

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Ю.Л. МОШЕНЦЕВ, О.А. ГОГОРЕНКО

**РОЗРАХУНКИ ОХОЛОДЖУВАЧІВ
НАДДУВОЧНОГО ПОВІТРЯ ДВЗ**

Методичні вказівки

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2009

УДК 621.431.3.(075.8)

Мошенцев Ю.Л., Гогоренко О.А. Розрахунки охолоджувачів наддувочного повітря ДВЗ: Методичні вказівки. – Миколаїв: НУК, 2009. – 24 с.

Кафедра двигунів внутрішнього згоряння

Методичні вказівки містять розгорнутий приклад виконання розрахункового завдання з дисциплін “Проектування апаратів та агрегатів ДВЗ” і “Застосування апаратів та агрегатів ДВЗ”.

Методичні вказівки призначені для виконання курсового та дипломного проектування студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 8.090210 “Двигуни внутрішнього згоряння”.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Б.Г. Тимошевський.

*Згідно з наказом ректора НУК № 08 від 09.01.2008
методичні вказівки публікуються в авторській редакції і
відповідальність за їх редагування несе автор.*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Вказівки до виконання завдання.....	5
Завдання.....	6
ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ.....	7
1. Розрахунок розходів повітря та води через двигун і температури повітря за компресором.....	7
2. Попередній розрахунок ОНП за програмою вирішення прямої задачі.....	10
3. Розрахунок трубних пучків теплообмінних елементів з однаковою масою на підставі обмеження по масі пучка, визначеного в попередньому розрахунку.....	13
4. Визначення оптимальних розмірів пучка ОНП та оптимальних значень ККД і втрати тиску повітря ΔP	15
5. Уточнення параметрів повітря за оптимальним ОНП на підставі використання програми зворотного розрахунку.....	17
Висновок.....	19
6. Опис спроектованого охолоджувача наддувочного повітря.....	19
Рекомендована література.....	23

ВСТУП

Навчальним планом для студентів спеціальності 8.090210 “Двигуни внутрішнього згоряння” усіх форм навчання передбачено обов’язкове виконання розрахункового завдання з дисциплін “Проектування апаратів та агрегатів ДВЗ” і “Застосування апаратів та агрегатів ДВЗ”. Під час виконання завдання у студентів виникає ряд труднощів, пов’язаних переважно з недостатньою кількістю навчальних годин, які виділяються для вивчення вказаних дисциплін, а також внаслідок відсутності досвіду роботи з розрахунковими програмами та методиками.

Методичні вказівки допоможуть уникнути грубих помилок та непродуктивної трати часу під час виконання розрахунків за наданими програмами, не обмежуючі самостійності студента в прийнятті рішень.

Завдання складається з розрахункової частини та опису конструкції охолоджувача наддувочного повітря (ОНП), загальний вид якого надається викладачем. Розрахункова частина оформлюється у вигляді таблиць результатів, графіків та опису дій, що виконуються студентом.

ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

Розрахунково-пояснювальна записка складається з наступних розділів.

1. Розрахунок розходів повітря та води через двигун і температури повітря за компресором.

2. Попередній розрахунок ОНП за програмою вирішення прямої задачі.

3. Розрахунок трубних пучків теплообмінних елементів з однаковою масою на підставі обмеження по масі пучка, визначеного в попередньому розрахунку.

4. Визначення оптимальних розмірів пучка ОНП та оптимальних значень ККД і втрати тиску повітря ΔP .

5. Уточнення параметрів повітря за оптимальним ОНП на підставі використання програми зворотного розрахунку.

6. Висновок.

7. Опис конструкції ОНП.

Завдання на проектування надається викладачем на спеціальному бланку і розміщується перед першим розділом. Розрахункову частину завершує список використаних джерел. Загальний об'єм розрахункової частини – 15...20 аркушів друкованого тексту.

При виконанні завдання кожен студент повинен:

1. Засвоїти надані лектором методики розрахунків ОНП.

2. Визначити особливості конструкції теплообмінної поверхні, на базі якої буде конструюватися ОНП.

3. Вивчити конструкції ОНП, які можуть бути розраховані на підставі наданих програм.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

імені адмірала Макарова

МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра ДВЗ

Завдання

на виконання розрахункової роботи з дисципліни
«Проектування апаратів та агрегатів ДВЗ»

Виконати розрахунок та обрати оптимальний охолоджувач наддувочного повітря для двигуна типу 8ЧН 26/26. Двигун працює при числі обертів колінчастого валу $n = \frac{1000}{\text{об/хв}}$. Степінь підвищення тиску компресора двигуна $\Pi_k = \underline{3,0}$. Тип установки суднова.

