



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ

Національний університет кораблебудування

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ДВИГУНОБУДУВАННЯ

VII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

24–25 листопада 2022 р.

МАТЕРІАЛИ



Миколаїв ■ 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ДВИГУНОБУДУВАННЯ

VII Міжнародна науково-технічна конференція

24–25 листопада 2022 року

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, пр-т Героїв України, 9*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Миколаїв
Видавець Торубара В.В.
2022

УДК 621.43
С89

ОРГАНІЗАТОРИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Академія наук суднобудування України
ДП Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»—«Машпроект»
Колумбійський університет (Нью-Йорк, США)
Корейський науково-дослідний інститут машинобудування і матеріалів
(Республіка Корея)
Стамбульський університет, (Турецька Республіка)

**Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.
Претензії до організаторів не приймаються.**

Відповідальний за випуск:
О. А. Гогоренко

С 89 **Сучасний стан та проблеми двигунобудування : Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : видавець Торубара В.В., 2022. – 192 с.**

ISBN 978-617-7472-99-4

У збірнику наведені матеріали міжнародної конференції, яка відбулася у Національному університеті кораблебудування (м. Миколаїв) 24–25 листопада 2022 року. Розглянуті науково-технічні, організаційні та екологічні питання, що виникають при дослідженні, проектуванні, виготовленні та експлуатації двигунів та установок різного типу і призначення. Досліджені загальні питання двигунобудування, робочі процеси в газотурбінних двигунах і двигунах внутрішнього згорання, а також аспекти конструювання й виробництва двигунів та їх елементів. Велика увага приділена впровадженню енергоощадних технологій, застосуванню прогресивних технологій при виготовленні та монтажі двигунів.

Матеріали збірника можуть бути корисними для науковців, інженерно-технічних працівників, викладачів, студентів і аспірантів.

УДК 621.43

ISBN 978-617-7472-99-4

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2022

Секція № 3

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ В ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНАХ ТА УСТАНОВКАХ

КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ГАЗОТУРБІННОГО АГРЕГАТУ З ПЕРЕРОЗШИРЕННЯМ ГАЗУ

Патлайчук В. М.

кандидат технічних наук, завідувач кафедри турбін

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

Борщов О. М.

студент гр.6231м

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

В газотурбінних установках відкритого термодинамічного циклу, в яких викид відпрацьованих газів здійснюється в атмосферу, тиск на виході з турбінної частини ГТА встановлюється приблизно рівним атмосферному тиску. Газотурбінні агрегати відкритого циклу, в яких тиск на виході з турбіни з метою підвищення спрацьовуємого в ній теплоперепаду організовується меншим, ніж атмосферний, отримали назву агрегатів з перерозширенням газу в турбіні.

ГТА з перерозширенням газу спрацьовують в турбіні значно більший теплоперепад, проте потребують додаткових конструктивних елементів для викиду відпрацьованого газу в атмосферу, оскільки самотійно, без цих елементів, газ до неї вже вийти не може. Ці додаткові елементи повинні підвищити тиск газу до атмосферного (з урахуванням втрат тиску у випускному тракті).

У ролі подібних додаткових дожимних пристроїв можливе використання:

- а) спеціальних компресорів (ексгаустерів);
- б) повітряноструйних ежекторів.

У даній роботі досліджується конструкція газотурбінного агрегату з перерозширенням газу, який використовує в якості дожимного пристрою повітряноструйний ежектор. У ролі робочої речовини передбачається використання повітря, яке відбирається з проміжних ступенів компресорної частини самого ГТА. На функціонування даного пристрою буде витрачатися механічна енергія турбінної частини ГТА, оскільки відбиратися на ежекцію буде повітря, на стискання якого вже була витрачена механічна енергія.

Загальна будова газотурбінного агрегату з ежекційним пристроєм наведена на рис. 1. За основу взята конструкція ГТА простого циклу UGT 25000 [1], який серійно виготовляється державним підприємством НВКГ "Зоря"-Машпроект (м. Миколаїв, Україна).

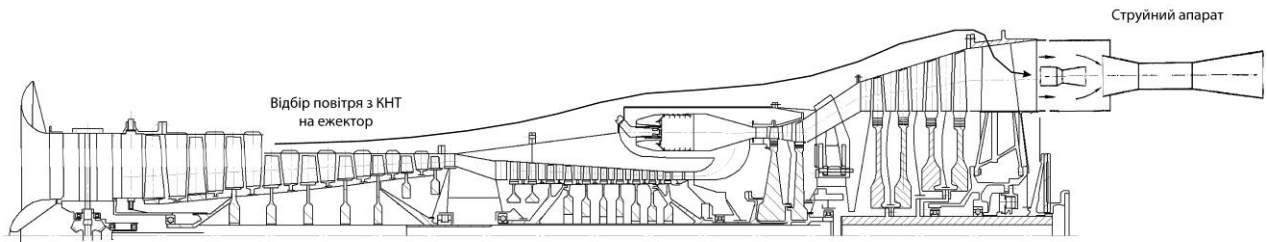


Рис. 1. Загальна будова ГТА з ежекційним перерозширенням газу в турбіні

Відбір повітря на ежекційний пристрій здійснюється з проміжних ступенів компресорної частини ГТА (як правило, з проміжних ступенів компресора низького тиску). Повітряноструйний ежектор кільцевої форми розташований безпосередньо за силовою турбіною агрегату після стійки задньої опори.

