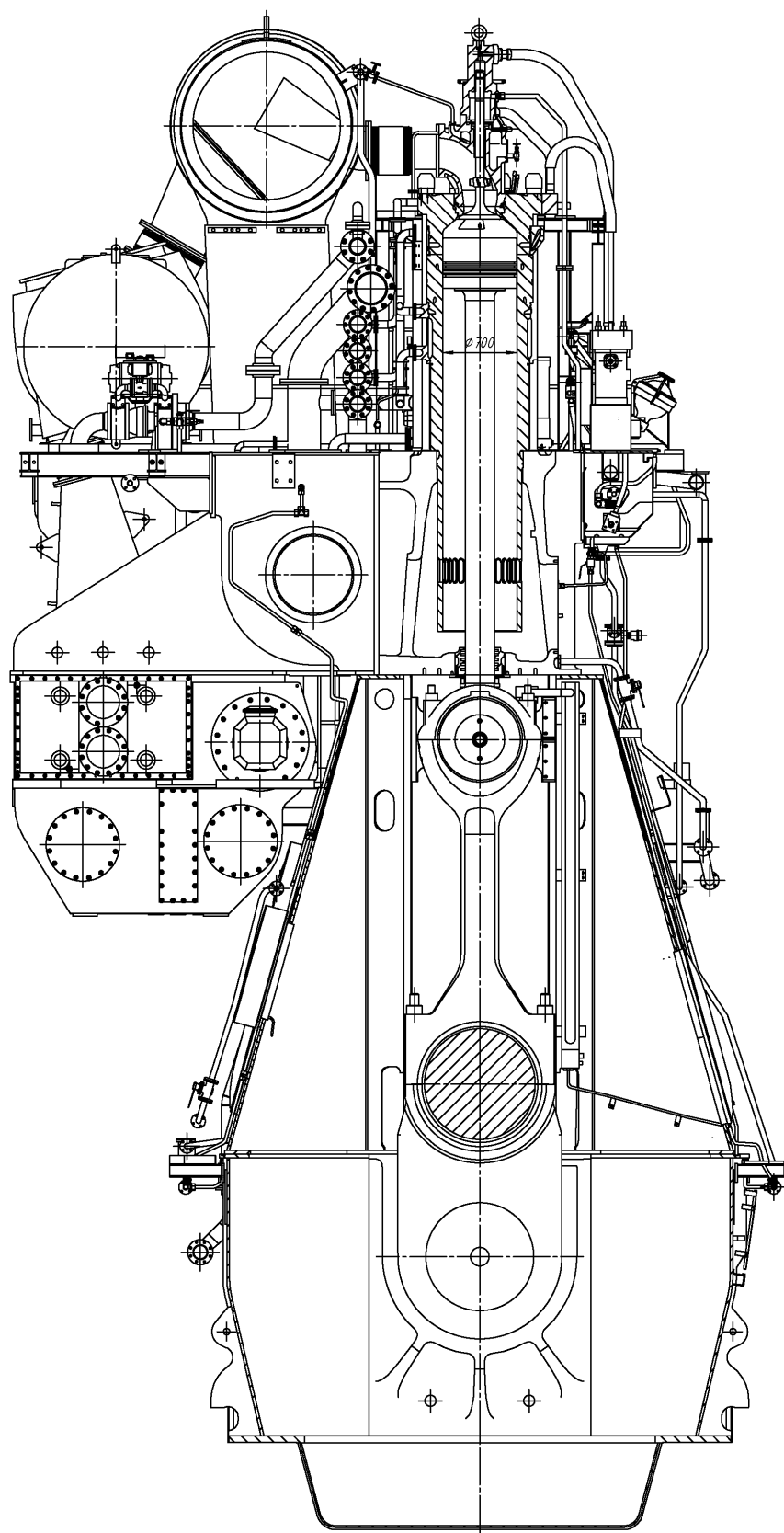


Рис.3.1 Двигун MAN B&W 7S70ME-C10.5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ

Арк.

25

Колінчастий вал зварного типу, зварення здійснено посередині рамкових шийок. Упорний вал складає єдине ціле з колінчастим валом, що зменшує загальну довжину двигуна з упорним підшипником і підвищує жорсткість остова.

Розподільчий вал приводиться до обертання від колінчастого валу ланцюгової передачі, яка добре зарекомендувала себе в експлуатації. Розподільчий вал приводить до руху золотникові паливні насоси високого тиску і поршні гідравлічних приводів випускних клапанів [4].

Реверсування двигуна відбувається без реверсування розподільчого валу. При зміні напрямку обертання двигуна відбувається реверс тільки розподільвача повітря і приводу паливного насоса високого тиску. Реверсування паливного насоса високого тиску здійснюється перестановкою ролика штовхача плунжера у нове положення.

Двигуни модельного ряду ME – перші двигуни компанії MAN B&W з прямоточно-клапанною продувкою. Потік повітря рухається вздовж вісі циліндру з чистим витісненням продуктів згоряння без значного перемішування їх з повітрям. Завдяки якійсній організації процесу газообміну двигуни з такою схемою продувки мають найменші значення коефіцієнту залишкових газів.

Тангенціальне розташування вікон в плані забезпечують закручення потоків повітря, що поступає в циліндр і їх гвинтоподібний рух від продувних вікон до випускних клапанів. Тангенціальний обертальний рух зберігається до кінця стиснення і сприяють покращенню сумішоутворення.

Завдяки ефекту чистого витіснення газів, якісна очистка циліндрів досягається навіть при незначному коефіцієнту надлишку повітря (1,45...1,55).

Застосування випускних клапанів при створення сучасних МОД дозволяє підбирати найвигідніші фази газорозподілу і керувати ними за допомогою мікропроцесорної техніки на всьому діапазоні робочих навантажень.

Двигун має ізобарну систему наддуву (з постійним тиском). При зменшенні навантаження приблизно до 25% підключають електроповітродувки. Клапанні коробки у повітряному ресивері тут використовують для попередження витрат продувного повітря при роботі двох електроповітродувок, які

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вмикаються автоматично. Повітряний ресивер не має герметичних перегородок, які відділяють порожнину кожного циліндру, як це було виконано на МОД попереднього покоління при використанні під поршневих порожнин у якості другого ступеня наддува.

3.2 Системи головного двигуна

Судновий двигун MAN B&W 7S70ME-C10.5 має загальноприйнятту систему пуску, що включає головний пусковий клапан, пускові клапани циліндрів і золотникового розподільника повітря. При реверсі двигуна реверсують лише розподільник повітря і штовхальники ПНВТ.

Система паливоподачі високого тиску золотникового типу з регулюванням по кінцю подачі, і дві голчасті неохолоджувальні форсунки з однобічним распилом палива на кожен циліндр. Конструкція паливної апаратури дозволяє працювати на всіх режимах експлуатації лише на високов'язких залишкових паливах, без використання дизельного палива.

Системи циркуляційного мастила колінчастого валу і розподільного валу розділені. Насоси мастила колінчастого валу (дві одиниці) - відцентрового типу, з електроприводом. Мастило подається до двигуна по двох трубах: від нижньої труби - на мастило рамових і упорних підшипників і на відсік приводів, від верхньої - до телескопів на мастило головних, крейцкопфів і мотильових підшипників і на охолодження поршнів. Мастило підшипників розподільного валу і живлення гідравлічної системи відкриття вихлопних клапанів забезпечується автономною системою з двома гвинтовими насосами з електроприводом.

Циліндрове мастило включає лубрикатори з вісьмома точками змащування на кожному циліндрі з подачею масла на кожному ході поршня.

Охолодження циліндрів забезпечується одним з двох відцентрових насосів з електроприводом, що подають прісну воду на охолодження діафрагм, циліндрових втулок, кришок і вихлопних клапанів циліндрів. Верхній борт втулки, кришка і сідло вихлопного клапана мають свердління для проходу во-

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ди, що охолоджує. Як правило, в системі встановлюється холодильник пластинчастого типу.

3.3 Розрахунок робочого циклу двигуна [11]

3.3.1 Початкові дані

Початкові дані для розрахунку процесів робочого циклу наведені у додатку 4

3.3.2 Розрахунок процесу наповнення

Температура повітря за компресором, К:

$$T_k = T_0 \left(1 + \frac{\frac{P_k}{P_0}^{0,266} - 1}{\eta_{ад}} \right) = 293 \left(1 + \frac{\frac{0,39}{0,1013}^{0,266} - 1}{0,81} \right) = 463$$

Температура повітря перед двигуном, К:

$$T_s = T_k - \eta_o(T_k - T_0) = 319$$

Температура заряду в кінці процесу наповнення, К:

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{319 + 15 + 0,025 \cdot 600}{1 + 0,025} = 340$$

Тиск повітря перед двигуном, МПа:

$$P_s = P_k - \Delta P_{охол} = 0,39 - 0,002 = 0,388$$

Тиск заряду в кінці процесу наповнення, МПа:

$$P_a = 0,97 \cdot P_s = 0,97 \cdot 0,388 = 0,376$$

Коефіцієнт наповнення:

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{P_s}{P_a} \frac{T_s}{T_a} \frac{1}{1 + \gamma_r} (1 - \varphi_n) = \frac{13,5}{13,5 - 1} \frac{0,388}{0,376} \frac{319}{340} \frac{1}{(1 + 0,025)} (1 - 0,1) = 0,862$$

3.3.3 Розрахунок процесу стискування

Середній показник політропи стискування:

$$n_1 = \frac{8,314}{a_{v_c + b_c N} (1 + \varepsilon^{n_1 - 1})} + 1 = \frac{8,314}{19,271 + 0,00251 \cdot 340 (1 + 13,5^{1,364 - 1})} = 1,364$$

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Тиск в кінці стискування, МПа:

$$P_c = P_a \epsilon^{n1} = 0,376 \cdot 13,5^{1,354} = 13,108$$

Температура в кінці процесу стискання, К:

$$T_c = T_a \epsilon^{n1} = 340 \cdot 13,5^{1,364} = 877$$

3.3.4 Розрахунок процесу згоряння

Дійсна кількість повітря для згоряння, кмоль/кг:

$$L = \frac{\alpha}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) = \frac{2,7}{0,21} \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} + \frac{0}{32} - \frac{0,004}{32} \right) = 1,276$$

Хімічний коефіцієнт молярної зміни:

$$\beta_0 = 1 + \frac{8H + O}{32L} = 1 + \frac{8 \cdot 0,126 + 0}{32 \cdot 1,276} = 1,0248$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни:

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1,0248 + 0,025}{1 + 0,025} = 1,0242$$

Частина палива, що згоріла у точці z:

$$x_z = \xi_z / \xi_b = 0,95 / 0,99 = 0,96$$

Коефіцієнт молекулярної зміни у точці z:

$$\beta_z = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_r} x_z = 1 + \frac{1,0248 - 1}{1 + 0,025} 0,96 = 1,023$$

Максимальна температура згоряння, К:

$$T_z = \frac{\frac{\xi_z Q_H}{\alpha L_0} + [C'_v + 8,314\lambda + \gamma_r(C''_v + 8,314)]T_c}{\beta_z(1 + \gamma_r)C_{pz}T_z} = 1717$$

Максимальний тиск згоряння, МПа:

$$P_z = \lambda \cdot P_c = 1,13 \cdot 13,108 = 14,812$$

3.3.5 Розрахунок процесу розширення

Ступінь попереднього розширення:

$$\rho = \frac{\beta_z T_z}{\lambda T_c} = \frac{1,023 \cdot 1717}{1,13 \cdot 877} = 1,773$$

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Ступінь подальшого розширення:

$$\delta = \varepsilon/\rho = 13,5/ 1,773 = 7,616$$

Середній показник політропи розширення:

$$n_2 = 1 + \frac{8,314(\frac{\beta_z}{\beta} T_z - T_b)}{\frac{Q_H(\xi_b - \xi_z)}{L(1 + \gamma_r)\beta} + \frac{\beta_z}{\beta}(a_{v_z} + b_z T_z)T_z - (a_{v_b} + b_b T_b)T_b} = 1,284$$

Температура в кінці процесу розширення, К:

$$T_b = T_z \frac{1}{\delta^{n_2-1}} = 1717 \frac{1}{7,616^{1,284-1}} = 963,809$$

Тиск в кінці процесу розширення, МПа:

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = 1,092$$

3.3.6 Визначення індикаторних показників

Теоретичний середній індикаторний тиск, МПа:

$$\begin{aligned} P_i' &= \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = \\ &= \frac{13,108}{13,5 - 1} \left[1,13(1,773 - 1) + \frac{1,13 \cdot 1,773}{1,26 - 1} \left(1 - \frac{1}{7,616^{1,284-1}} \right) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{1,354 - 1} \left(1 - \frac{1}{13,5^{1,354-1}} \right) \right] = 2,391 \end{aligned}$$

Дійсний середній індикаторний тиск, МПа:

$$P_i = P_i' \zeta (1 - \varphi_n) = 2,319 \cdot 0,98(1 - 0,1) = 2,109$$

Індикаторна питома витрата палива, кг/(кВт год):

$$b_i = 433 \frac{P_z \eta_H}{\alpha L_0 T_z P_i} = 433 \frac{14,812 \cdot 0,862}{2,7 \cdot 14,3 \cdot 1717 \cdot 2,109} = 0,169$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \frac{3600}{b_i \cdot Q_H} = \frac{3600}{0,169 \cdot 42170} = 0,5$$

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.3.7 Визначення ефективних показників

Середній ефективний тиск, МПа:

$$P_e = P_i \cdot \eta_m = 2,109 \cdot 0,95 = 2,004$$

Питома ефективна витрата палива, кг/(кВт год):

$$b_e = b_i / \eta_k = 0,169 / 0,95 = 0,1779$$

Ефективний ККД двигуна:

$$\eta_e = \eta_i \eta_m = 0,5 \cdot 0,95 = 0,475$$

3.3.8 Перерахунок π_k турбокомпресора на даному режимі роботи двигуна

Витрата повітря через компресор:

$$G = \left[\frac{\pi D_{ц}^2}{4} \right] S_{ц} \left(\frac{P_s \cdot 10^6}{RT_s} \right) \eta_{нiz} \left(\frac{n}{60} \right) \varphi_a = \left[\frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} \right] \cdot 3,256 \cdot \left(\frac{0,281 \cdot 10^6}{287 \cdot 358,2} \right) 0,85 \times \\ \times 7 \cdot 1 \cdot \left(\frac{127}{60} \right) \cdot 1,8 = 21,367 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Витрата газів через турбіну:

$$G_t = G + b_e \frac{N_e}{3600} = 21,367 + 0,1779 \frac{20500}{3600} = 22,38 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Тиск газів перед турбіною:

$$P_r = 0,95 P_k = 0,95 \cdot 0,286 = 0,264 \text{ МПа}$$

Температура газів перед турбіною:

$$T_t = T_b \left(\frac{P_r}{P_b} \right)^{\frac{n_2-1}{n_2}} = 1209 \left(\frac{0,264}{0,925} \right)^{\frac{1,264-1}{1,264}} = 949,2 \text{ К}$$