I. Розрахунково-пояснювальна записка (15...20 аркушів формату А4).

Завдання.

Вступ.

1. Розрахунок розходів повітря та води через двигун і температури повітря за компресором.

2. Попередній розрахунок ОНП за програмою вирішення прямої задачі.

3. Розрахунок трубних пучків теплообмінних елементів з однаковою масою на підставі обмеження по масі пучка, визначеного в попередньому розрахунку.

4. Визначення оптимальних розмірів пучка ОНП та оптимальних значень ККД і втрати тиску повітря ΔP .

5. Уточнення параметрів повітря за оптимальним ОНП на підставі використання програми зворотного розрахунку.

6. Загальний висновок.

7. Опис спроектованого охолоджувача наддувочного повітря.

Література.

Виконавець студент: _____ гр. _____.

Керівник: _____

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

1. Розрахунок розходів повітря та води через двигун і температури повітря за компресором

Згідно з завданням треба розрахувати охолоджувач наддувочного повітря для двигуна типу 8ЧН 26/26, який має частоту обертів колінчастого валу $n = 1000$ і у якого степінь підвищення тиску у компресорі P_k дорівнює 3,0.

Обчислюємо розхід повітря G через двигун та температуру потоку повітря за компресором T_1 , використовуючи програму допоміжних розрахунків. Початкові дані заносяться у клітини таблиці програми, зафарбовані жовтим. До них відносяться:

P_0 , T_0 – обираються відповідно нормальним умовам, якщо немає додаткових вказівок;

T_{w1} – обирається як для суднового двигуна, згідно з завданням (залежно від схеми та призначення системи охолодження може лежати у межах 35...90 °С; нижня межа відповідає малорозхідним системам та судовим системам з охолодженням повітря забортною водою, верхня – повнопоточним системам транспортних двигунів);

$\eta_{ад}$ – обирається відповідно рекомендаціям [1, 2];

$\eta_{ох}$ – обирається відповідно рекомендаціям [3];

χ , ϕ_a , Ψ , ϵ , P_a/P_2 , γ_r , ΔT_a , T_r , g_e , α – обираються як усереднені дані для двигунів відповідного класу з довідників [4, 5, 6];

g_w – може також обиратися за [4, 5, 6] а також на підставі табл. 1.2, що надається на одному аркуші з програмою розрахунку.

Вибір параметрів D , S , P_k , n , i , не потребує пояснення.

Результати розрахунку надаються у вигляді табл. 1, яку копіюємо з наданої програми.

Таблиця 1. Розрахунок розходу повітря

Параметр та одиниці виміру	Найменування параметру, розрахункова формула	Значення
D , м	Діаметр циліндру	0,26
S , м	Хід поршня	0,26

Продовж. табл. 1

Параметр та одиниці виміру	Найменування параметру, розрахункова формула	Значення
P_0 , Па	Тиск навколишнього середовища	100000
T_0 , К	Температура навколишнього середовища	293
T_{w1} , К	Температура охолоджуючої рідини на вході в ОНП	313
P_k	Степінь підвищення тиску	3,0
$\eta_{ад}$	Адіабатний ККД компресора	0,80
$\eta_{ох}$	ККД охолоджувача наддувочного повітря	0,95
n , об/хв	Частота обертів колінчастого валу	1000
i	Кількість циліндрів двигуна	8
χ	Коефіцієнт тактності двигуна	0,5
Φ_a	Коефіцієнт продувки	1,05
Ψ	Коефіцієнт втрати частини ходу поршня на газообмін	0
ε	Ступінь стиску	14
P_a/P_2	Втрата тиску	0,97
γ_r	Коефіцієнт залишкових газів	0,03
ΔT_a	Підігрів заряду від стінок циліндра	30
T_r , К	Температура залишкових газів	800
g_e , кг/(кВт· год)	Питома витрата пального	0,18
α	Коефіцієнт надлишку повітря	3,0
g_w , кг/(кВт· год)	Питома витрата охолоджуючої рідини	70
P_1 , Па	$P_1 = P_0 \cdot P_k$	300000
P_2 , Па	$P_2 = 0,98 \cdot P_0 \cdot P_k$	294000
T_1 , К	$T_1 = T_0 \cdot \left(1 + \frac{P_k^{0,286} - 1}{\eta_{ад}} \right)$	428,2