Розрахунок досліджуваної конструкції ГТА являє собою традиційний розрахунок параметрів газотурбінного агрегату простого термодинамічного циклу (наприклад, за методикою, викладеною в роботі [2]), ускладнений необхідністю враховувати наявність додаткових конструктивних елементів.

Розрахунок повітряноструйного ежектора полягає у визначенні усіх його параметрів та необхідної витрати повітря. Проводити його будемо відповідно до методики, розробленої Є.Я. Соколовим та С.Ф. Коп'євим та викладеною у роботі [3].

Основним положенням при розрахунку любого струйного апарату, у тому числі й проєктуємого ежектора, є закон збереження кількості руху

$$G_{\text{еж}} w_{\text{еж}} + G_{\text{т3}} w_{\text{т3}} = (G_{\text{еж}} + G_{\text{т3}}) w_{\text{см}},$$

де $G_{\text{еж}}$ та $G_{\text{т3}}$ – витрати ежекційного повітря та випускного газу з силової турбіни, кг/с; $w_{\text{еж}}$ та $w_{\text{т3}}$ – швидкості цих речовин при вході до камери змішання, м/с; $w_{\text{см}}$ – швидкість суміші в камері змішання до входу в дифузор, м/с.

Важливе значення має параметр, який зветься коефіцієнт ежекції та є відношенням кількості випускного газу з силової турбіни до кількості повітря, яке витрачається на ежекцію:

$$u = \frac{G_{\text{т3}}}{G_{\text{еж}}}.$$

Прийmemo для розрахунку схему розподілу тиску уздовж ежекційного пристрою, яка зображена на рис. 2.

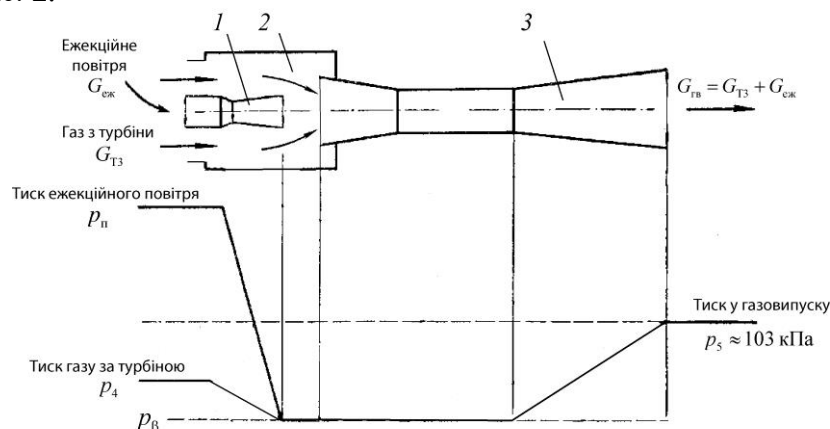


Рис. 2. Загальна будова та зміна тиску за рухом робочих речовин у повітряноструйному ежекторі: 1 – сопло; 2 – камера змішання; 3 – дифузор

Тиск в камері змішання прийнятий постійним, хоча в дійсності він дещо збільшується. Для створення потрібної швидкості ежектуемого випускного газу при вході до камери змішання тиск p_β в ній повинен бути нижчим, ніж тиск газу за силовою турбіною p_4 . Це зниження тиску в камері змішання характеризується коефіцієнтом β , який визначає швидкість w_{t3} випускного газу перед змішанням:

$$\beta = \frac{p_4 - p_\beta}{p_5 - p_4},$$

тобто відношенням напору, витрачаемого на створення вхідної швидкості ежектуємої речовини, до напору, який створюється струйним апаратом.

Стискання суміші повітря та випускних газів в ежекторі вважаємо ізоентропійним.

Коефіцієнт корисної дії усього ежектора може бути визначений як відношення використовуємої енергії до затраченої на ежекцію енергії, тобто

$$\eta_{\text{еж}} = \frac{G_{t3} h}{G_{\text{еж}} (H - h)} = \frac{u}{\frac{H}{h} - 1},$$

де $H = p_\pi - p_4$ – напір при витоку ежекційного повітря; $h = p_5 - p_4$ – напір, який створюється струйним апаратом.

Розроблена методика розрахунку газотурбінного агрегата з ежекційним перерозширенням газу в турбіні може бути використана для проектування та дослідження параметрів ГТА даного типу.

Література:

1. Романовський Г. Ф., Сербін С. І., Патлайчук В. М. Сучасні газотурбінні агрегати: у 2 т. Т. 1. Агрегати виробництва України та Росії. Миколаїв: НУК, 2005. – 344 с.
2. Романовський Г. Ф., Ващилєнко М. В., Сербін С. І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів: навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 304 с.
3. Берман С. С. Теплообменные аппараты и конденсационные устройства турбоустановок. М.: ГНТИМЛ, 1976. – 427 с.

DEPENDENCE OF THE PARAMETERS OF GAS TURBINE UNIT ON THE GAS OVER-EXPANSION IN POWER TURBINE

Patlaichuk V. M.

Head of the Department of Turbines

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolayiv, Ukraine*

Borschov O. M.

student, group 6231m

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolayiv, Ukraine*

Consider the dependence of the parameters of gas turbine unit with an air-jet ejector on the gas over-expansion in power turbine. The issue of the designing of such unit was discussed in paper [1].