Загальна кількість продуктів згоряння:

$$M_s = \left(\frac{C}{12} \right) + \left(\frac{H}{2} \right) + [0,21(\alpha - 1)L_0] + (0,79\alpha L_0) = \left(\frac{0,84}{12} \right) + \left(\frac{0,126}{2} \right) + \\ + [0,21(2,65 - 1)0,495] + (0,79 \cdot 2,65 \cdot 0,495) = 0,92 \text{ кмоль}$$

Універсальна газова стала для відпрацьованих газів:

$$R_t = \frac{1}{\frac{C}{12M_s 189} + \frac{H}{2M_s 461,6} + \frac{0,21(\alpha - 1)L_0}{M_s 259,8} + \frac{0,79\alpha L_0}{M_s 296,8}} = \\ = \frac{1}{\frac{0,84}{12 \cdot 0,92 \cdot 189} + \frac{H}{2 \cdot 0,92 \cdot 461,6} + \frac{0,21(2,65 - 1)0,495}{0,92 \cdot 259,8} + \frac{0,79 \cdot 2,65 \cdot 0,495}{0,92 \cdot 296,8}} =$$

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$= 287,65$$

Показник адіабати розширення газів в турбіні:

$$k_t = \frac{(a_{vb} + b_b T_t) + 8,314}{a_{vb} + b_b T_t} = \frac{(19,95 + 0,0031 \cdot 949,2) + 8,314}{19,95 + 0,0031 \cdot 949,2} = 1,363$$

Дійсна ступінь підвищення тиску в турбокомпресорі:

$$\pi_k = \left[1 + \frac{\left(\frac{k_t}{k_t - 1} \right) R_t T_t \left[1 - \frac{1}{\left(0,905 \frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{k_t - 1}{k_t}}} \right] \eta_t G_t}{G R T_k \left(\frac{k_B}{k_B - 1} \right) \frac{1}{\eta_{k.ad}}} \right]^{\frac{1}{0,286}}$$

$$= \left[1 + \frac{\left(\frac{1,363}{1,363 - 1} \right) 287,65 \cdot 949,2 \left[1 - \frac{1}{\left(0,905 \frac{0,286}{0,103} \right)^{\frac{1,363 - 1}{1,363}}} \right] 0,98 \cdot 22,38}{21,367 \cdot 287 \cdot 418,6 \left(\frac{1,4}{1,4 - 1} \right) \frac{1}{0,839}} \right]^{\frac{1}{0,286}}$$

$$= 3,7687$$

Уточнений тиск стисненого повітря перед охолоджувачем:

$$P_{kd} = \pi_k P_0 = 3,7687 \cdot 0,103 = 0,3882 \text{ МПа}$$

Порівняння заданого і отриманого тиску наддува:

$$\Delta P_k = \frac{P_{kd} - P_k}{P_{kd}} = \frac{0,3882 - 0,39}{0,3882} = -0,046\%$$

Висновок: похибка у межах допустимої (0,1%).

Адіабатна робота привідного компресора (перший ступінь):

$$L_{k1} = R T_0 \left(\frac{k_B}{k_B - 1} \right) \left[\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{0,286} - 1 \right] = 287 \cdot 293 \left(\frac{1,4}{1,4 - 1} \right) \left[\left(\frac{0,39}{0,103} \right)^{0,286} - 1 \right] = 0$$

Потужність, що споживає перший ступінь наддуву:

$$N_k = \frac{L_k G}{1000 \eta_{k.ad} \eta_m} = 0$$

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Потужність двигуна на виході:

$$N_e = (13,1 D_{\text{ц}}^2 S_{\text{ц}} z P_e n i) - N_k = (13,1 \cdot 0,7^2 \cdot 3,256 \cdot 2004 \cdot 127 \cdot 7) - 0 = 20497 \text{ кВт}$$

Порівняння заданої і отриманої ефективної потужності двигуна:

$$\Delta N = \frac{N_e - N'_e}{N_e} = \frac{20497 - 20500}{20497} = -0,015\%$$

Висновок: похибка у межах допустимої (0,1%).

3.4 Побудова індикаторної діаграми

Розрахункову індикаторну діаграму будують по даним розрахунку робочого циклу. Побудова діаграми виконується аналітичним способом, так як графічні методи побудови дають великі помилки.

Ординати точок політропи стиску і розширення вираховуються за допомогою наступних формул:

$$p = p_c / (V/V_c)^{n_1} \text{ – для процесу стиску;}$$

$$p = p_z \cdot \rho^{n_2} / (V/V_c)^{n_2} \text{ – для процесу розширення,}$$

де $\frac{V}{V_c} = \varepsilon_x$ – відношення об'ємів, що представляє собою значення ступеня стиску в даний момент.

Таблиця 3.2 Результати розрахунків для побудови індикаторної діаграми

V/V_c	$p_{\text{ст}}$	$p_{\text{розш}}$	V/V_c	$p_{\text{ст}}$	$p_{\text{розш}}$
1,00	14,81		7,64	0,82	2,27
1,00	13,11	14,81	8,22	0,74	2,07
1,77	6,00	14,81	8,81	0,67	1,89
2,36	4,06	10,26	9,40	0,62	1,74
2,95	3,00	7,72	9,98	0,57	1,61
3,53	2,34	6,11	10,57	0,53	1,50
4,12	1,90	5,02	11,15	0,49	1,40
4,70	1,59	4,23	11,74	0,46	1,31
5,29	1,35	3,64	12,33	0,43	1,23
5,88	1,17	3,18	12,91	0,40	1,16
6,46	1,03	2,81	13,50	0,38	1,09
7,05	0,91	2,52	13,50		0,38

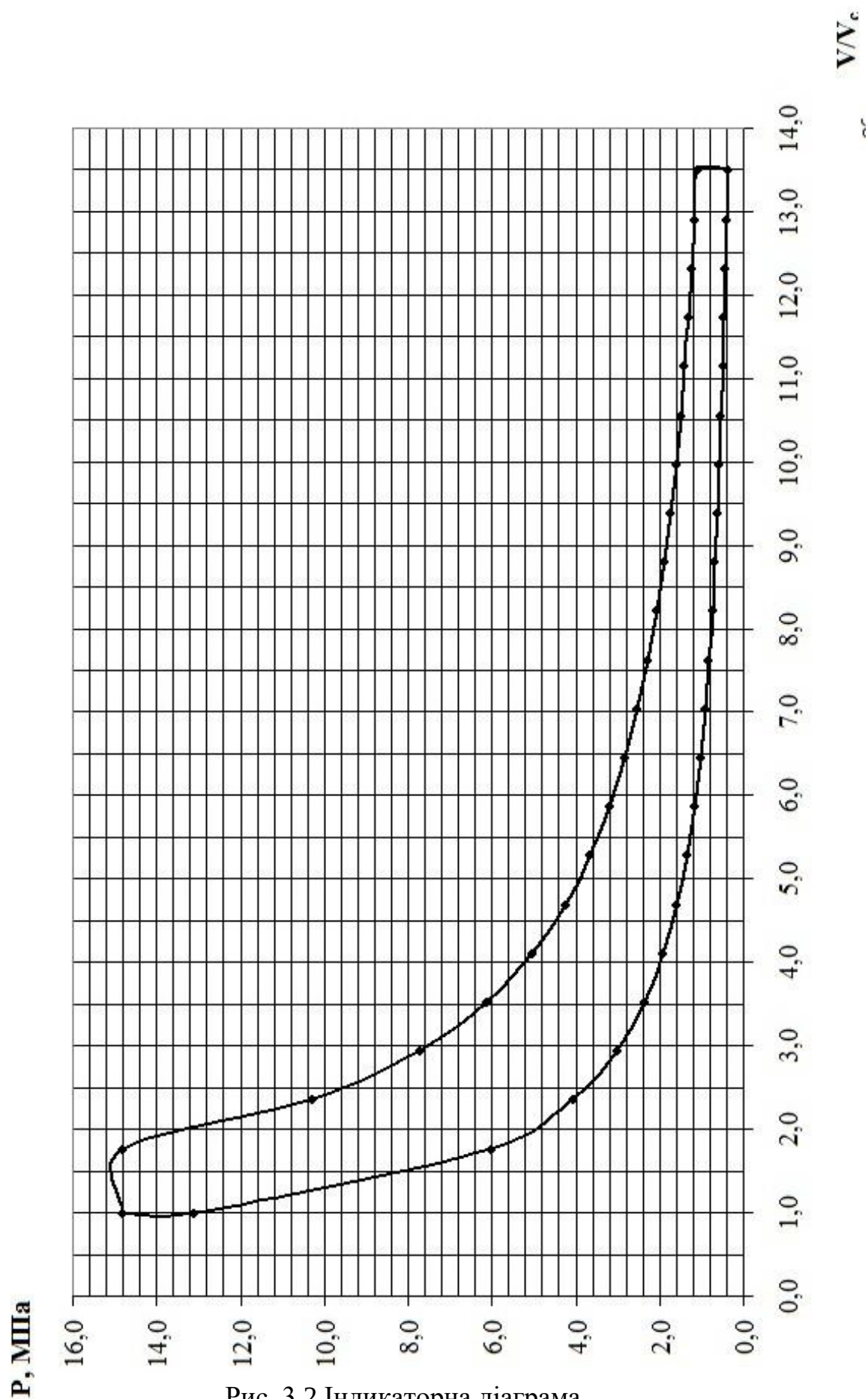


Рис. 3.2 Індикаторна діаграма

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ

Арк.

34

Висновки:

1. Розглянемо елемент ПУ – головний двигун. Застосування МОД дозволило суттєво підвищити ефективність за рахунок оптимізації процесів циклу. По що свідчать наведені вище розрахунки та побудована індикаторна діаграма.
2. Зараз крім ефективності значну увагу приділяють і екологічній безпеці, тому при застосуванні важкого пального де може бути значна кількість сірки доречно застосувати скруббер, що працює з використанням морської води для задовільнення сучасних вимог згідно 6 додатку МАРПОЛ.

					КРБ.6.135.4211.02.03.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок характеристик суднового допоміжного котла Kangrim PA		
Студент		Воронін Б.О.					
Керівник		Кісєтов Ю.В.					
					Літ. Арк. Аркушів 36 14 НУК		

РОЗДІЛ 4. Розрахунок характеристик суднового допоміжного котла

4.1. Загальний устрій котла

Вибір теплової схеми котельної установки та компоновальної схеми котла, тобто складу поверхонь нагріву і послідовності їх розташування по газоповітряному тракту, а також схеми з'єднання цих елементів по пароводяної стороні, повинен виконуватися на основі даних завдання на проектування та аналізу споживачів пари на судні [2]. При цьому мають бути опрацьовані такі питання:

- схема компоновання випарної поверхні;
- схема розташування пароперегрівника;
- необхідність установки хвостових поверхонь;
- конструктивні особливості цих поверхонь.

Склад котельної установки [2].

Паровий котел на рідкому паливі обслуговують наступні системи:

- паливна система (для підготовки та подачі палива на форсунки котла);
- живильна система (для підготовки та подачі води в котел);
- повітряно-газова система (для подачі повітря в топку котла та відводу з нього димових газів);
- система автоматичного регулювання та сигналізації (для регулювання живлення котла, горіння та температури перегрітої пари, захист котла);
- система продувки котла (для періодичного видалення з котла солі та шламу, що накопичуються в котловій воді);
- система вводу хімічних реагентів (для запобігання корозії та накипоутворення);

Допоміжна котельна установка виробляє пар для забезпечення:

- роботи головної енергетичної установки (підігрівники палива та масла, підігрівники кінгстонів забортної води і.т.д.);
- роботи системи теплопостачання судна (система опалення та гарячого водопостачання, система вентиляції);
- робота системи підігріву рідких вантажів та забезпечення технологічних потреб на промислових судах.

					КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для отримання насиченої пари, що використовується споживачами різного призначення (системою теплопостачання, насосами з паровим приводом, системою підігріву вантажу тощо), на сучасних суднах застосовують водотрубні та газотрубні автоматизовані котлоагрегати. Вибір марки котлоагрегата визначається необхідними паропродуктивністю і тиском пари.

Загальний вигляд котла Kangrim PA-type показано на рис.4.1. [7]



Рис. 4.1. Загальний вигляд котла Kangrim PA

Основні характеристики котлів типу Kangrim PA-type представлено у табл.4.1.

Таблиця 4.1. Основні характеристики котлів типу Kangrim PA-type

Продуктивність, кг/год	Робочий тиск, бар	Довжина L, мм	Ширина W, мм	Висота H, мм	Вага установки, кг
1600	7	3,570	2,200	2.46	5400
2500	7	3,780	2,450	2.70	6900
3000	7	3,828	2,550	2.78	7600
4000	7	4,578	2,750	2.98	10200
5500	7	4,730	2,950	3.18	12400
6500	7	5,230	3,100	3.35	14300

Особливості конструкції:

- Призначений для вирішення завдань спалювання шламу / відходів нафто-продуктів на борту суден
- Горизонтальний циліндричний котел.
- Має компакту конструкцію.
- Поставляється зі стаціонарною системою очищення від сажі.

4.2. Вибір компоувальної схеми котла

Компоувальна схема горизонтального газотрубного котла наведена на рис.

4.2.



Рис.4.2 Компоувальна схема газотрубного котла Kangrim PA

Топковий пристрій

Котли Kangrim PA-type комплектуються топковим пристроєм Aalborg KBE (рис.4.3). Даний топковий пристрій повністю автоматизований, конструкція компактна, надійна та проста у обслуговуванні. Гранично повне згоряння палива досягається електронним керуванням та контролем співвідношення повітря та палива [12].

					КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Aalborg KBE являє собою оптимізовану версію топкового пристрою Aalborg KB. Мала вага Aalborg KBE робить можливим кріплення його болтами або приваренням до корпусу котла.

Конструкція заснована на багаторічному досвіді Aalborg Industries у виготовленні суднових котлів та технологіях спалювання різних типів палива, забезпечуючи оптимальну продуктивність пальника для різних умов експлуатації.