Продовж. табл. 1

Параметр та одиниці виміру	Найменування параметру, розрахункова формула	Значення
T_2, K	$T_2 = T_1 - \eta_{\text{ок}} \cdot (T_1 - T_{\text{w1}})$	318,8
T_a, K	$T_a = \frac{T_2 + \Delta T_a + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}$	361,9
$\eta_{\text{н}}$	$\eta_{\text{н}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_2} \cdot \frac{T_2}{T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r}$	0,893
$G, \text{кг/с}$	$G = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot S \cdot \frac{P_2}{R \cdot T_2} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot i \cdot \chi \cdot \frac{n}{60} \cdot \varphi_a \cdot (1 - \psi)$	2,773
$N_e, \text{кВт}$	$N_e = \frac{3600 \cdot G}{g_e \cdot L_o \cdot \alpha \cdot \varphi_a}$	1230
$G_w, \text{кг/с}$	$G_w = \frac{N_e \cdot g_w}{3600}$	23,9

Для виконання прямого розрахунку ОНП з табл. 1 вибираємо такі початкові параметри:

розхід повітря $G = 2,77 \text{ кг/с}$;

тиск повітря перед ОНП $P_1 = 300000 \text{ Па}$;

температура повітря перед ОНП $T_1 = 428,2 \text{ К}$;

температура повітря за ОНП $T_2 = 318,8 \text{ К}$;

температура води перед ОНП $T_{\text{w1}} = 313 \text{ К}$;

розхід охолоджуючої води через ОНП: $G_w = 23,9 \text{ кг/с}$.

2. Попередній розрахунок ОНП за програмою вирішення прямої задачі

Прямий розрахунок виконується для визначення конструктивних параметрів ОНП, при цьому відомі всі параметри теплоносіїв перед ОНП і за ним, а також їх розходи.

Для вирішення прямої задачі розрахунку ОНП, крім зазначених вище параметрів, задаємо додатково:

1. Значення повітряного опору ОНП ΔP (на підставі [3]).
2. Значення швидкості води в трубках w (на підставі [3]).
3. Тип поверхні теплообміну – шаховий пучок труб (рис. 1) з індивідуальним накатним заребренням (рис. 2).

Параметри пучків, що вироблялися ВАТ БерМЗ, надані у табл. 2. Ці параметри можна обирати як прототипні для розрахунків. Взагалі їх можна змінювати досить істотно для забезпечення потрібних якостей теплообмінника. При цьому внутрішній діаметр d_w повинен бути не менше 8 мм і звичайно не робиться більше 16 мм з урахуванням способу закріплення у трубних дошках та компактності поверхонь. Шаг між ребрами u не повинен бути менше 1,9 мм (для суднових та звичайних транспортних двигунів) з урахуванням можливості швидкого забруднення поверхні з боку повітря. Інші границі зміни розмірів обмежені можливостями розрахункових формул, що описують граничні умови з теплообміну та опору течії.

Опис табличної форми рішення прямої задачі розрахунку ОНП та приклад виконання розрахунку представлені в [3]. На підставі цих матеріалів слід зробити розрахунки, а результати представити у вигляді табл. 3. Таблиця робиться як копія відповідної форми, що надається у зазначеній програмі.*

Результати розрахунку ОНП надаються у вигляді табл. 3 (копія таблиці результатів з наданої програми). Основними результатами є визначення габаритних розмірів пучка ОНП та його площі теплообмінної поверхні та маси.

* Дрібним шрифтом тут і далі надаються додаткові відомості для виконавця, які не треба відтворювати у завданні.

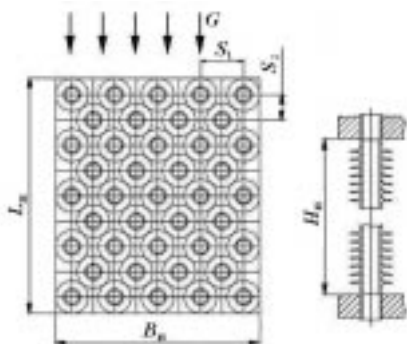


Рис. 1. Розміщення трубок в трубному пучку

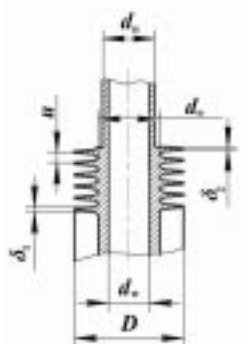


Рис. 2. Трубка з індивідуальним накатним заребренням

Таблиця 2. Геометричних параметрів прототипних пучків труб

Зовнішній діаметр заребрення D , м	0,0245	0,0245	0,023	0,02	0,019	0,02
Несучий діаметр трубки d_0 , м	0,0125	0,015	0,0128	0,0125	0,012	0,012
Внутрішній діаметр трубки d_w , м	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Шаг між ребрами u , м	0,0020	0,0029	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
Товщина ребра біля основи δ_1 , м	0,00055	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005
Товщина ребра біля вершини δ_2 , м	0,00020	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
Шаг між трубками в поперечному ряду S_1 , м	0,025	0,025	0,024	0,024	0,0192	0,0200
Шаг між поперечними рядами трубок S_2 , м	0,022	0,023	0,021	0,018	0,0174	0,0173

