

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування»
Одеський національний морський університет
Херсонська державна морська академія
ДП Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»–«Машпроект»
Регістр судноплавства України
Харбінський інженерний університет (Китай)
Університет науки і технологій Цзянсу (Китай)
Західнопоморський технологічний університет (Польща)
Батумський навчально-навігаційний університет (Грузія)
MV WERFTEN Wismar GmbH (Німеччина)

МАТЕРІАЛИ

X МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА: СТАН ТА ПРОБЛЕМИ

4–5 листопада 2021 року



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: *Трушляков Є.І.* – д.т.н., проф. (Україна)

Заступники голови: *Павлов Г.В.* – д.т.н., проф. (Україна); *Сербін С.І.* – д.т.н., проф. (Україна); *Горбов В.М.* – к.т.н., проф. (Україна)

Вчений секретар: *Мітєнкова В.С.* – к.т.н, доцент (Україна)

Члени оргкомітету: *Белоусов Є.В.* – д.т.н., доц. (Україна); *Варбанець Р.А.* – д.т.н., проф. (Україна); *Грицук І.В.* – д.т.н., проф. (Україна); *Димо Б.В.* – к.т.н., проф. (Україна); *Радченко М.І.* – д.т.н., проф. (Україна); *Ткач М.Р.* – д.т.н., проф. (Україна); *Ся Гуйхуа* – prof (КНР); *Хведелидзе П.Г.* – д.т.н. проф. (Грузія); *Чередніченко О.К.* – д.т.н., доц. (Україна); *Чобенко В.Н.* – к.т.н. (Україна); *Шостак В.П.* – к.т.н., проф. (Україна); *Gershanik V.I.* – DSc (Німеччина); *Stachel A.A.* – DSc, Prof (Польща); *Themelis N.J.* – PhD (США)

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

Відповідальний за випуск Горбов В.М.

Суднова енергетика: стан та проблеми : Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції, 4–5 листопада 2021 року. – Миколаїв : Видавничий дім «Гельветика», 2021. – 358 с.
ISBN 000–000–000–000–0

У збірнику наведені матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції, яка відбулась у Національному університеті кораблебудування (м. Миколаїв) 4–5 листопада 2021 року. Розглянуто різні аспекти науково-технічних, організаційних та екологічних питань, пов'язаних з дослідженням, проектуванням, виготовленням та експлуатацією суднових енергетичних установок суден різного призначення, дослідженням робочих процесів у елементах суднових енергетичних установок, а також шляхам удосконалення підготовки фахівців з суднової енергетики у вищих навчальних закладах. Матеріали збірника можуть бути корисними для науковців, інженерно-технічних працівників, викладачів, студентів та аспірантів.

УДК 629.12.03

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<i>Trushliakov E., Radchenko M., Bohdal T., Tkachenko V., Tsaran F.</i> Increasing Performance of Air Conditioning System in Actual Climatic Conditions.....	9
<i>Serbin S., Burunsuz K., Chen D., Zongming Y.</i> Characteristics of a Combustion Chamber of a Gas Turbine Engine Operating on Associated Gas.....	12
<i>Гершаник В. И.</i> Оценка воздействия круизного судна на окружающую среду	15
<i>Варбанець Р.А., Кирнац В.І., Холденко В.І., Александровська Н.І.</i> Моделювання робочого процесу за даними систем DEPAS та IMES. Діагностика циліндрового змащування.....	20
<i>Нікончук С.В.</i> Влияние процесса декарбонизации топлива и выбросов на современный рынок судостроения и процесс подготовки молодых специалистов.....	22
<i>Чередніченко О.К.</i> Адаптація об'єктно-орієнтованих підходів до розв'язання задач дослідження енергетичних установок морських об'єктів нафтогазовидобування	24
<i>Коробко В.В.</i> Термоакустичні системи енергозбереження в судновій енергетиці	29
<i>Горбов В.М., Мітєнкова В.С.</i> Нариси з історії конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми»	33

Секція № 1. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

<i>Патлайчук В.М., Патлайчук О.В., Борщов О.М.</i> Розробка конструкції газотурбінного агрегату з ежекційним перерозширенням газу в турбіні	51
<i>Патлайчук В.М., Пустовойченко А.Є., Борщов О.М.</i> Методика теплового розрахунку газотурбінного агрегату з ежекційним перерозширенням газу в турбіні	55
<i>Погорлецький Д.С., Голота Є.С.</i> Модернізація системи охолодження гідравлічної рідини суднового крану Macgregor	58