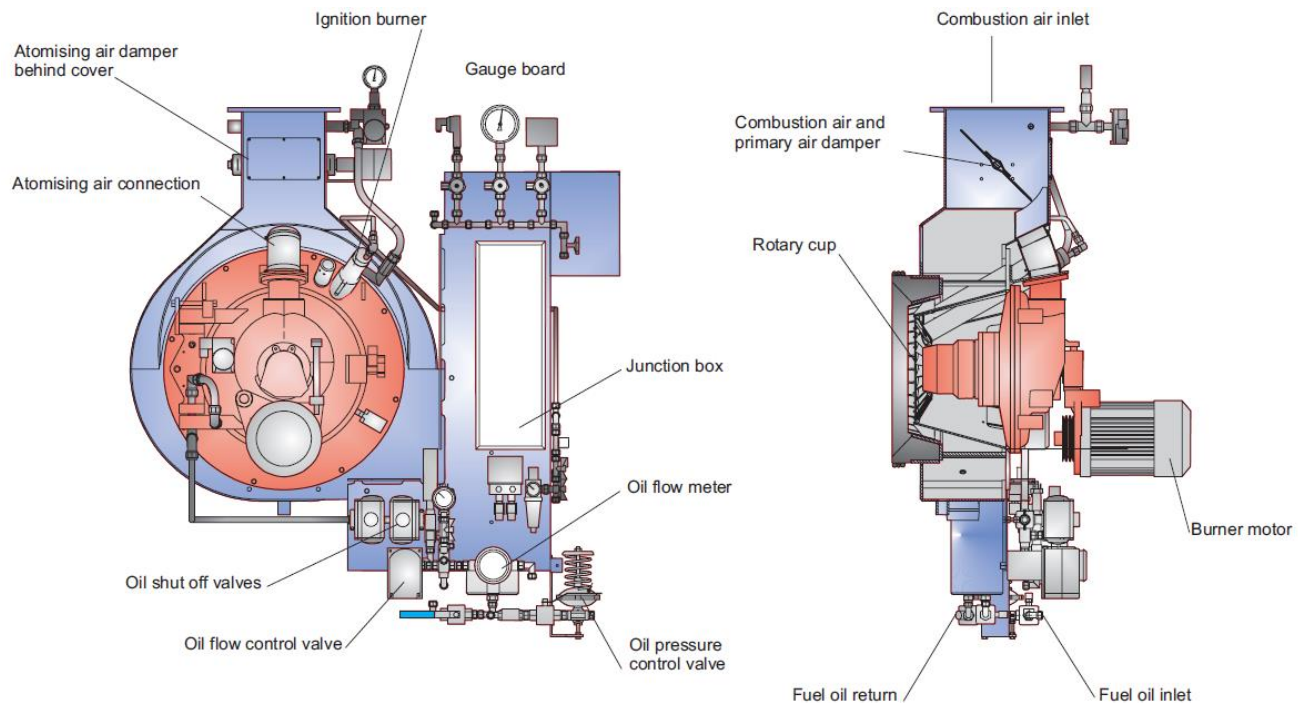


Рис.4.3. Топковий пристрій КВЕ

4.3. Розрахунок процесу горіння

Вхідні данні

Завдання на проектування					
№	Величина	Поз-на-чен-ня	Оди-ниця ви-міру	Формула або джерело	Вели-чина
1	Паропродук-тивність котла	$D_{н.п}$	кг/с	задано	0,694
2	Тиск насиче-ної пари	P_s	МПа	задано	0,7
3	Температура насиченої пари	t_s	°C	табл. «Теплофізичні властивості води на лінії насичення» [13]	164,9
4	ККД котла	η	%	задано	88

КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ					Арк.
					40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

5	Температура живильної води	$t_{п.в}$	С	задано	50
6	Температура повітря на вході до топки	$t_{х.в}$	°С	задано	45
7	Температура гарячого повітря	$t_{г.пов}$		задано	160
8	Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	приймаємо	1,15
9	Кількість форсунок	$N_{форс}$	шт.	задано	1
10	Марка палива		-	задано	М40С
11	Нижча теплота згоряння палива	$Q_{н.р.}$	кДж/кг	табл. «Характеристики палива» [13]	40600
12	Витрата розпилюючої пари на форсунку	$G_{ф}$	кг/кг	приймаємо	0,04
13	Тиск розпилюючої пари	$p_{ф}$	МПа	приймаємо	0,3
14	Вологовміст атмосферного повітря	d	кг/кг	приймаємо	0,01

Розрахунок кількості повітря та продуктів згоряння

1	Склад палива на робочу масу	C_p	%	табл. «Характеристики палива»	86,65
		H_p	%		10,5
		S_p	%		0,5
		$N_p + O_p$	%		0,7
		A_p	%		0,15
		W_p	%		1,5
2	Теоретична кількість сухого повітря	V_o	м ³ /кг	$V_o = 0.889(C_p + 0.375 S_p) + 0.265 H_p - 0.0333 O_p$	10,60
3	Об'єм триатомних газів	V_{RO2}	м ³ /кг	$V_{RO2} := 1.866 \cdot \frac{C_r + 0.375 \cdot S_r}{100}$	1,645
4	Надлишкова кількість сухого повітря	V_{nad}	м ³ /кг	$V_{nad} := V_o \cdot (\alpha - 1)$	1,59

5	Теоретичний об'єм водяної пари	V_{H_2O}	$\text{м}^3/\text{кг}$	$V_{H_2O} := V_{0H_2O} + 0.0161 \cdot V_{nad}$	1,362
6	Теоретичний об'єм водяної пари при $\alpha = 1$	V_{0H_2O}	$\text{м}^3/\text{кг}$	$V_{0H_2O} := 0.111 \cdot H_r + 0.0124 \cdot W_r + 0.0161 \cdot V_0$	1,336
7	Теоретичний об'єм азоту при $\alpha = 1$	V_{0N_2}	$\text{м}^3/\text{кг}$	$V_{0N_2} := 0.79 \cdot V_0 + 0.8 \cdot \frac{N_r}{100} = 8.8507$	8,379
8	Теоретичний об'єм продуктів згоряння при $\alpha = 1$	V_{0g}	$\text{м}^3/\text{кг}$	$V_{0g} := V_{RO_2} + V_{0N_2} + V_{H_2O}$	11,39
9	Дійсний об'єм продуктів згоряння	V_g	$\text{м}^3/\text{кг}$	$V_g := V_{RO_2} + V_{0N_2} + V_{nad} + V_{H_2O}$	12,98
10	Об'ємні частки триатомних газів:	r_{RO_2}	-	$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_g}$	0,127
11	Об'ємні частка водяної пари	r_{H_2O}	-	$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_g}$	0,105
12	Об'ємна частка суми триатомних газів	$r_{\text{сум}}$	-	$r_{\text{сум}} := r_{RO_2} + r_{H_2O}$	0,232

Розрахунок ентальпій повітря та продуктів згоряння проводиться в табличній формі з побудовою I - T – діаграми [13]

Результати розрахунків наведено у таблиці 4.2.

I - t діаграму продуктів згоряння дивись на рис.4.4.

Таблиця 4.2. Розрахунок для побудови I - t діаграми

$t, ^\circ\text{C}$	V_{RO_2}		$V_{N_2}^0$		$V_{H_2O}^0$		$I_{\text{пов}}^0$	$I_{\text{г}}^0$	$I_{\text{г}}$
	C_{RO_2}	$V_{RO_2} C_{RO_2}$	C_{N_2}	$V_{N_2}^0 C_{N_2}$	C_{H_2O}	$V_{H_2O}^0 C_{H_2O}$			
100	1,7	2.80	1,3	10.86	1,51	2.01	1404	1566	1777
200	1,787	2.94	1,3	10.89	1,52	2.03	2824	3173	3596
400	1,93	3.17	1,32	11.03	1,57	2.09	5743	6520	7381
600	2,04	3.36	1,34	11.23	1,61	2.16	8796	10046	11366
1000	2,2	3.62	1,39	11.66	1,72	2.30	15237	17587	19873
1400	2,31	3.81	1,43	12.02	1,83	2.44	22010	25577	28879
1800	2,39	3.93	1,47	12.31	1,92	2.57	28961	33852	38196
2200	2,45	4.03	1,5	12.53	2,0	2.67	36061	42301	47710

					КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

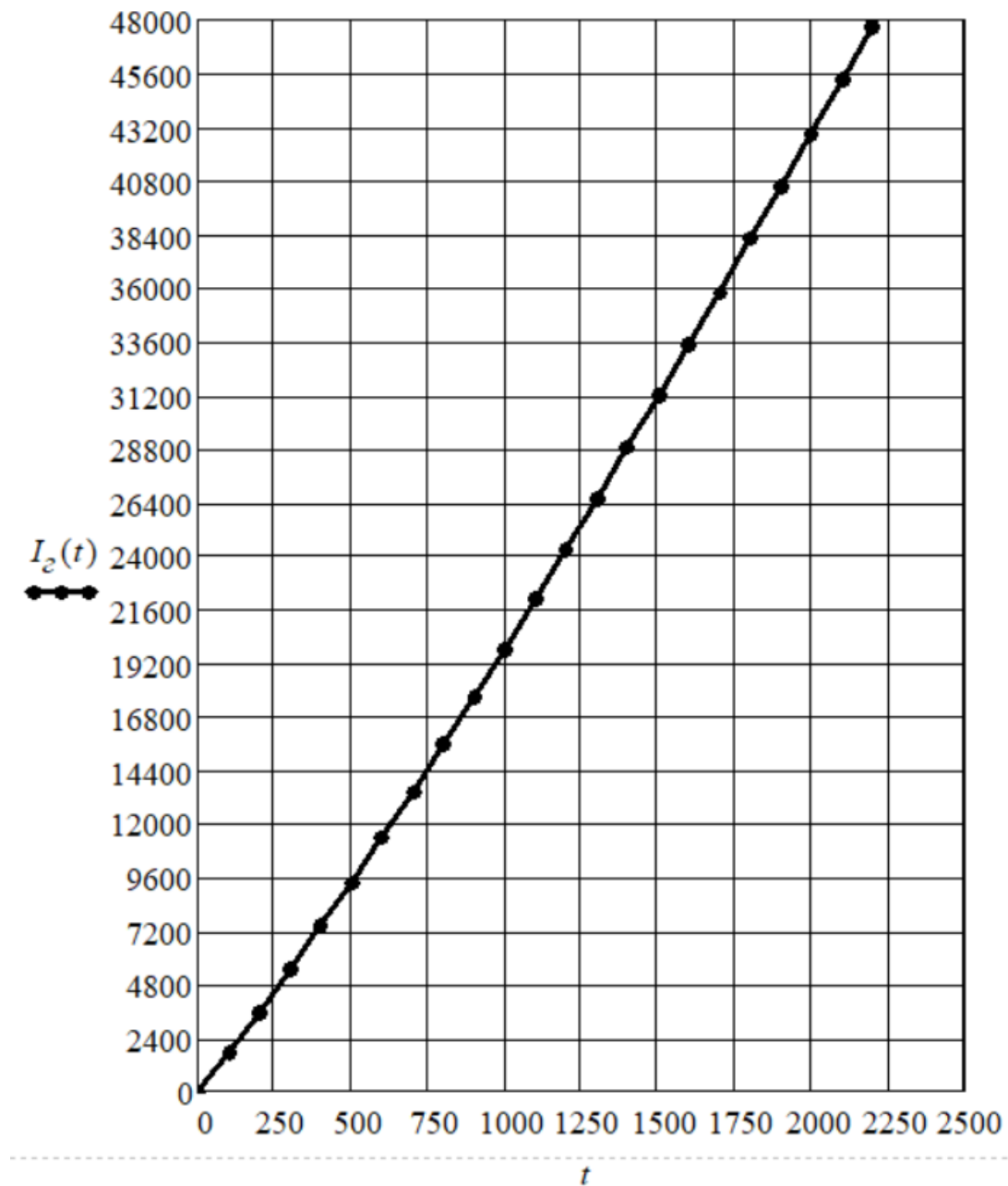


Рис.4.4 I - t діаграма продуктів згоряння

4.4 Тепловий баланс котла.

1	Температура підігріву палива	$t_{г.л}$	°C	приймаємо	115
2	Теплоємності при температурі повітря на вході в топку: Сухого повітря: водяної пари:	$C_{с.пов}$ C_{H_2O}	кДж/ м³	табл.3.4 [13]	1,299 1,499
3	Теплоємність палива	$C_{пал}$	кДж/ м³ К	$c_{пал} = 1.74 + 0.0025 t_{пал}$	2,03

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ

Арк.

43

4	Ентальпії: холодного повітря розпилюючої пари фізична тепл. пал. насиченої пари живильної води	$I_{x.пов}$ i_{ϕ} $i_{пал}$ $i_{н.п}$ $i_{ж.в}$	кДж/к Г	$I_{x.пов} = \alpha \cdot V_0 (c_{с.пов} + 1.6c_{H_2O} d) t_{x.пов}$ табл.6.4 [13] $i_{нал} = c_{нал} \cdot t_{нал}$ табл. «Властивості води і водя- ної пари» [13] табл. «Властивості води і водя- ної пари» [13]	725,80 2725 233,2 2764 209,3
5	Теплота, що вно- ситься розпилюю- чим паром:	Q_{ϕ}	кДж/к Г	$Q_{\phi} := G_{\phi} \cdot (i_{\phi} - 2500)$	9
6	Наявна теплота	$Q_{р.р}$	кДж/к Г	$Q_{р.р} = Q_{н.р.} + i_{нал} + Q_{\phi}$	39642
7	Відносні втрати тепла: від хімічної непо- вноти згоряння: від зовнішнього охолодження: з відхідними га- зами:	q_3 q_5 q_2	%	приймаємо приймаємо $q_2 = 100 - (\eta_{котла} + q_3 + q_5)$	0,005 0,01 8,985
8	Теплові втрати з відхідними газами	Q_2	кДж/к Г	$Q_2 = \left(\frac{q_2}{100} \right) Q_{р.р}$	3858
9	Ентальпія відхід- них газів:	$I_{відх}$	кДж/к Г	$I_{відх} = Q_2 + I_{х.пов}$	4584
10	Температура відхі- дних газів:	$t_{відх}$	°C	з I-T – діаграми	248
11	Розрахункова ви- трата палива	$B_{розр}$	кг/с	$B_{розр} = \frac{D_{н.п} (i_{н.п} - i_{ж.в})}{Q_{р.р} \cdot \left(\frac{\eta_{котла}}{100} \right)}$	1,377
12	Коефіцієнт збере- ження теплоти	ϕ		$\phi = 1 - \frac{q_5}{\eta_{котла} + q_5}$	0,9999

4.5 Тепловий розрахунок топки та теплообмінних поверхонь

Дані для розрахунку теплообміну в топці та побудови компоновального ескізу					
1	Теплонапруга топ- кового простору	q_v	кВт/м ³	приймаємо	29580
2	Об'єм топки	V_T	м ³	$V_T = \frac{B_{розр} Q_{р.р}}{q_v}$	1,89
3	Довжина топки	L_T	м	$L_T := A \cdot \sqrt{B_{розр}}$	3,8

4	Площа перерізу топки	F_T	m^2	$F_T := \frac{V_T}{L_T}$	1,9
5	Діаметр топки	D_T	м	$D_T = \sqrt{\frac{4V_T}{\pi L_T}}$	1,8
6	Розрахункова продуктивність однієї форсунки	$B_{форс}$	кг/с	$B_{форс} = \frac{B_{розрах}}{N_{форс}}$	0,107