Таблиця 3. Результати розрахунку прямої задачі

Параметр	Значення	Найменування
G , кг/с	2,773	Розхід повітря
T_1 , К	428,2	Температура повітря на вході
P_1 , Па	300000	Тиск повітря на вході
G_w , кг/с	23,9	Розхід води
T_{w1} , К	313	Температура води на вході
$R_{ст}$, ($м^2 \cdot К$)/Вт	0,0003	Термічний опір монометалічної стінки разом з шаром забруднення
L_p , м	0,619	Конструктивна довжина пучка
B_p , м	0,575	Конструктивна ширина пучка
H_p , м	0,327	Відстань між трубними дошками
b_w	4	Число ходів по воді при загальній протитечії
$H_{тр,г}$, мм	20	Довжина гладких ділянок трубок
b_k	10	Висота поворотної камери
Z , шт.	630	Число труб в пучку
Z_1 , шт.	23	Число подовжніх рядів труб
Z_2 , шт.	28	Число поперечних рядів труб
ΔP , мм вод.ст.	297,1	Повна зміна тиску в охолоджувачі
η	0,9542	ККД ОНП
t_2 , °С	45,3	Температура повітря за ОНП
w_w , м/с	1,93	Швидкість води в трубах
M_p , кг	207,3	Розрахункова маса пучка
M_p' , кг	309,4	Маса пучка з трубними дошками
Q , Вт	306366,89	Кількість теплоти, переданої в ОНП

Продовж. табл. 3

Параметр	Значення	Найменування
ΔP_w , кПа	20,9	Сумарний опір руху потоку води
D , м	0,0245	Зовнішній діаметр заребрения
d_0 , м	0,0125	Несучий діаметр трубки
d_w , м	0,01	Внутрішній діаметр трубки
u , м	0,002	Шаг між ребрами
δ_1 , м	0,00055	Товщина ребра біля основи
δ_2 , м	0,00020	Товщина ребра біля вершини
S_1 , м	0,025	Шаг між трубками в поперечному ряду
S_2 , м	0,022	Шаг між поперечними рядами трубок
F , м ²	79,4	Площа поверхні з боку заребрения

Висновок: отже, попередні розміри теплообмінного пучка ОНП дорівнюють:

$$L_n = 0,619 \text{ м},$$

$$B_n = 0,575 \text{ м},$$

$$H_n = 0,327 \text{ м}.$$

Маса теплообмінного елементу складає 207,3 кг, площа заребреної поверхні дорівнює 79,4 м², об'єм – $V_n = L_n \times B_n \times H_n = 0,1164 \text{ м}^3$.

3. Розрахунок трубних пучків теплообмінних елементів з однаковою масою на підставі обмеження по масі пучка, визначеного в попередньому розрахунку

Отримані масу та габаритні розміри пучка приймемо як обмеження по масі, габаритах і об'єму.

Якщо мати незмінним об'єм пучка, це означає збереження незмінною його маси, а оскільки маса прямо пропорційна його ціні, то й ціни теплообмінника. При зміні розмірів L_n , B_n , H_n можна зберігати об'єм, масу і ціну практично незмінними, якщо їх зміна виконується з дотриманням певного алгоритму. Такі зміни розмірів при незмінних початкових параметрах та розходах теплоносіїв ведуть до зміни значень ККД та

ΔP . Отже, для кожної незмінної ціни, об'єму та маси може бути отримана ціла серія значень ККД та ΔP залежно від пропорцій основних розмірів пучка.

Якщо тепер уявити собі такі зміни розмірів пучка ОНП, при яких його маса лишається незмінною, то такі трансформації відповідатимуть рис.3.

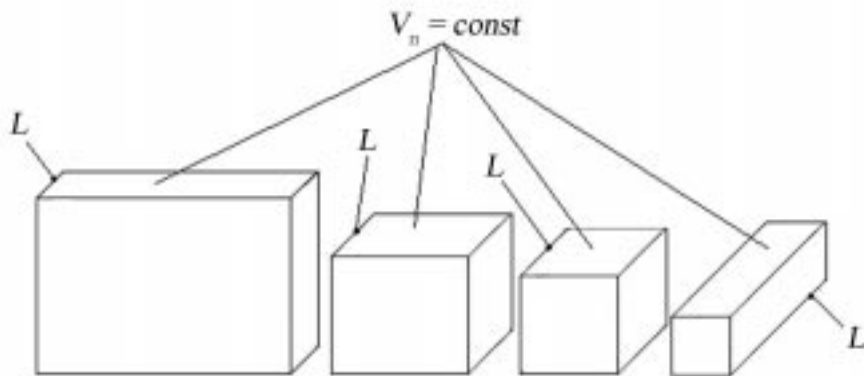


Рис. 3. Варіанти трансформації пучка ОНП при незмінному об'ємі і масі

При цьому для пучків з меншою довжиною L буде відповідати менше значення опору руху повітря ΔP і водночас буде зменшуватися ККД теплообмінника. Зі збільшенням довжини буде зворотній ефект.

Скориставшись програмою розрахунку розмірів пучків з рівними масами (об'ємами), отримуємо набори значень L_n , B_n , H_n пучків з рівною масою (табл. 4, виконується як вибірка з таблиці, що надається у програмі).

Таблиця 4. Результати розрахунку пучків рівних мас та об'ємів

Параметри	Номери розрахунку							
	1	2	3	4	5	6	7	8
L_n , м	0,418	0,484	0,550	0,616	0,682	0,748	0,814	0,880
B_n , м	0,550	0,500	0,475	0,450	0,425	0,400	0,400	0,375
H_n , м	0,504	0,480	0,445	0,420	0,402	0,391	0,359	0,355

4. Визначення оптимальних розмірів пучка ОНП та оптимальних значень ККД і втрати тиску повітря ΔP

Зрозуміло, що у випадку, коли декілька ОНП з однаковою масою і приблизно однаковою ціною мають різний вплив на роботу ДВЗ, то з них слід обирати такий, вплив якого буде найефективнішим. З досліджень ДВЗ відомо, що для кожної незмінної маси пучка ОНП існує (теоретично) тільки одна пара значень ККД та ΔP (а відповідно і одне сполучення габаритних розмірів), яка спроможна забезпечити найліпші умови використання цього теплообмінника на двигуні. Ці значення ККД та ΔP відповідають умові, коли ОНП максимально збільшує густину повітря на виході порівняно з густиною на вході. Збільшення густини повітря в ОНП називається ступенем підвищення густини повітря в ОНП і позначається як

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_2}{\rho_1},$$

де $\rho_{1,2}$ – густина повітря на вході та виході з ОНП відповідно.

Характер зміни $\bar{\rho}$ схематично показаний на рис. 4. В точці з максимумом $\bar{\rho}$ значення ККД та ΔP ОНП будуть оптимальними. Відповідно оптимальними будуть і його розміри. Саме такий варіант, що відповідає умові максимального збільшення $\bar{\rho}$, треба обирати для виробництва, а його розміри слід вважати оптимальними.

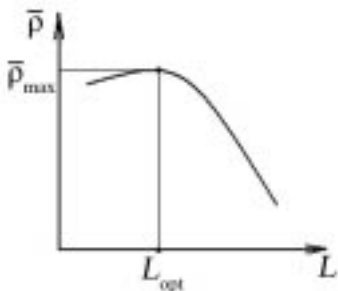


Рис. 4. Загальний вигляд залежності $\bar{\rho}$ від габаритних розмірів пучків з рівною масою

Треба додати, що район максимуму $\bar{\rho}$ є відносно пологим, тож вибір оптимального результату може відповідати не строго математичному значенню функції, а може бути наближеним до нього з урахуванням технологічних і конструктивних міркувань.

Для побудови залежності ступеня підвищення густини повітря від габаритних розмірів пучків з рівною масою виконуються зворотні розрахунки всіх ОНП з рівними масами пучків і визначаються їхні уточнені конструктивні параметри і ступені підвищення густини повітря.

Результати розрахунків надаються в табл. 5, яка є копією табл. 3.2, що надається у програмі. Під час зворотних розрахунків пучків з рівними масами виконується незначна корекція розмірів цих пучків, що забезпечується у зворотній програмі для забезпечення найліпших можливостей конструктивного виконання охолоджувачів.

Таблиця 5. Залежність $\bar{\rho}$ від габаритних розмірів пучків з рівною масою

Параметри	Номери розрахунку							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$L_{п}, \text{ м}$	0,399	0,465	0,531	0,597	0,663	0,729	0,795	0,861
$B_{п}, \text{ м}$	0,549	0,499	0,475	0,449	0,425	0,399	0,399	0,375
$H_{п}, \text{ м}$	0,504	0,48	0,445	0,42	0,402	0,391	0,359	0,355
$\bar{\rho}$	1,3303	1,3332	1,3338	1,3332	1,3312	1,3284	1,3239	1,3189

За отриманими даними будується залежність $\bar{\rho} = f(L_{п})$ (рис. 5.). Ця залежність може бути виконана як копія графіку, автоматично побудованого у середовищі *Microsoft® Excel* (реалізована у наданій програмі як рис. 7 цієї програми).