Побудова ескізу топки та уточнення розмірів					
7	Витрата повітря через отвір фурми:	V_ϕ	m^3/c	$V_\phi = \frac{(\alpha V^0 B_{форс}) \cdot (t_{х.нов} + 273)}{273}$	1,55
8	Швидкість повітря через отвір фурми	ω'_ϕ	м/с	приймаємо	30
9	Живий перетин фурми	f'_ϕ	m^2	$f'_\phi = \frac{V_\phi}{\omega'_\phi}$	0,052
10	Розрахунковий діаметр фурми	d'_ϕ	м	$d'_\phi = \sqrt{\frac{f'_\phi}{0.785}}$	0,2663
11	Прийнятий діаметр фурми	d_ϕ	м	округляємо d'_ϕ	0,26
12	Прийнятий перетин фурми	f_ϕ	m^2	$f_\phi = 0.785 d_\phi^2$	0,053
13	Дійсна швидкість повітря через отвір фурми	ω_ϕ	м/с	$\omega_\phi = \frac{V_\phi}{f_\phi}$	29,16
14	Повна площа поверхні топки:	$F_{T,Полн}$	m^2	$F_{T_полн} = 3.14 D_T H_T + \frac{2 \cdot \pi \cdot D_T^2}{4}$	3,02
15	Променесприймальна площа поверхні нагріву топки	$F_{T,Пром}$	m^2	$F_{T_пром} = \left(3.14 D_T H_T - \frac{\pi d_\phi^2}{2} \right) + \frac{\pi \cdot D_T^2}{4}$	2,41
16	Ступінь екранування топки	$\phi_{топки}$		$\phi_{топки} = \frac{F_{T_пром}}{F_{T_полн}}$	0,798
17	Ефективна товщина випромінюючого шару топки	$s_{топки}$	м	$s_{топки} = 3.6 \frac{V_{топки}}{F_{т.полн}}$	2,48

Розрахунок теплообміну в топці:

1	Ентальпія газів при адіабатній температурі	I_a	кДж/кг	$I_a = Q_{p,p}(1 - q_3) + I_{г.лов}$	45308
2	Адіабатна температура газів	t_a	°C	з I-T – діаграми	2100
3	Адіабатна температура газів:	T_a	К	$T_a = t_a + 273$	2373

					КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

4	Температура газів на виході із топки	t'_T	°C	приймаємо	1450
5	Температура газів на виході із топки	T_T	K	$T_a = t_a + 273$	1723
6	Тиск в топці	p_T	МПа	приймаємо	0,1
7	Ентальпія газів на виході із топки	I'_T	кДж/кг	з $I-T$ – діаграми	30030
8	Середня сумарна теплоємність газів	ΣV_c	кДж/кг K	$\Sigma V_c = \frac{I_a - I'_T}{t_a - t'_T}$	23,5
9	Коефіцієнт ослаблення променів: сажистими частками: триатомними газами:	κ_c κ	1/МП а м	$k_c = 0.3(2 - \alpha) \left[1.6 \cdot \left(\frac{T'_T}{1000} \right) - 0.5 \right] \cdot \frac{C_p}{H_p}$ $k = \left[\left(\frac{2.47 + 5.06 \cdot r_{H_2O}}{\sqrt{r_n p_m s_{топки}}} \right) - 1 \right] \cdot \left(1 - 0.37 \frac{T'_T}{1000} \right) \cdot r_n$	4,81 0,968
10	Ступінь чорноти: триатомних газів: випромінюючого полум'я:	a_T $a_{св}$		$a_T = 1 - e^{-k \cdot p_m \cdot s_{топки}}$ $a_{св} = 1 - e^{-(k + k_c) \cdot p_m \cdot s_{топки}}$	0,213 0,761
11	Коефіцієнт усереднення (приймаємо) $q_{топки.квт} < 400 \text{ кВт/м}^2$: $q_{топки.квт} > 1160 \text{ кВт/м}^2$: для проміжних значень по ф-лі:	m		0.55 $m = 0.308 + 0.595 q_{топки.квт} \cdot 10^{-3}$	1,0
12	Ефективність ступеня чорноти факела:	a_ϕ		$a_\phi = m \cdot a_{св} + (1 + m) \cdot a_T$	1,188
13	Коеф. забруднення екранних труб:	ξ		приймаємо	0,4
14	Ступінь чорноти топки:	a_T		$a_m = \frac{a_\phi}{a_\phi + (1 - a_\phi) \cdot \xi \cdot \phi_{топки}}$	1,05
15	Критерій Больцмана:	Bo		$Bo = \frac{\phi B_{розр} \Sigma V_c}{5.67 \cdot 10^{-11} \cdot \zeta F_{т.пром} T_a^3}$	3,51
16	Температура газів на виході з топки: безрозмірна у числовому вигляді:	Θ t_T	°C	$\Theta = \frac{Bo^{0.6}}{0.69 a_m^{0.6} + 1.03 Bo^{0.6}}$ $t_T = \Theta T_a - 273$	0,732 1465
17	Розрахункова ентальпія газів на виході із топки:	I_T	кДж/кг	з $I-T$ – діаграми	30376

18	Теплова потужність променесприймаючої поверхні топки:	$Q_{\text{л}}$	кВт	$Q_{\text{л}} = \phi(I_{\text{а}} - I_{\text{т}})B_{\text{розр}}$	1626,8
19	Похибка(не повинна перевищувати 5 %)		°С	$t_{\text{т}} - t_{\text{Т}}$	-15

Тепловий розрахунок конвективних поверхонь нагріву.

Конструктивний розрахунок конвективного притопкового пучка:					
1	Внутрішній діаметр труб	d	м	приймаємо	0,029
2	Крок труб : поперечний: поздовжній:	s_1 s_2	м	приймаємо	0,055 0,051
3	Повна довжина труб димогарного пучка труб	l	м	Приймаємо з ескізу	3,780
4	Кількість рядів труб	z_1		$z_1 := \frac{L_{\text{Т}}}{s_1} - 0.5$	75
5	Теплова потужність паротвірного пучка:	$Q_{\text{п}}$	кВт	$Q_{\text{п}} = D_{\text{н.п}} \cdot (i_{\text{н.п}} - i_{\text{ж.в}}) - Q_{\text{л}}$	2631
6	Середня температура газів в пучку:	$t_{\text{п}}$	°С К	$t_{\text{п}} = \frac{t_{\text{сидх}} + t_{\text{Т}}}{2}$	856 1129
7	Середня швидкість газів в пучку:	$\omega_{\text{Г}}$	м/с	$\frac{B_{\text{форс}} \cdot l \cdot T_{\text{п}}}{273}$	1,86
8	Коефіцієнт теплопровідності газів:	$\lambda_{\text{Г}}$	Вт/м К	табл. «Теплофізичні властивості димових газів»	0,096
9	Коеф. кінематичної вязкості газів:	$\nu_{\text{Г}}$	м²/с	табл. «Теплофізичні властивості димових газів»	14,3· 10 ⁻⁵
10	Критерій Прандтля газів:	$Pr_{\text{Г}}$		табл. «Теплофізичні властивості димових газів»	0,594
11	Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією (формули 6.32-6.34 Хряпченков А.С.):	$\alpha_{\text{к}}$	Вт/м² К	$\alpha_{\text{к}} = \left(\frac{\lambda_{\text{г}}}{d} \right) \cdot \left(\frac{\omega_{\text{г}} d}{\nu_{\text{г}}} \right)^{0.6} \cdot Pr_{\text{г}}^{0.33} C_z C_s$, де $\sigma_1 = \frac{s_1}{d}$ $\sigma_2 = \frac{s_2}{d}$ $\phi_{\sigma} = \frac{(\sigma_1 - 1)}{(\sigma_2 - 1)} = 1$ $C_s = 0.34 \cdot \phi_{\sigma}^{0.1} = 0.33$	34,02
12	Густина теплового потоку поверхні нагріву пучка:	$q_{\text{п}}$	Вт/м²	приймаємо	20000
13	Коеф. забруднення труб пучка	ε	м²/К Вт	приймаємо з рис. 6.3 [13]	8x10 ⁻³

					КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

14	Температура зовнішньої поверхні забруднюючого шару:	$t_{забр}$	°C	$t_{забр} = t_s + \varepsilon \cdot q_n$	324,9
15	Температура зовнішньої поверхні забрудн.шару:	$T_{забр}$	K	$T_{забр} = t_{забр} + 273$	597,9
16	Ефективна товщина випромінюючого шару	$s_{эф}$	м	$s_{эф} = 0.9d \left[\left(\frac{4s_1 s_2}{\pi d^2} \right) - 1 \right]$	0,0826
17	Коефіцієнт ослаблення променів триатомними газами:	$\kappa_{п}$	1/МП а м	$k_n = \left[\left(\frac{2.47 + 5.06 \cdot r_{H2O}}{r_n p_m s_{монки}} \right) - 1 \right] \cdot \left(1 - 0.37 \frac{T_n}{1000} \right) \cdot r_n$	1,555
18	Ступінь чорноти триатомних газів:	$a_{г.п}$		$a_{г.п} = 1 - e^{-k_n \cdot p_m \cdot s_{монки}}$	0,32
19	Коефіцієнт тепло-віддачі: випромінюванням триатомних газів: від газів до стінки :	$\alpha_{л}$ α_1	Вт/м² К	$\alpha_{л} = 5.1 \cdot 10^{-8} a_{г.п} T_n^3 \frac{1 - \left(\frac{T_{забр}}{T_n} \right)^{3.6}}{1 - \frac{T_{забр}}{T_n}}$ $\alpha_1 = \alpha_{л} + \alpha_{к}$	44,83 78,84
20	Коефіцієнт теплової ефективності:	ψ		приймаємо з табл.6.1 [13]	0,6
21	Коефіцієнт тепло-передачі:	k	Вт/м² К	$k = \psi(\alpha_{л} + \alpha_{к})$	47,3
22	Температурний напор:	Δt	°C	$\Delta t = \frac{t_T - t_{сидх}}{\frac{\ln(t_T - t_s)}{\ln(t_{сидх} - t_s)}}$	748,8
23	Розрахункова поверхня нагріву паротвірного пучка:	$H_{п}$	м²	$H_n = Q_n \frac{10^3}{k \cdot \Delta t}$	74,3
24	Поверхня нагріву одного ряду:	H_p	м²	$H_p := \pi \cdot d \cdot l \cdot z_1$	28,2
25	Розрахункова кількість труб у стовпці:	Z_2	шт	$z = \frac{H_n}{H_p}$	3
26	Прийнята кількість труб у пучку:	$Z_{пр}$	шт	$z_{пр} := z_2 \cdot z_1$	225

27	Прийнята поверхня нагріву при-топкового пучка:	$H_{п.пр}$	m^2	$H_{н.пр} = \pi \cdot d \cdot l \cdot z_{пр}$	84,56
----	--	------------	-------	---	-------

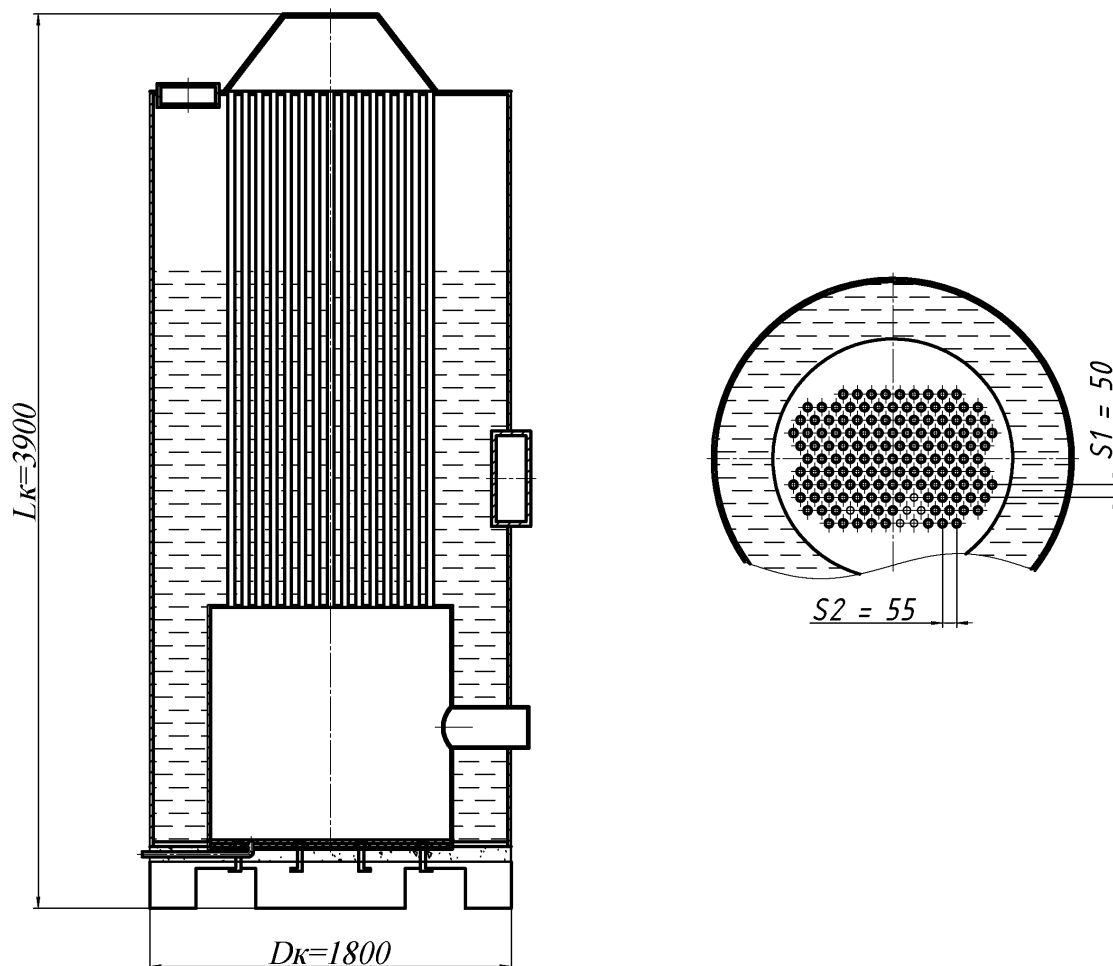


Рис. 4.5. Поперечний та поздовжній перетин котла

Висновки:

1. Результатом проведених розрахунків сталі данні по габаритам топки - 3,02 м² та площі поверхні теплообміну паротвірного пучка з 225 труб діаметром 0,029 м та довжиною 3,78 м з шаховим розташуванням у 75 рядах.

2. Kangrim PA не нова модель допоміжних котлів, про те ефективна про що і свідчать її ККД, надійна , тому встановлення такого котла обґрунтовано. і не потребує значних переробок, можливо тільки встановлення окремого скрубера, для зниження викидів до атмосфери при застосуванні важкого пального .