З рис. 5 виходить, що максимальне збільшення $\bar{\rho}$ забезпечує ОНП з конструктивною довжиною пучка $L = 0,53$ м. Ці параметри достатньо точно відповідають охолоджувачу № 3 з табл. 5. Відповідно охолоджувач № 3 рекомендується для застосування на двигуні, а його розміри і параметри слід вважати оптимальними.

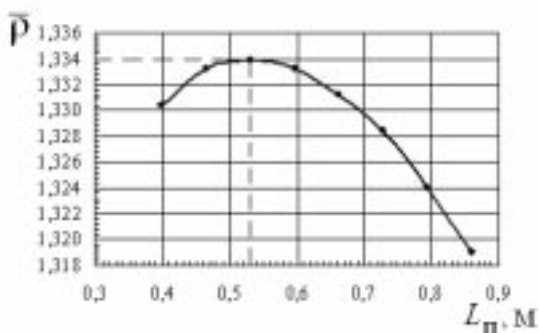


Рис. 5. Залежність $\bar{\rho}$ від габаритних розмірів пучків з рівною масою

5. Уточнення параметрів повітря за оптимальним ОНП на підставі використання програми зворотного розрахунку

Після визначення оптимальних розмірів ОНП, проводимо його остаточний зворотній розрахунок з метою уточнення параметрів теплоносіїв на його виході. Це виконується з використанням програми вирішення зворотної задачі розрахунку ОНП. Результати розрахунку представлені в табл. 6, яка є копією таблиці, наданої у програмі.

У наведеному прикладі довжина оптимального пучка співпадає з відповідним розміром пучка № 3, який був сформований перед виконанням розрахунків. Відповідно результати розрахунку можна обирати з виконаних у попередньому розділі. При цьому слід розуміти, що оптимум міг би і не співпасти з одним з таких пучків. У такому випадку на підставі рис. 5 слід було б обрати відповідну оптимальну довжину пучка, на її підставі визначити усі інші розміри за програмою визначення рівних мас, а далі зробити зворотний розрахунок цього охолоджувача.

Таблиця 6. Результати зворотного розрахунку ОНП

Параметр	Значення	Найменування
G , кг/с	2,773	Розхід повітря
t_1 , °C	155,2	Температура повітря на вході в ОНП
P_1 , Па	300000	Тиск повітря на вході
G_w , кг/с	23,9	Розхід води
t_{w1} , °C	40	Температура води на вході
t_{w2} , °C	43,0	Температура води на виході
$\frac{R_{ст}}{(m^2 \cdot K)/Вт}$	0,0003	Термічний опір монометалічної стінки разом з шаром забруднення
$L_{п}$, м	0,531	Конструктивна довжина пучка
$B_{п}$, м	0,475	Конструктивна ширина пучка
$H_{п}$, м	0,445	Відстань між трубними дошками
b_w	4	Число ходів по воді при загальній протитечії
$H_{тр.г}$, мм	68	Довжина гладких ділянок труб

Продовж. табл. 6

Параметр	Значення	Найменування
b_k , мм	29,5	Висота поворотної камери
Z , шт.	444	Число труб в пучку
Z_1 , шт.	19	Число подовжніх рядів труб
Z_2 , шт.	24	Число поперечних рядів труб
ΔP , мм вод.ст.	208,5	Повна зміна тиску в охолоджувачі
η	0,9493	ККД ОНП
t_2 , °C	45,8	Температура повітря за ОНП
w_w , м/с	2,7	Швидкість води в трубках
M_p , кг	198,5	Розрахункова маса пучка
M_p' , кг	280,4	Маса пучка з трубними дошками
Q , Вт	304764	Кількість теплоти, переданої в ОНП
ΔP_w , кПа	39,7	Сумарний опір руху потоку води
D , м	0,0245	Зовнішній діаметр заребрення
d_0 , м	0,0125	Несучий діаметр трубки
d_w , м	0,01	Внутрішній діаметр трубки
u , м	0,002	Шаг між ребрами
δ_1 , м	0,00055	Товщина ребра біля основи
δ_2 , м	0,00020	Товщина ребра біля вершини
S_1 , м	0,025	Шаг між трубками в поперечному ряду
S_2 , м	0,022	Шаг між поперечними рядами трубок
F , м ²	76,07	Площа поверхні з боку заребрення
$\bar{\rho}$	1,3338	Степень підвищення густини повітря в ОНП

ВИСНОВОК

Таким чином, для заданого двигуна пропонується ОНП з такими основними параметрами:

$$V_n = L_n \times B_n \times H_n = 0,1120 \text{ м}^3;$$

$$Z = 444 \text{ шт.};$$

$$M_n = 198,5 \text{ кг};$$

$$F = 76,07 \text{ м}^2;$$

$$\Delta P = 208,5 \text{ мм вод.ст.};$$

$$\eta = 0,9493;$$

$$t_1 = 155,2; t_2 = 45,8 \text{ }^\circ\text{C при } T_{w1} = 40 \text{ }^\circ\text{C}.$$

ОНП спроектований на базі шахового пучка труб з індивідуальним накатним заребренням. Розміри трубок і їх розміщення в пучку надано в табл. 6.