					КРБ.6.135.4211.02.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

					КРБ.6.135.4211.02.05.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					Визначення характеристик загальносуднової системи – водяного пожежогасіння		
Студент		Воронін Б.О.					
Керівник		Кістов Ю.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						50	14
					НУК		

РОЗДІЛ 5 Визначення характеристик загальносуднової системи – водяного пожежогасіння

5.1 Розробка розгорнутої принципової схеми

Вимоги Регістра, що пред'являються до системи водяного пожежогасіння.

Вимоги Регістру до системи водяного пожежогасіння представлено в частині VI «Протипожежний захист», розділ 2 «Конструктивний протипожежний захист» та розділ 3.2. «Водопожежна система». Нижче представлені деякі з цих вимог. [5]

5.2 Гідравлічний розрахунок системи

Сумарна подача стаціонарних пожежних насосів, крім аварійного (якщо він є), повинна забезпечувати подачу води для боротьби з пожежею в кількості, м³/год, не менше визначається за формулою: [5]

$$Q = k \cdot m^2, \text{ де } m = 1,68\sqrt{L \cdot (B + D)} + 25; \text{ м}^3/\text{год}$$

L – Довжина судна, м;

B – Ширина судна найбільша, м;

D – Висота борта до палуби переборок на міделі, м;

k – Коефіцієнт, рівний:

0,008 – Для всіх судів, крім пасажирських;

R – Індекс тиску на відсіки.

$$Q = 0,008 \cdot (1,68\sqrt{289,9 \cdot (46,4 + 26,5)} + 25)^2 = 579,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розбиваємо трубопровід на ділянки і визначаємо діаметри ділянок для найбільш віддаленої горизонтальної ділянки – від насосу, що розташовано в кормовій частині, до найбільш високого та найбільш віддаленого кранів.

					КРБ.6.135.4211.02.05.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

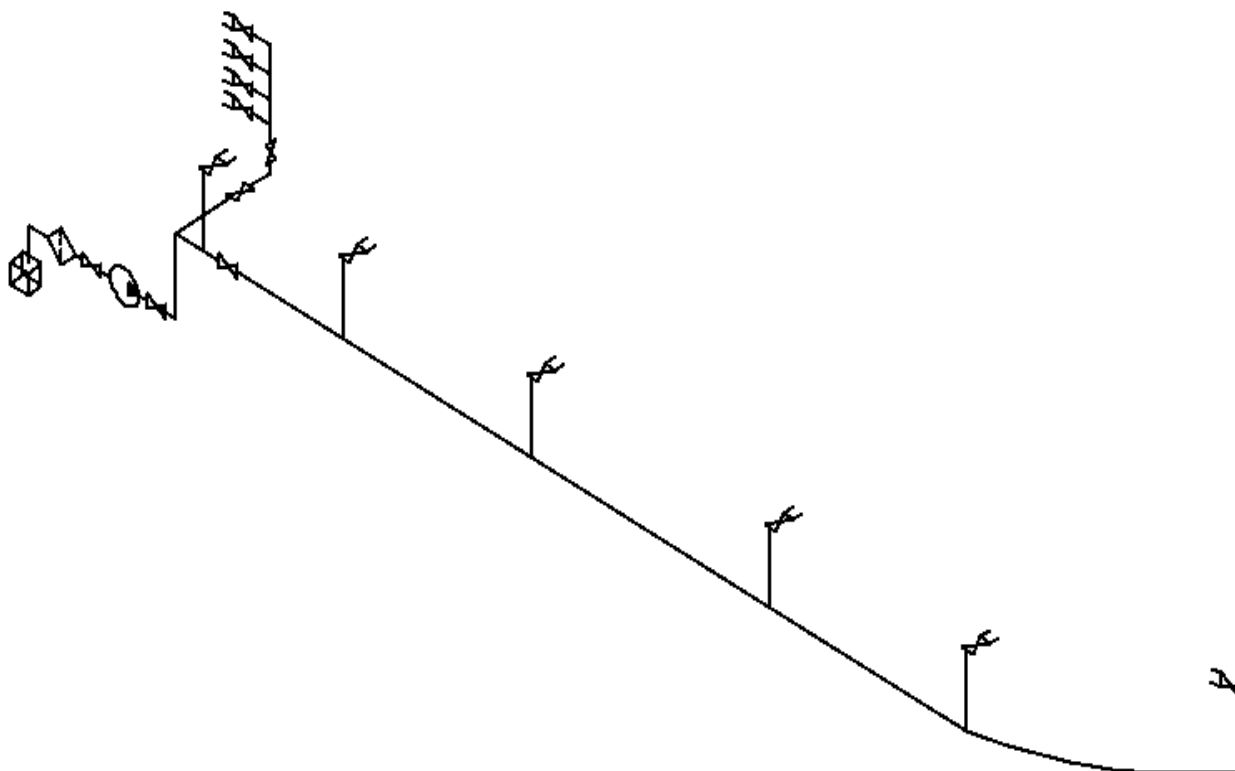


Рис. 5.1. Схема розрахункової ділянки трубопроводу

Результати розрахунків для найдовшої ділянки трубопроводу занесено в таблиці 5.1 – 5.7 [14]

Місцеві опори на розрахункових ділянках, їх коефіцієнти наведено в табл. 5.1; результати гідравлічних розрахунків.

					КРБ.6.135.4211.02.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 5.1 Коефіцієнти місцевих опорів розрахункових ділянок

Ділянка	Місцеві спротиву, їх кількість	Коефіцієнти	Сумарний коефіцієнт місцевих опорів
1-2	клапан - 2	2,5	3,22
	відвід під 90° - 1	0,22	
	трійник - 5	0,5	
2-5	відвід під 90° - 2	0,44	1,19
	трійник - 6	0,6	
	звуження раптове - 1	0,15	
2-3	трійник - 1	0,1	1,48
	відвід під 90° - 1	0,22	
	клапан - 1	1,25	
3-4	клапан - 1	1,25	14,47
	фільтр - 1	11,3	
	труба з приймальною сіткою - 1	1,7	
	відвід під 90° - 1	0,22	

Таблиця 5.2 Витрата води і внутрішній діаметр ділянок пожежної системи

Номер ділянки	Подача, м³/г	Діаметр розрахунковий, м	Діаметр прийнятий умовний, м
1-2	75	0,081	0,09
2-5	75	0,081	0,09
2-3	300	0,163	0,175
3-4	300	0,163	0,175

Таблиця 5.3 Гідрравлічний розрахунок ділянки системи 100 %

Параметр	Позначення	Номер ділянки			
		1-2	2-5	2-3	3-4
1. Подача, м ³ /с	Q	0,021	0,021	0,083	0,083
2. Температура, °С	T	20			
3. Густина середовища, кг/м ³	ρ	1025			
4. Коефіцієнт кінеметичної в'язкості, м ² /с	ν	0,00000115			
5. Діаметр труби, м	d	0,09	0,09	0,175	0,175
6. Довжина вертикальних ділянок, м	$\Delta z = z_i - z_{i-1}$	24	1	6	0
7. Статична складова втрат, м.вод.ст.	$H_{ст} = \Delta z \rho g 10^{-4}$	24,069	1,005	6,031	0
8. Довжина ділянки, м	l	48	244	10	14
9. Абсолютна шорсткість, мм	Δ	0,1			
10. Швидкість, м/с	$v = \frac{4Q}{\pi d^2}$	3,276	3,276	3,397	3,397
11. Число Рейнольдса	$Re = \frac{vd}{\nu}$	256418	256418	369242	369242
12. Коефіцієнт гідрравлічного тертя	$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$	0,0166	0,0166	0,0159	0,0159
13. Сума коефіцієнтів місцевих опорів	Σξ	3,22	1,19	1,48	14,14
14. Місцеві втрати напору, м.вод.ст.	$H_{мест} = \Sigma \xi \frac{v^2 \rho}{2g} 10^{-3}$	1,806	0,668	0,893	8,527
15. Втрати напору на тертя, м.вод.ст.	$H_{тр} = \lambda \frac{lv^2 \rho}{2gd} 10^{-3}$	2,479	12,603	0,996	0,766

16. Втрати напору сумарні, м.вод.ст.	$H_{\text{сум}} = H_{\text{тр}} + H_{\text{мест}} + H_{\text{с}} = 17,355$	17,355	14,276	7,919	9.293
17. Втрати напору в розрахунковій ділянці, м.вод.ст. (МПа)	$H_{\text{сум}}^{\text{уч}} = \Sigma H_{\text{сум}}$	51,857			

Таблиця 5.4 Гідрравлічний розрахунок ділянки системи 80 %

Параметр	Позначення	Номер ділянки			
		1-2	2-5	2-3	3-4
1. Подача, м ³ /с	Q	0,017	0,017	0,067	0,067
2. Температура, °С	T	20			
3. Густина середовища, кг/м ³	ρ	1025			
4. Коефіцієнт кінеметичної в'язкості, м ² /с	ν	0,00000115			
5. Діаметр труби, м	d	0,09	0,09	0,175	0,175
6. Довжина вертикальних ділянок, м	$\Delta z = z_i - z_{i-1}$	24	1	6	0
7. Статична складова втрат, м.вод.ст.	$H_{\text{ст}} = \Delta z \rho g 10^{-4}$	24,069	1,005	6,031	0
8. Довжина ділянки, м	l	48	244	10	14
9. Абсолютна шорсткість, мм	Δ	0,1			
10. Швидкість, м/с	$v = \frac{4Q}{\pi d^2}$	2,621	2,621	2,718	2,718
11. Число Рейнольдса	$Re = \frac{vd}{\nu}$	205134	205134	295393	295393
12. Коефіцієнт гідрравлічного тертя	$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$	0,017	0,017	0,0163	0,0163
13. Сума коефіцієнтів місцевих опорів	Σξ	3,22	1,19	1,48	14,14

					КРБ.6.135.4211.02.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

14. Місцеві втрати напору, м.вод.ст.	$H_{\text{мест}} = \Sigma \xi \frac{v^2 \rho}{2g} 10^{-3}$	1,156	0,427	0,571	5,458
15. Втрати напору на тертя, м.вод.ст.	$H_{\text{тр}} = \lambda \frac{lv^2 \rho}{2gd} 10^{-3}$	1,636	8,314	0,654	0,503
16. Втрати напору сумарні, м.вод.ст.	$H_{\text{сум}} = H_{\text{тр}} + H_{\text{мест}} + H_{\text{ст}}$	15,861	9,746	7,256	5.961
17. Втрати напору в розрахунковій ділянці, м.вод.ст. (МПа)	$H_{\text{сум}}^{\text{уч}} = \Sigma H_{\text{сум}}$	41,836			

Таблиця 5.5 Гідравлічний розрахунок ділянки системи 120 %

Параметр	Позначення	Номер ділянки			
		1-2	2-5	2-3	3-4
1. Подача, м ³ /с	Q	0,025	0,025	0,099	0,099
2. Температура, °C	T	20			
3. Густина середовища, кг/м ³	ρ	1025			
4. Коефіцієнт кінематичної в'язкості, м ² /с	ν	0,00000115			
5. Діаметр труби, м	d	0,09	0,09	0,175	0,175
6. Довжина вертикальних ділянок, м	$\Delta z = z_i - z_{i-1}$	24	1	6	0
7. Статична складова втрат, м.вод.ст.	$H_{\text{ст}} = \Delta z \rho g 10^{-4}$	24,069	1,005	6,031	0
8. Довжина ділянки, м	l	48	244	10	14

9. Абсолютна шорсткість, мм	Δ	0,1			
10. Швидкість, м/с	$v = \frac{4Q}{\pi d^2}$	3,932	3,932	4,076	4,076
11. Число Рейнольдса	$Re = \frac{vd}{\nu}$	307701	307701	443090	443090
12. Коефіцієнт гідравлічного тертя	$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$	0,016	0,016	0,0156	0,0156
13. Сума коефіцієнтів місцевих опорів	$\Sigma \xi$	3,22	1,19	1,48	14,14
14. Місцеві втрати напору, м.вод.ст.	$H_{\text{мест}} = \Sigma \xi \frac{v^2 \rho}{2g} 10^{-3}$	2,601	0,961	1,285	12,28
15. Втрати напору на тертя, м.вод.ст.	$H_{\text{тр}} = \lambda \frac{lv^2 \rho}{2gd} 10^{-3}$	3,491	17,746	1,408	1,083
16. Втрати напору сумарні, м.вод.ст.	$H_{\text{сум}} = H_{\text{тр}} + H_{\text{мест}} + H_{\text{ст}}$	19,161	19,713	8,724	13.333
17. Втрати напору в розрахунковій ділянці, м.вод.ст. (МПа)	$H_{\text{сум}}^{\text{уч}} = \Sigma H_{\text{сум}}$	63,974			

5.3 Комплектація системи основним обладнанням, розрахунок на міцність трубопроводу

Для установки у системі приймаємо насос KWPК 200-500 [15].

Допустима вакууметрична висота всмоктування насосу 4 м вод. ст., подача насоса в робочій точці $Q = 630 \text{ м}^3/\text{год}$, створюваний тиск – 68 м.вод.ст, потужність електродвигуна – 180 кВт.

На рис.5.2 представлено напірно-витратну характеристику насосу KWPК 200-500, а сам насос представлений на рис. 5.3. На рис. 5.4 зображено суміщену напірно-витратну характеристику насосу та системи.

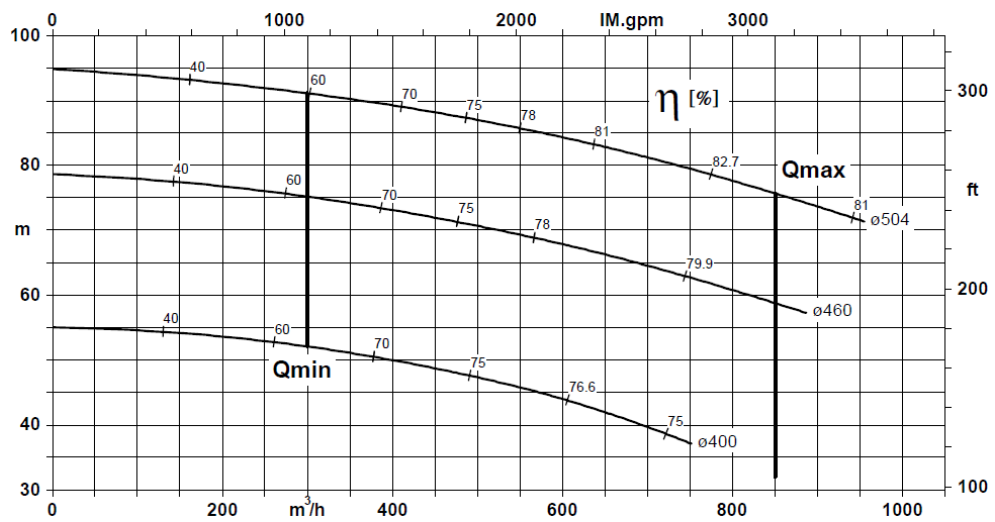


Рис. 5.2. Напірно-витратна характеристика насосу КВРК 200-500 з різними видами та діаметрами робочих колес

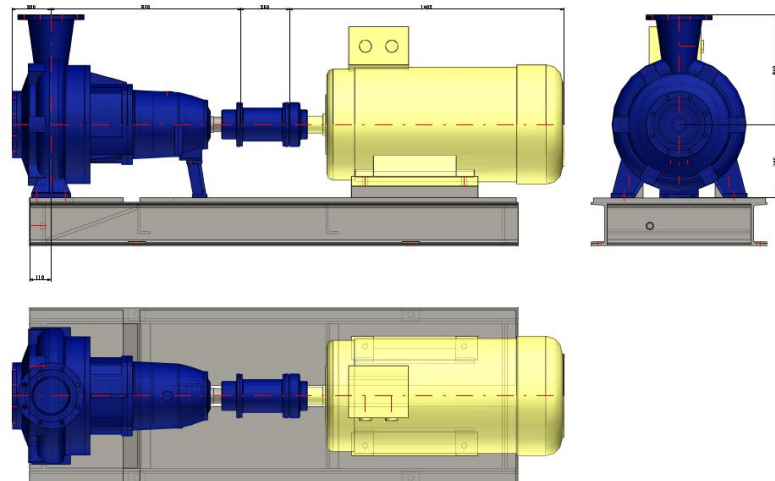


Рис. 5.3. Насос КВРК 200-500

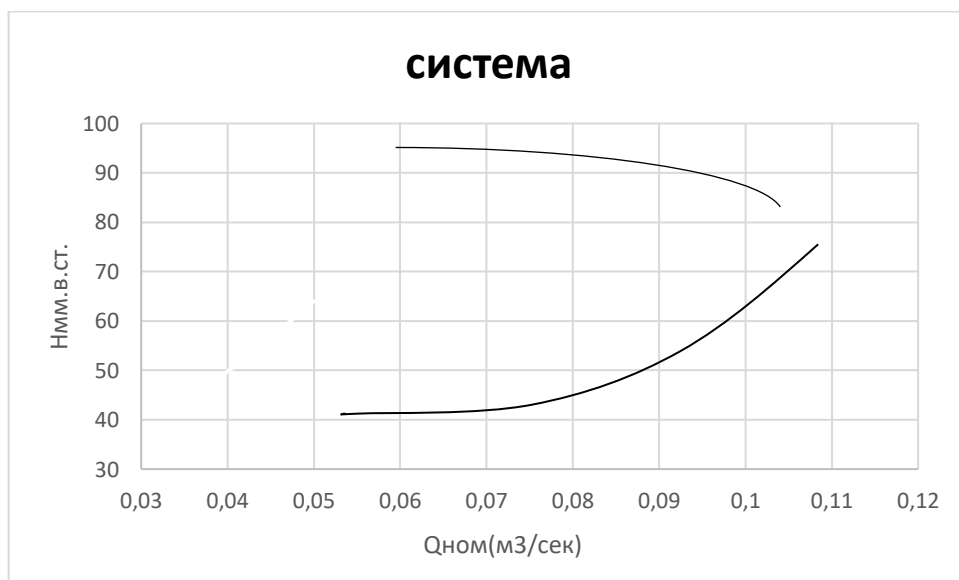


Рис. 5.4. Суміщена напірно-витратна характеристика насосу та системи

Конструктивні елементи системи водяного пожежогасіння

Запірно-прохідний клапан – запірна арматура, конструктивно виконана у вигляді клапана, тобто її замикаючий елемент переміщується паралельно осі потоку робочого середовища. Прохідний клапан виготовлено з неіржавіючої сталі. Як і інші види запірної арматури, запірні клапани застосовуються для повного перекриття свого прохідного перетину, а отже потоку робочого середовища, тобто замикаючий елемент, яким в запірному клапані найчастіше є золотник, в процесі експлуатації знаходиться в крайніх положеннях «відкрито» або «закрито».

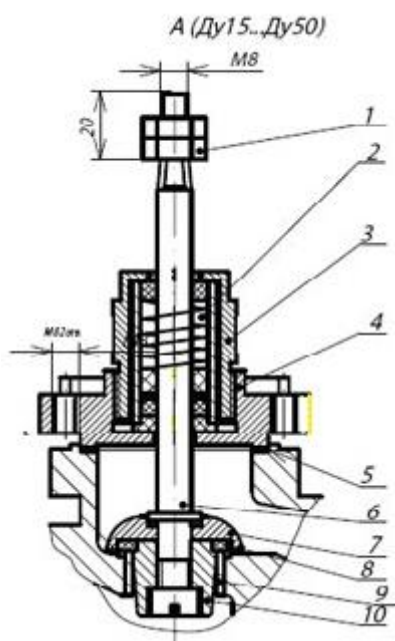


Рис. 5.5. Прохідний клапан

Трійники відносяться до сполучних деталей, які необхідні при спорудженні трубопроводів будь-якого призначення. Трійники виготовляють з вуглецевої сталі. Трійник є основою у вигляді квадрата з трьома приєднувальними кінцями, що відходять, і використовується для кріплення трубних бічних відгалужень до лінії основної магістралі. Трійники дозволяють змінити напрям потоку речовини, що транспортується, під кутом в 90 градусів, при цьому транспортування здійснюватиметься відразу ж в декількох напрямках.

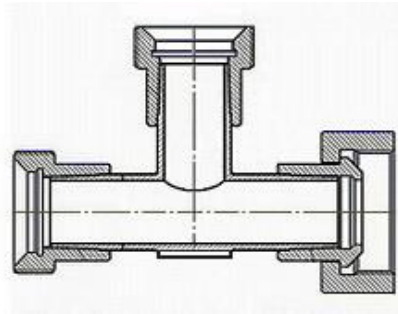


Рис. 5.6. Трійник

Трубна хрестовина може мати один вхід і три виходи, проте можливо і три входи і один вихід. Трубні хрестовини з однаковим розміром входу і виходу – це звичайні прямі (равнопрохідні) хрестовини, тоді як трубні хрестовини з різними розмірами входу і виходу зазвичай називаються неравнопрохідними хрестовинами. Компанія «Ahad» є одним з ведучих виробників і постачальників трубних хрестовин в Китаї. Трубні хрестовини виробляються з різних матеріалів, наприклад, нержавіючої сталі, сплавів сталі, вуглецевої сталі та ін.

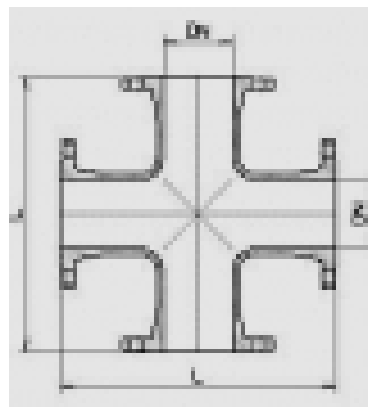


Рис. 5.7. Хрестовина

Промисловим механічним фільтром є вертикальний циліндричний корпус, з верхнім і нижніми днищами, діаметр корпусу фільтру залежить від його продуктивності. Усередині корпусу розташовано фільтруючий елемент, циліндричний перфорований стакан з діаметром отворів, встановлений на легкоземному затворі. У нижній частині корпусу знаходяться патрубки

підведення і відведення води, а також штуцер для підведення пари (повітря) на відмивання фільтруючого елементу.

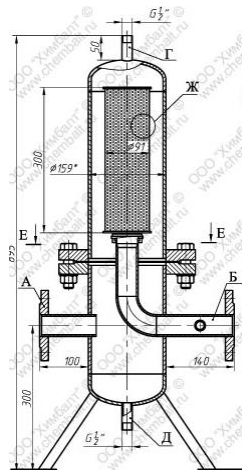


Рис.5.8. Фільтр

Для з'єднання труб в даній системі використовуються фланцеві, штуцерні, муфтові і обжимні з'єднання.

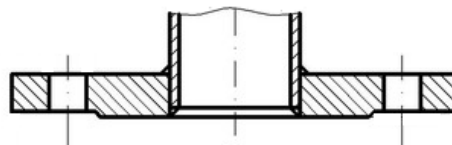


Рис. 5.9. Фланець плоский ставий

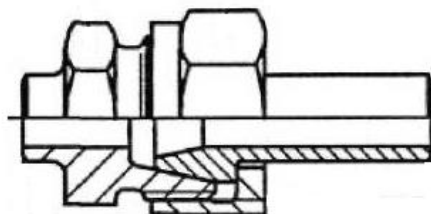


Рис. 5.10. Штуцерне з'єднання приварне проміжне

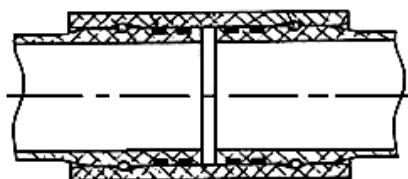


Рис. 5.11. Муфтове з'єднання

					КРБ.6.135.4211.02.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Для запобігання остаточно змонтованого на судні трубопроводу від вібрації і провисання труби закріплюють підвісками, а деякі особливо важкі труби монтують на спеціальні жорсткі опори.

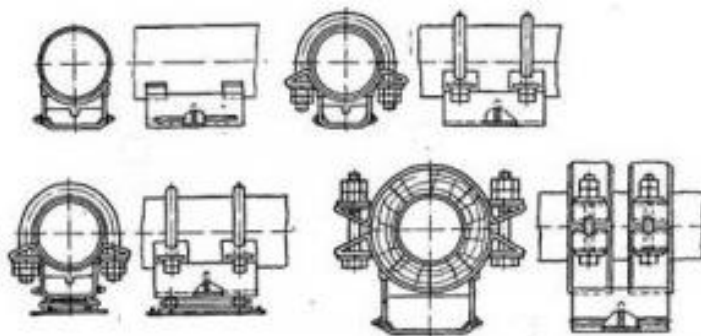


Рис. 5.12. Підвіски, що застосовуються для кріплення труб

Розрахунок трубопроводів на міцність

Товщина стінок металевих труб, що працюють під внутрішнім тиском, повинна відповідати більшому із значення, визначених з таблиці. або з наступних формул :

$$S = \frac{S_0 + b + c}{1 - \left(\frac{a}{100} \right)} = \frac{0,196 + 0,004 + 0,8}{1 - \left(\frac{0}{100} \right)} = 1,0 \text{ мм}$$

$$\text{де } S_0 = \frac{dp}{2\sigma\varphi + p} = \frac{0,196 \cdot 0,3}{2 \cdot 80 \cdot 1 + 0,3} = 0,0004 \text{ мм}$$

S_0 — теоретична товщина стінки, мм

d — діаметр труби, м

p — розрахунковий тиск, кПа

φ — коефіцієнт міцності

h — надбавка, що враховує фактичне потовщення труби при згинанні

σ — допустима напруга

c — надбавка на корозію

a — мінусовий виробничий допуску на товщину стінки труби

За розрахунковий тиск, по якому виробляється розрахунок на міцність трубопроводів, повинен прийматися максимальний робочий тиск в системі.

					КРБ.6.135.4211.02.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

При установці запобіжних клапанів за розрахункове береться найбільший тиск їх відкриття. Трубопроводи і елементи систем трубопроводів, які не захищені запобіжним клапаном або можуть бути відключені від свого запобіжного клапана, повинно бути розраховані на максимально можливий натиск на виході приєднаних насосів.

Коефіцієнт міцності ϕ у розрахунках на міцність приймається рівним 1 для безшовних труб і схвалених згаєвих труб, визнаних еквівалентними безшовним. Для інших зварних труб значення коефіцієнта міцності ϕ є в кожному випадку предметом спеціального розгляду Регістром.

Надбавка, що враховує фактичне стоншування труби при гнучкі, повинна призначатися так, щоб напругу в зігнутій частині труби від внутрішнього тиску не перевищували допустимих.

Якщо значення фактичних стоншувань при гнучкі відсутні, надбавка b мм, може бути визначена по формулі:

$$b = 0,4 S_0 \frac{R}{d} = 0,004 \text{ мм}$$

$$R = 2,5d = 2,5 \cdot 0,196 = 0,49 \text{ мм}$$

де, R - середній радіус погибу труби, мм.

Виходячи з розрахункових показників, міцність забезпечена.

Розрахункова товщина стінки труби напорного трубопроводу становить $S = 1,0$ мм; Стандартний зовнішній діаметр безшовної труби встановленої на всмоктуючій магістралі водопожежної ситеми становить 196 мм, товщина стінки 10,5 мм; Виходячи з розрахункових показників міцність забезпечена.

Висновки:

1. Спроектовано систему водяного пожежогасіння для головної палуби. Розроблено схему, виконано гідравлічний розрахунок системи, що надав данні для обрання відцентрового насосу KWRK 200-500 з подачей $Q = 630 \text{ м}^3/\text{год}$ та тиском – 68 м.вод.ст.

2. Виконані розрахунки на міцність трубопроводу діаметром 0,196 м.

					КРБ.6.135.4211.02.05.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
					Охорона праці в машинному відділенні судна	Літ.	Арк.	Аркуші	
Студент		Воронін Б.О.						64	8
Керівник		Кісєтов Ю.В.				НУК			

РОЗДІЛ 6 Охорона праці в машинному відділенні

6.1. Джерела шуму і вібрації на судні та засоби їх зниження

Під шумом розуміють сукупність звуків, різних по силі і частоті. Органи слуху здорової людини здатні сприймати звук в діапазоні частот від 16 до 20000 Гц. Шум шкідливо впливає не тільки на органи слуху, а й на весь організм в цілому. Не менш шкідливим виявляється і дія вібрації на організм людини. Коливання працюючих машин, апаратів, ручних інструментів, що відбуваються з різними частотою, амплітудою і прискореннями, по-різному сприймаються організмом людини. Коливання, що досягають 15-20 Гц, сприймаються людиною вже не ізольовано у вигляді поштовхів, а разом - як вібрація.

Встановлено, що вібрації при частотах: 75-120 Гц з амплітудою 0,01 мм не відчуються; 60-75 Гц з амплітудою 0,01-0,02 мм відволікають від роботи і драгують; 50-65 Гц з амплітудою 0,02 - 0,03 мм є сильним перешкодою в роботі; 50-65 Гц з амплітудою більше 0,03 мм створюють неможливі умови для роботи.

На будь-якому судні шум від його джерел поширюється по повітрю і по корпусних конструкціях судна у вигляді звукової вібрації. Тому прийнято розрізняти повітряний шум і структурний шум. Повітряний шум головним чином наголошується в тих приміщеннях, де знаходяться джерела шуму (машинно-котельне відділення, виробничий цех на плавзаводі і т.д.). Однак він може проникати у житлові і службові приміщення - через перебірки, палуби, подволоки, по вентиляційних каналах, через різні отвори (капи, люки, ілюмінатори) і т.д.