6. Опис спроектованого охолоджувача наддувочного повітря

У роботі передбачається виконання опису конструкції ОНП, що надається викладачем. Вона не обов'язково може відповідати тій конструкції, що закладена в основу розрахунків за програмою, яка покладена в основу виконання даного завдання (ОНП з теплообмінним елементом на базі шахового пучка труб з індивідуальним накатним заребренням). Така ситуація відповідає умові навчального процесу і умові вивчення усіх можливих конструкцій ОНП. Втім, аналогічні розрахунки будь-яких інших варіантів ОНП цілком можливі з використанням алгоритмів та програм, які надаються слухачам у повному електронному комплекті для студентів з даної дисципліни, хіба що виникає потреба додаткової розробки програми допоміжних розрахунків, яка пов'язана з визначенням розмірів пучків з рівними масами. При описі можливо надавати такі назви другорядним елементам конструкції, які відповідають їх призначенню. Для ілюстрації опису слід залучати необхідні рисунки з посібника, що надається у електронному вигляді. При цьому надані види ОНП у разі необхідності слід доробляти в програмі *Microsoft® Paint* щонайменше для того, щоб зробити нумерацію основних деталей, необхідну при описі конструкції. При описі конструкції можливо давати ймовірні описи тих особливостей, які неможна побачити на наданому рисунку, але які можуть бути в такому теплообміннику згідно з загальними уявленнями про особливості раціональних конструкцій таких теплообмінників. Перелік елементів конструкції (експлікацію) слід привести під рисунком ОНП. Опис конструкції слід робити системно, використовуючи для цього наданий нижче зразок.

Загальний вигляд охолоджувача наддувочного повітря надається на рис. 6.

Цей ОНП може бути класифіковано за таким ознаками:

- за способом теплообміну між теплоносіями – рекуперативний;

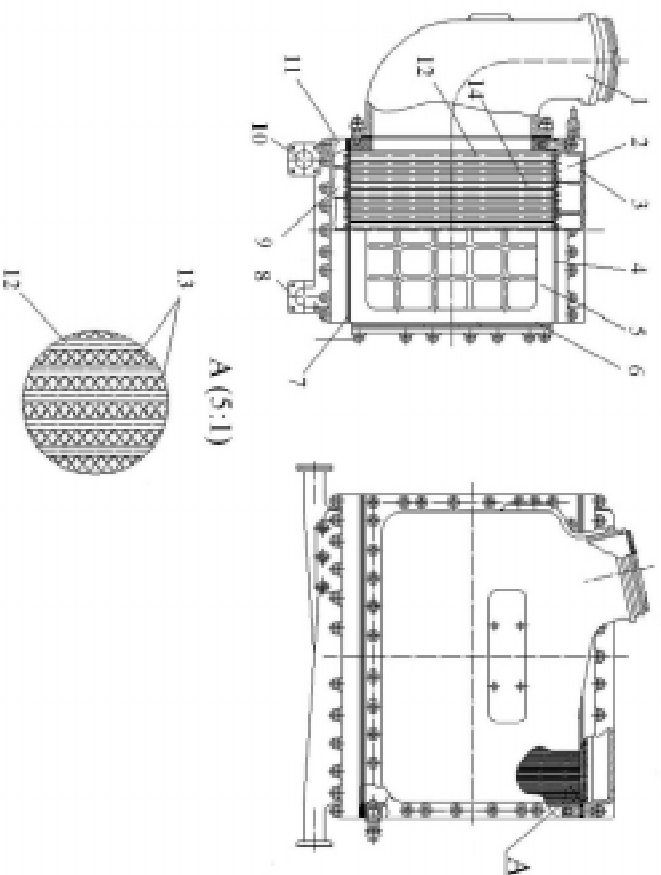


Рис. 6. Загальний вигляд ОНП:

1 – вхідний повітряний патрубок; 2 – поворотна камера верхньої водяної кришки; 3 – верхня водяна кришка; 4 – верхня труба дошка; 5 – корпус; 6 – фланець отвору корпусу для виходу повітря; 7 – нижня труба дошка; 8 – вхідний водяний патрубок; 9 – поворотна камера нижньої водяної кришки; 10 – вхідний водяний патрубок; 11 – нижня водяна кришка; 12 – трубка; 13 – зареблення; 14 – пучок труб.

- за виглядом теплоносіїв – водоповітряний або рідинно-газовий;
- за схемою взаємного руху теплоносіїв – багаторазово перехреснотічний з загальним протитічним рухом (рис. 7.);

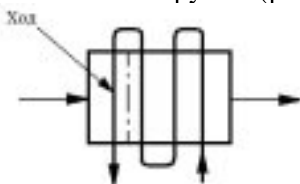


Рис. 7. Схема взаємного руху теплоносіїв

• за виглядом поверхні теплообміну – трубчасто-пластинчатий; теплообмінний елемент виготовлений на базі пучка плоско-овальних труб з груповим стрічково-розсіченим заребренням. Загальний вигляд заребрення надано на рис. 8. Для більш докладного опису поверхні ОНП, що надається у даному прикладі, необхідні додаткові відомості. Втім, можна припустити, що повний вид заребрення може бути таким, як на рис. 8, щоби відповідати сучасним поглядам на можливість вдосконалення таких поверхонь;

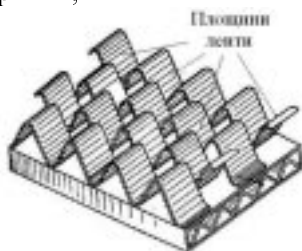


Рис. 8. Можливий вигляд заребрення поверхні ОНП

- за схемою конструкції – кожухокоробчастий, з жорстким закріпленням обох трубних дошок у корпусі (рис. 9.).

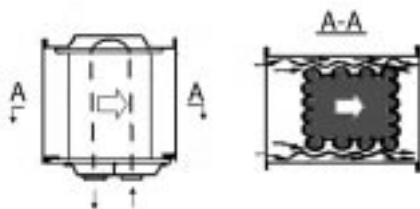


Рис. 9. Схеми конструкції ОНП

Основні елементи конструкції ОНП – це корпус 5, трубні дошки 4 і 7, пучок з труб з заребренням 14, водяні кришки 3 і 11.

При роботі ОНП повітря рухається через патрубок 1 і далі через пучок плоско-овальних труб з груповим заребренням. Виходить воно з протилежного боку пучка в ресивер двигуна, який повинен з'єднуватися з фланцем корпусу 6, протилежним тому, через яке повітря входить у ОНП.

Вода надходить до теплообмінника знизу, через патрубок 8, і проходить кілька разів впоперек ходу повітря з загальним напрямком проти його ходу. Після останнього перетину пучка вона виходить через патрубок 10. Це забезпечується відповідною конструкцією водяних кришок теплообмінника, поділених на поворотні камери (поз. 2, 9, рис. 7.). З урахуванням кількості таких камер на верхній кришці цей ОНП є 10-ходовим, при чому водяний потік після кожного ходу повністю перемішується.

Рекомендована література

1. *Мошенцев Ю.Л.* Розрахунок ступені відцентрового наддувочного компресора: Методичні вказівки. – Миколаїв: НУК, 2006. – 49 с.

2. *Моргулис П.С., Перфилов В.Г.* Турбокомпрессоры тепловозных двигателей. – М.: Машиностроение, 1965. – 147 с.

3. *Мошенцев Ю.Л.* Теплообменные аппараты ДВС: Учебное пособие. – Николаев: Николаевская областная типография, 2006. – 43 л., ил.

4. Дизели: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. / Под общей редакцией *В.А. Ваншейдта, Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова*. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1977. – 480 с., ил.

5. Судовые двигатели внутреннего сгорания: Учебник / *Ю.Я. Фомин, А.И. Горбань, В.В. Добровольский, А.И. Лукин* и др. – Л.: Судостроение, 1989. – 344 с., ил.

6. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для втузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / *Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин* и др.; под ред. *А.С. Орлина, М.Г. Круглова*. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

Навчальне видання

МОШЕНЦЕВ Юрій Леонідович
ГОГОРЕНКО Олексій Анатолійович

**РОЗРАХУНКИ ОХОЛОДЖУВАЧІВ
НАДДУВОЧНОГО ПОВІТРЯ ДВЗ**

Методичні вказівки

(українською мовою)

Макетування *Є.С. Сергєєв*
Коректор *М.О. Паненко*

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 29.01.09. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 1,4. Обл.-вид. арк. 1,5.
Тираж 100 прим. Вид. 1. Зам. № 27. Ціна договірна

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5