Поширення структурного шуму відбувається через фундаменти і різні неопорні зв'язки (наприклад, трубопроводи) на корпусні конструкції судна. Досягаючи огорожувальних конструкцій приміщень, він викликає їх вібрацію, яка в свою чергу викликає пружні коливання повітря, що сприймаються вже як повітряний шум.

Джерелами шуму на судах є головні двигуни, допоміжні дизель генератори, системи вентиляції машинно-котельних відділень, житлових і службових приміщень, рефустановки, технологічне обладнання, рушії судна, водяні системи

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

побутового обслуговування, ліфти, лебідки, промислові механізми, вантажні крани, удари хвиль і льоду об корпус судна, звукові сигнали і т.п.

Гребні гвинти є джерелами низькочастотної вібрації, повітряного і структурного шуму, які особливо відчуються в кормі судна.

До особливої категорії джерел шуму слід віднести навігаційні прилади, шум яких є серйозною перешкодою в приміщеннях ходового містка. Природа цього шуму - змінні електромагнітні процеси, створювані електричними машинами-сельсина.

Боротьба з шумом ведеться у двох напрямках - зниження шуму в самому джерелі і ослаблення звукової енергії, що розповсюджується по повітрю і конструкції корпусу, застосуванням засобів звукоізоляції, віброізоляції, звукопоглинання і вібропоглинання. Причому рішення задачі по другому напрямку йде двома шляхами - впровадженням низки заходів в машинно-котельному відділенні і застосуванням звукоізоляції в житлових і службових приміщеннях. Перший шлях найбільш ефективний, але і найбільш складний. Ці питання повинні вирішуватися на стадії проектування та будівництва судна і механізмів для нього.

6.2. Засоби гасіння пожежі та дії екіпажу у разі її виникнення

Причинами пожеж на судні є недбале поводження з відкритим вогнем, паління в трюмах, підшкіперських, машинному відділенні; несправність електрообладнання; іскри при зварювальних роботах; самозаймання вантажів, неправильно укладених в трюмах, вугілля та ін.

Для запобігання пожежі та боротьби з ним застосовують запобіжні заходи; засоби сигналізації, що попереджають про виникнення пожежі; засоби для локалізації виниклої пожежі; засоби для гасіння пожеж.

До попереджувальних заходів відносять спеціальні приміщення з відповідною вентиляцією для перевезення самозаймистих вантажів (вугільні ями, нафтові та інші цистерни для рідкого пального, крюйт-камери на промислових судах). Для обробки і устаткування приміщень судна застосовують негорючі і незаймисті матеріали і фарби.

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суднові джерела тепла розташовують у видаленні від вантажів та предметів обладнання, які можуть легко спалахнути. На судах є дві групи засобів сигналізації: електрична і димова. В обох системах як сигналізаторів використовуються звук або світло. Електричні сигнальні апарати складаються з термостатичних приладів, включених паралельно опору в ланцюг, що знаходиться під напругою батареї. При димовій сигналізації в сигнальну шафу, встановлену в штурманської рубки, з різних суднових приміщень проводяться трубки діаметром 20 мм. Вони забезпечуються ковпаками - димозловлювачами. У шафі вентиляторами підтримується певний вакуум. Пожежа виявляється по диму у відповідній трубі.

При будівництві судна передбачають заходи локалізації пожежі конструктивного порядку: відокремлюють вогнестійкими перегородками та дверима окремі відсіки судна; встановлюють в коридорах великих пасажирських суден водорозпилювачі, що створюють водяні парасолі або екрани з водяної «пили».

Вогнегасні засоби поділяються на чотири основні групи:

1. розбавлення (водяний пар, вуглекислота й інші інертні гази);
2. ізоляції (хімічна та повітряно-механічна піни, кошма, пісок);
3. охолодні (вода і розчини з переважним вмістом води);
4. хімічного гальмування (хімічні рідинні брометилові склади).

При виникненні пожежі в трюмі прагнуть зробити його місцевим. Для цього вантажі поливають по межах горіння і одночасно частину вантажу прибирають в сторону від вогнища або по можливості взагалі видаляють з вантажного приміщення.

Засоби гасіння пожежі водою засновані на охолодженні гарячих предметів. Водою не рекомендується гасити пожежі нафти та продуктів її перегонки, якщо на шлангах немає спеціальних насадок. Пар найбільш ефективний при гасінні пожеж в закритих приміщеннях (не виключаючи пожеж нафти і продуктів її перегонки).

Гасіння пожежі інертним газом (вуглекислотою) засновано на розчиненні кисню, що міститься в повітрі в кількості від 21 до 15%, при якому горіння при-

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

пинається. Інертні гази в порівнянні з іншими протипожежними засобами найбільш ефективні і нешкідливі три гасінні пожеж у вантажних приміщеннях.

При горінні будь-яких предметів у відкритих або закритих приміщеннях ефективний метод гасіння пожежі піною. Рясна піна, що покриває поверхню, що горить і відтісняють кисень повітря, утворюється при хімічній реакції між спеціальними кислотним і лужним розчинами. Розрізняють систему з місцевим піноутворенням, при якій змішання розчинів відбувається на місці споживання піни і генератора піноутворення, де піна подається по магістралях до місця пожежі (під плити машинного відділення, в мазутний танк і т. д.).

При виникненні пожежі в приміщеннях холодильних установок або значних прориви хладагенту в навколишнє середовище (холодильних установок рефрижераторних суден) необхідно виконати наступні заходи:

- 1) зупинити холодильну установку і перекрити повітропровід повітряного охолодження трюмів;
- 2) відкрити аварійний випуск хладагенту з системи. При використанні в якості хладагенту аміаку додатково необхідно включити систему зрошення для поглинання парів аміаку водою.

Дії, які повинні бути виконані до початку фактичних операцій на судні по боротьбі з пожежею. Найбільш важливими з них є подача сигналу тривоги і повідомлення про місце виникнення пожежі.

Подача сигналу тривоги. Член екіпажу, який виявив пожежу або її ознаки, повинен негайно подати сигнал тривоги. Затримка подачі сигналу тривоги тягне за собою блискавичне поширення пожежі. Жоден член екіпажу не повинен починати боротьбу з пожежею, яким би незначним він йому ні здався, поки не буде подано сигнал тривоги. При виявленні пожежі двома або кількома членами екіпажу, одному з них слід подати сигнал тривоги, а інші одночасно повинні спробувати загасити пожежу наявними під рукою засобами. Наприклад, невелику пожежу в металеві урні можна припинити, закривши її негорючої кришкою, поки член екіпажу, який виявив його, відлучиться для повідомлення про пожежу.

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повідомляти слід про всі пожежах, навіть якщо вони припинилися самі собою в зв'язку з відсутністю пального матеріалу або кисню. Дослідження причин їх виникнення допоможе розкрити дефекти або умови, усунення яких запобіжить подібні пожежі в подальшому.

Повідомлення про місце виникнення пожежі. Член екіпажу, що подає сигнал тривоги, повинен бути впевнений в тому, що він повідомляє точне місце виникнення пожежі (приміщення і рівень палуби). Це важливо з кількох причин: по-перше, тим самим визначається конкретне місце роботи пожежної групи, по-друге, дається інформація про тип пожежі, до боротьби з яким слід підготуватися, по-третє, знання точного місця виникнення пожежі може підказати необхідність відключення певних систем вентиляції. І нарешті, воно дозволить встановити, які двері та люки слід закрити для локалізації пожежі.

Заходи безпеки. При спробі встановити точне місцезнаходження пожежі слід дотримуватися певних запобіжних заходів. Перш ніж відкрити двері в приміщення, щоб перевірити, чи немає в ньому пожежі, її потрібно оглянути. Потемніла або тріснута фарба вказує на наявність вогню за цими дверима. Дим, що виходить через тріщини в ущільненні дверей або в місцях проходу кабелю через перегородку, також є ознакою пожежі.

Коли місцезнаходження прихованого пожежі встановлено, двері в дане приміщення не слід відкривати до тих пір, поки не настигне допомога і не буде доставлений рукав для гасіння пожежі. На горіння в закритому приміщенні витрачається кисень, що знаходиться всередині цього приміщення. Для збільшення вогнища пожежі потрібен додатковий кисень, а при відкриванні дверей він надходить у великій кількості. Язики полум'я і нагріті гази інтенсивно викидаються через відкриті двері. Людина, що опинився на їхньому шляху, може отримати важкі опіки. Якщо на вогонь не буде спрямована струмінь води, він стане розповсюджуватися з величезною швидкістю. Чим пізніше виявлений пожежа, тим більш небезпечною може виявитися ситуація. Тому перш ніж відкрити двері, охолодіть її водою. Завжди відкривайте двері з місця, що знаходиться в стороні від дверного отвору.

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі приступають до дій у відповідності з оперативним планом по боротьбі з пожежею. Знижують або зупиняють рух судна, при необхідності змінюють курс таким чином, щоб вогонь був з навітряної сторони. Відключають електроенергію в районі пожежі, ізолюють район вогню, локалізують пожежу. Приводять в дію всі технічні засоби пожежогасіння. Старший помічник капітана повинен отримати детальну інформацію про пожежу і проаналізувати ситуацію.

Керівник операцій з гасіння пожежі, що знаходиться на місці пожежі, повинен по можливості швидко визначити тип пожежі (які горючі матеріали горять), вогнегасна речовина, необхідний спосіб атаки, спосіб запобігання поширення вогню, необхідне для гасіння пожежі кількість людей та інші конкретні завдання.

Невеликий пожежа може бути погашено кількома членами екіпажу, які першими прибули до місця пожежі; цілком можливо, що вони зможуть, попередньо оцінивши ситуацію, приступити до боротьби з вогнем. Для гасіння більш серйозних пожеж потрібні координовані дії, ефективне використання людей і техніки, чітке визначення поставлених завдань. При оцінці умов пожежі або по можливості відразу після цього, повинна бути налагоджений зв'язок та визначено місце зосередження людей і техніки. Для зв'язку краще використовувати посилюючі, оскільки телефонні лінії можуть бути пошкоджені пожежею, а пожежні безперервно переміщаються. При наявності системи внутрішньої двосторонньої радіозв'язку нею можна користуватися для координації дій по боротьбі з пожежею на судні.

Місце зосередження людей і техніки. Місце зосередження людей і техніки повинно вибиратися в незадимленій зоні, по можливості ближче до місця пожежі. Ідеальним є місце на відкритій палубі з навітряної сторони пожежі. Однак якщо пожежа виникла в нижній частині судна, людей і техніку слід зосередити нижче палуби, поблизу суднового телефону, що значно полегшить встановлення зв'язку. Однак місце зосередження людей і техніки не повинно розташовуватися там, де існує загроза пожежі.

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі засоби боротьби з пожежею (у тому числі і запасні рукава, стовбури і сокири, запасні балони для дихальних апаратів і переносні ліхтарі) повинні бути доставлені до місця зосередження людей і техніки, куди також повинно бути доставлено все необхідне для надання першої допомоги постраждалим.

Капітан передає повідомлення в компанію і постійно підтримує з нею зв'язок. Старший помічник на підставі отриманої інформації оцінює загрозу пасажирів (на пасажирських суднах), судну, вантажу, екіпажу і при необхідності готує рятувальні засоби до спуску. Він разом зі старшим механіком визначає і видає наказ про застосування найбільш ефективних способів гасіння пожежі. Капітан при необхідності запрошувати допомогу у найближчих судів або рятувальників. При знаходженні в порту готуються шланги і перехідники для підключення берегової пожежної магістралі, викликається берегова пожежна допомога.

При виникненні на судні будь-якої аварійної ситуації, в тому числі і пожежі, капітан при першій нагоді повідомляє про неї партнерам компанії, таким як фрахтувальник судна або агент, страхова компанія, яка здійснює страхування, класифікаційне товариство, під наглядом якого перебуває судно. Ці партнери з відповідними даними про види зв'язку містяться в судовому Плані дій в аварійних ситуаціях (Shipboard Emergency Plan) відповідно до Міжнародного Кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забруднення (МКУБ).

При появі постраждалих старшим помічником надається медична допомога (в разі відсутності судового лікаря). Далі переконуються в повній ліквідації пожежі та усунення нових, а також повторних вогнищ загоряння. У судовому журналі робиться запис про час і факт пожежі, місцезнаходження судна, навігаційної обстановці.

Висновок. В розділі було проаналізовано джерела шуму та вібрації на судні та засоби їх зниження, а також описані засоби гасіння пожежі та дії екіпажу у разі її виникнення

					КРБ.6.135.4211.02.06.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні КРБ вирішені такі задачі:

1. За запасами палива на судні розраховано автономність плавання – до 27 діб, та дальність плавання до 13608 миль

2. Наведені технічні характеристики та проведені розрахунки теплових балансів елементів СЕУ. Розраховано ККД та КВТ на двох режимах роботи судна: на ходовому режимі та стоянці з вантажними операціями, які становлять 0,39/0,35 та 0,50/0,35 відповідно.

3. Розраховано робочий цикл дизеля MAN B&W типу 7S70ME-C10.5 та складена його індикаторна діаграма.

4. Виконано обґрунтування компоновочної схеми суднового допоміжного котла KangRim PA02, розрахунок процесу горіння та тепловий розрахунок топки та теплообмінних поверхонь нагріву допоміжного котла.

5. Розроблена принципова схема системи водяного пожежогасіння. Проведено гідравлічний розрахунок найвіддаленішої ділянки, за результатами якого обрано відцентровий насос KWPK 200-500, та підбір основного обладнання.

6. Наведений аналіз потенційних небезпечних та шкідливих факторів, які негативно впливають на організм людини. Описані засоби гасіння пожежі та дії екіпажу у разі її виникнення.

					КРБ.6.135.4211.02.В.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Significant Ships of 2020. Printed in Wales by Pensord Press, Tram Road, Pontllfraith, Blackwood, Gwent NP12 2YA.- 114 с.
2. Горбов В.М. Енциклопедія суднової енергетики: підручник/ В.М.Горбов. – Миколаїв: НУК, 2010. – 624 с
3. Горбов В.М. Основи суднової енергетики: збірник практичних занять / В.М.Горбов, І.П.Єсін, В.С.Мітенкова – Миколаїв: НУК, 2018. – 244с
4. MAN B&W S70ME-C10.5. Marine engine programme. 2021. URL: <https://man-es.com/docs/default-source/document-sync-archive/marine-engine-programme-eng.pdf>
5. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Том 3. Київ : РСУ, 2021. 336 с.
6. MAN L27/38 Marine Engine for Working Ship . MAN Energy Solutions. URL:https://marineengine.en.made-in-china.com/product/MXwQUbRvfoVz/China-Man-L27-38-Marine-Engine-for-Working-Ship-Multipurpose-Ship-.html?pv_id=1jpn7sm4ud25&faw_id=null&bv_id=1jpqfeqn61c8&pbv_id=1jpn7sm29039i
7. Marine boiler kangrim PA-TYPE. Каталог URL: <https://www.kangrim.com/sub/marine01.php>
8. Артемов Г.А., Горбов В.М. «Суднові енергетичні установки»: Навчальний посібник, Миколаїв:, УДМТУ, 2002р. -356с.
9. Alfa Laval AQUA Blue E1 S-type. URL: <https://assets.alfalaval.com/documents/p4c4501b4/alfa-laval-product-leaflet-aqua-blue-e1-s-type-en.pdf>
10. Горбов В.М., Т.Г. Слаутіна, О.В. Січкарюк Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Суднові енергетичні установки» для студентів заочної форми навчання Миколаїв: НУК, 2004.-52 с.

					КРБ.6.135.4211.02.Л.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

11. Наливайко В. С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння: підручник / В.С.Наливайко, Б.Г.Тимошевський, С.Г.Ткаченко. – Миколаїв: НУК, 2015 – 332 с.

12. Aalborg KBE. Ротаційний чашковий пальник для важкого мазуту або дизельного палива. URL: <https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/industries/marine-and-transportation/marine/aalborg-kbe.pdf>

13. Єпіфанов О. А. Конструкції суднових котлів : навч. посіб. Миколаїв: НУК, 2016. 198 с.

14. В. С. Мітенкова, Н. В. Коробейнікова, О. С. Єлеонська Методичні вказівки до вивчення дисципліни «загальносуднові установки і системи. частина II. загальносуднові системи» для студентів заочної форми навчання Миколаїв: НУК, 2022.-60 с

15. KSB KWP K 250-250-0400 Dry-installed Volute Casing Pump. URL: <https://www.lenntech.com/products/KSB-KWP/KWP-K-250-250-0400/K-250-250-0400-Dry-installed-Volute-Casing-Pump/index.html>

16. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS) URL: <https://www.austlii.edu.au/au/other/dfat/treaties/1968/7.html>

17. Міжнародна конвенція про запобігання забрудненню з суден (MARPOL) URL: [https://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](https://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx)

18. Резолюції та циркуляри IMO (International Maritime Organization) URL: <https://www.imo.org/en>

					КРБ.6.135.4211.02.Л.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

[illegible]

[illegible]



YM CELEBRITY – Container ship

Shipbuilder: **CSBC Corporation, Taiwan**
 Vessel's name: **YM Celebrity**
 Owner/Operator: **Yang Ming Marine Transport Corp.**
 Country: **Taiwan**
 Designer: **CSBC Corporation**
 Country: **Taiwan**
 Model test establishment used: **Hamburg Ship Model Basin (HSVA)**
 Flag: **Liberia**
 IMO number: **9864502**
 Total number of sister ships already completed (excluding ship presented): **5**
 Total number of sister ships still on order: **4**

Built by CSBC at Kaohsiung shipyard in Taiwan for local liner operator Yang Ming Marine Transport, *YM Celebrity* and *YM Continent* were named in a joint ceremony in May 2020. While *YM Celebrity* was delivered on 27 May, its sister was a few days later in June.

The vessel is the first of ten 2,940TEU container ships built to a CSBC design, which will form the owner's C-Class of vessels. They have been designed for feeder and local services in Asia and to call at a maximum number of ports to provide flexibility. Delivery of all ten vessels is expected to be complete by mid-2021.

With a length of 209.75m, a width of 32.8m and a draught of 11.2m, the ships are five hold type. The hull is somewhat wider than other vessels of similar size, giving more stability and reducing the need for water ballast. They feature a vertical bulbous Sea Sword Bow, which is less sensitive to trim, draught and speed loss and its deck wetness probabilities are much lower than a conventional bulbous bow.

Container capacity is 1,040TEU under deck, 1,900 above deck and there are 353 reefer plugs. The securing system above deck allows for mixed or Russian stowage of different sized boxes.

The main engine is a MAN B&W7S70ME-C10.5 with an output of 20,500kW at 91rpm and a single high-efficiency fixed pitch propeller. The rudder is a twisted type with bulb and vessel speed is 21knots.

YM Celebrity is the first vessel to receive an ABS SMART (INF, SHM) notation. This means the ship supplies its owner with structural health awareness, assesses and predicts structural damage and provides decision-making support on safer and more optimal vessel operation, inspection and repairs, and asset integrity management.

All ten vessels in the series will be designated Smart ships but with different classification societies, five by ABS, three by DNV GL and two by BV

TECHNICAL PARTICULARS

Length oa: 209.75m
 Breadth moulded: 32.80m
 Depth moulded: 16.80m

to upper deck: 16.8m
 to other decks: Nil
 Draught
 scantling: 11.20m
 design: 9.50m
 Gross: 32,720gt
 Deadweight
 scantling: abt. 37,400t
 design: abt. 27,500t
 Speed, service (90%MCR output): 21knots

Cargo capacity (m³)
 Refrigerated storage: 353FEU
 Bunkers (m³)
 Heavy oil: abt. 2,700
 Diesel oil: Approx. 200
 Water ballast (m³): Approx. 11,200
 Daily fuel consumption (tonnes/day)
 Main engine only: 71.2

Classification society and notations: ABS
 +A1 (E), "Container Carrier", +AMS, +ACCU, SH, SHCM, FL(25), ENVIRO, IHM, UWILD, BWT, TCM, CSC, CLP-V, CPS, NBL, SMART (INF,SHM)

Propulsion
 Main engine(s)
 Design: MAN B&W
 Model: 7S70ME-C10.5
 Manufacturer: HSD
 Number: 1
 Type of fuel: HFO
 Output of each engine: 20,500kW x 91.0rpm

Is this a diesel-electric or hybrid?: No
 Propeller(s)
 Material: Ni-Al-Bronze
 Designer/Manufacturer: ... CSBC/ Nakashima Propeller Co., Ltd.

Number: 1
 Fixed/Controllable pitch: Fixed
 Diameter: 7.8m

Diesel-driven alternators
 Number: 3
 Engine make/type: STX Engine/ L27/38
 Type of fuel: HFO, MGO
 Alternator make/type: ... Hyundai Electric and Energy Systems Co., Ltd. / HFC7 710-10P
 Output/speed of each set: 1,900kW

Boilers
 Number: 1
 Type: ..vertical oil fired boiler (water tube type)
 Make: ... KangRim Heavy Industries Co., Ltd.
 Output, each boiler: 2,300kg/h
 Bow thruster(s)
 Make: Kawasaki Heavy Industries
 Number: 1
 Output (each): 1,200kW

Mooring equipment
 Number: 2 x mooring winch/windlass, 4 x mooring winch
 Make: Rolls-Royce Oy Ab
 Type: Electric

Special lifesaving equipment
 Number of each and capacity: ... 2 x 30 persons
 Make: Norsafe
 Type: Diesel engine

Cargo/capacity
 Hatch covers
 Design: MacGregor
 Manufacturer: CSBC
 Type: upper deck

Containers
 Lengths: 20ft / 40ft
 Heights: 8.6ft & 9.6ft
 Total TEU capacity: 2,940TEU
 On deck: 1,900TEU
 In holds: 1,040TEU
 Homogeneously loaded to 14tonnes: .. Approx. 2,100

Reefer plugs: 353
 Tiers/rows (maximum)
 On deck: 9/13
 In holds: 6/11

Ballast water treatment system
 Make: Alfa Laval
 Capacity: 500m³/h

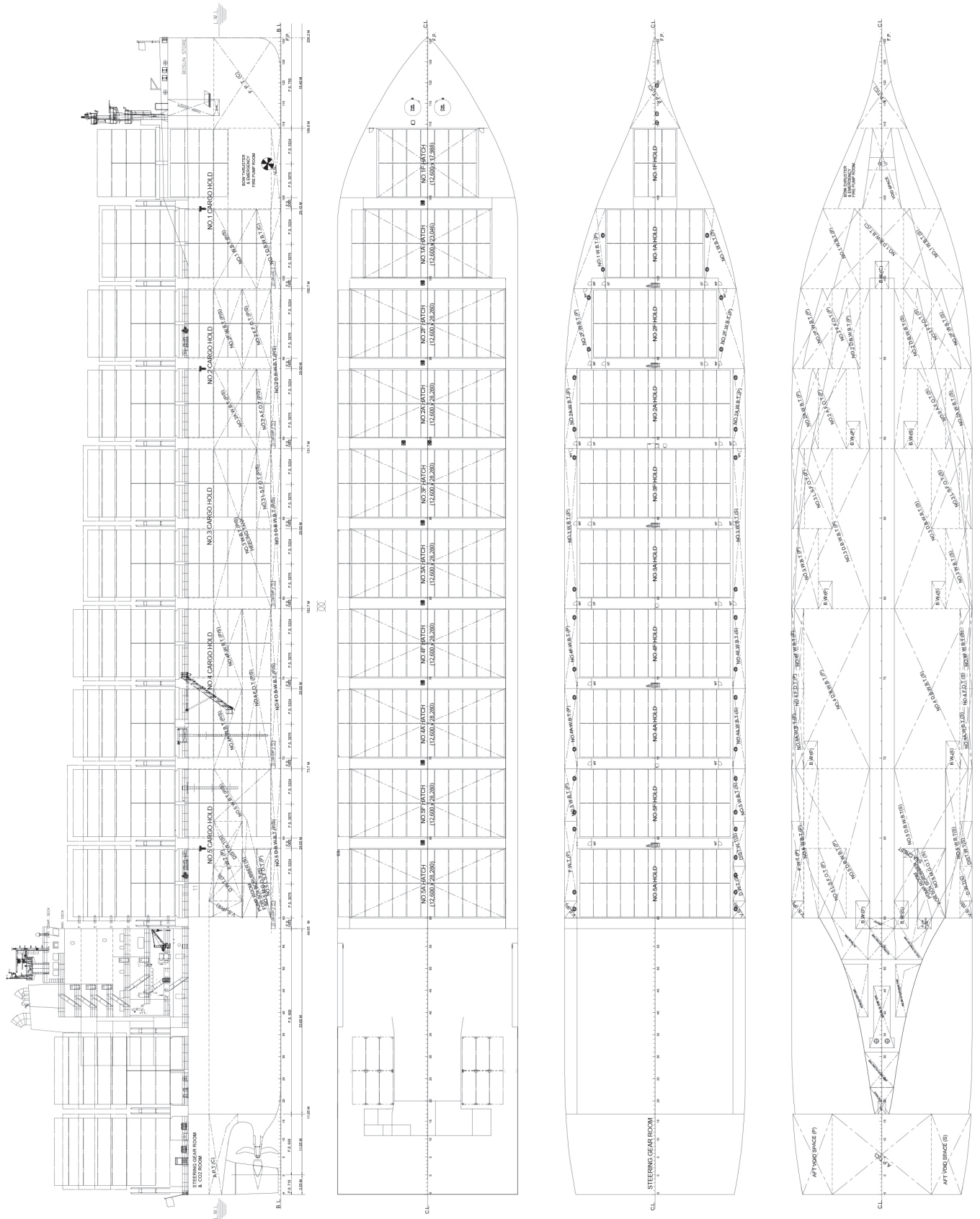
Complement
 Officers: 16
 Crew: 10
 Suez Crew: 6

Radars
 Number: 3
 Make: Sperry Marine

Fire extinguishing systems
 Cargo holds:
 Make/Type: NK Co., Ltd. /CO₂ fire extinguishing system

Waste disposal plant
 Incinerator
 Make: Sunflame Co., Ltd
 Model: OSV-600SAI
 Sewage plant
 Make: Il Seung Co., Ltd
 Model: ISB-03

Efficiency
 Attained EEDI value: 15.70
 Required EEDI value: 18.88
 Installed Fuel Meters: Mass flow meter
 Energy Saving Technologies*: ... Energy Saving Sea Sword Bow, twisted rudder with un-symmetry rudder bulb
 Contract date: 15 August 2018
 Launch/float-out date: 22 December 2019
 Delivery date: 27 May 2020



Характеристики головного двигуна 7S70ME-C10.5

Кількість	1
Максимальна потужність N_e , кВт	20500
Частота обертання колінчатого валу n , хв^{-1}	91
Питома витрата палива g_e , $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	166
Ступінь підвищення тиску повітря в компресорі дизеля	3,768
ККД компресора	0,81
Сумарний коефіцієнт надлишку повітря	2,55
Температура відхідних газів, К	523
Температура повітря на вході в компресор, К	310
Нижча теплота згоряння палива $Q_{\text{г}}^i$, $\text{кДж}/\text{кг}$	42700
коефіцієнт корисної дії електрогенератора $\eta_{\text{ег}}$	0,95
коефіцієнт корисної дії мультиплікатора $\eta_{\text{мп}}$	0,99
Коефіцієнт корисної дії валопроводу $\eta_{\text{вп}}$	0,99
Пропульсивний коефіцієнт η	0,7

Характеристики приводних тепловий двигунів дизель-генераторів

<i>HiMSEN 7H35DF</i>	
Кількість	3
Ефективна потужність, кВт	2040
Частота обертання колінчатого валу, хв^{-1}	720
Питома витрата палива, $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	188
ККД компресора	0,78
Степінь підвищення тиску повітря в компресорі	3,7
Сумарний коефіцієнт надлишку повітря	2,1
Температура відхідних газів К	573
Температура повітря на вході в компресор, К	310
Нижча теплота згоряння палива $Q_{\text{г}}^{\text{i}}$, кДж/кг	42700
ККД електрогенератора $\eta_{\text{ег}}$	0,93

**Дані для розрахунку процесів робочого циклу
двигуна 7S70ME-C10.5**

Ефективна потужність, кВт	$N_e = 20500$
Частота обертання, 1/хв.	$n = 91$
Тиск навколишнього середовища, МПа	$P_0 = 0,1013$
Температура навколишнього середовища, К	$T_0 = 293$
Тиск наддуву, МПа	$P_k = 0,39$
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha = 2,55$
Коефіцієнт продувки	$\varphi_{\text{п}} = 1,2$
Коефіцієнт залишкових газів	$\gamma_r = 0,025$
Коефіцієнт використання тепла у точці z	$\xi_z = 0,95$
Коефіцієнт використання тепла у точці b	$\xi_b = 0,99$
Ступень стиску	$\varepsilon = 13,5$
Ступінь підвищення тиску	$\lambda = 1,13$
Підігрів заряду від стінок циліндру, К	$\Delta T_a = 15$
Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми	$\zeta = 0,98$
Механічний ККД двигуна	$\eta_m = 0,95$
Адіабатний ККД компресора	$\eta_{\text{ад}} = 0,86$
Зниження тиску, МПа	$\Delta P_{\text{охол}} = 0,002$
Зниження температури, К	$\Delta T_{\text{охол}} = 135$
Температура залишкових газів, К	$T_r = 600$
Масовий склад палива:	$C = 0,87$
	$H = 0,126$
	$S = 0$
	$O = 0,004$
Нижча теплотворна здатність палива, кДж/кг	$Q_H = 42700$