<i>Кісетов Ю.В., Кукліна О.Ю.</i> Питання зменшення аварій обладнання СЕУ	61
<i>Кісетов Ю.В., Кукліна О.Ю.</i> Людський фактор і його вплив на аварійні випадки обладнання СЕУ	64
<i>Кісетов Ю.В., Кукліна О.Ю.</i> Визначення обґрунтованої вартості ремонту суднового обладнання	68
<i>Костромін М.О., Бондаренко М.С.</i> Аналіз заходів щодо використання в судновій енергетиці екологічно безпечних двигунів	70
<i>Поляруш О.Г., Бондаренко М.С.</i> Підвищення ефективності системи підготовки високов'язкого палива ГД танкера NICOS I.V.....	75
<i>Булгаков М.П., Дерменжи М.П.</i> Аналіз методів діагностування паливних систем дизелів	79
<i>Короленко В.Л.</i> Вдосконалення енергетичної установки контейнеровозу дедвейтом 42000 т шляхом, приведення до відповідності діючим вимогам ІМО.....	83
<i>Kostyrin V., Lychko B., Gogorenko O.</i> Improving the environmentality of ship energy installations due to the application of on-board cooling systems	85
<i>Багрій С.А.</i> Вплив вдосконалення системи утилізації теплоти головних двигунів танкерів-продуктовозів типу Раматах на ефективність установки при експлуатації у північній субтропічній та тропічній зонах світового океану.....	88
<i>Кузнецова С.А., Карпенко Д.І.</i> Зміни екологічно небезпечних викидів при застосуванні комплексних заходів у газовипускних системах дизельних двигунів на судах ріка-море	91
<i>Приступ Д.В.</i> Зниження шуму при експлуатації суднових дизель-генераторів поромів типу RO-PAH дедвейтом 5300 т	95
<i>Кирюхін В.В.</i> Підвищення ефективності систем утилізації теплоти відпрацьованих газів дизель-генераторів на балкерах дедвейтом до 70000 тон при експлуатації на рейсовій лінії Миколаїв – Тріполі.....	97
<i>Горбов В.М., Соломонюк Д.М.</i> Вибір критерію порівняння конструкцій регенераторів ГТУ	100
<i>Варбанець Р.А., Залож В.І., Тарасенко Т.В.</i> Застосування результатів діагностування головних дизелів для обґрунтування оптимальних режимів експлуатації	103
<i>Анастасенко С.М.</i> Підвищення умов оптимальної надійності проводки судів в багатокомпонентній системі в умовах застосування диференціального режиму і економії палива	107
<i>Капура І.А.</i> Розвиток технічної експлуатації суднових енергетичних установок на базі інформаційних технологій.....	111
<i>Горбов В.М., Мітенкова В.С., Єлеонська О.С.</i> Аналіз складу та схемних рішень суднових енергетичних установок гібридного типу	114
<i>Компаніченко О.П., Термов С.В.</i> Покращення екологічності суднових малообертових двигунів за допомогою технології EGR.....	117
<i>Кузнецов Г.В., Яковлев М.Ф.</i> Енергетичні установки військових кораблів	120

Секція № 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ У ЕЛЕМЕНТАХ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

<i>Белоусов Е.В., Савчук В.П., Самарин А.Е., Белоусова Т.П., Рыбальченко Н.Е.</i> Истечение газового топлива из сопловых каналов газоподающего модуля малооборотного газодизельного двигателя среднего давления	126
<i>Ніколаєв Є.М., Бондаренко М.С.</i> Удосконалення системи охолодження головного двигуна судна проекту CNF09	131
<i>Ватаман Р.В.</i> Анализ эффективности теплоиспользующих систем охлаждения наддувочного воздуха дизельных установок	135
<i>Forduy S., Radchenko A., Zubarev A., Bohdal L., Khaldobin V., Konovalov A.</i> Increasing efficiency of gas engines in integrated energy system by scavenge air cooling in absorption chiller	139
<i>Forduy S., Zubarev A., Mikielewicz D., Ostapenko O., Hrych A., Khaldobin V.</i> Improving the efficiency of gas engine heat utilization by ejector-absorption chillers.....	141
<i>Козловський А.В.</i> Вплив геометричних параметрів проточної частини камери згоряння ГТД на стійкість процесів горіння	144
<i>Козловський А.В., Баклан О.В.</i> Дослідження параметрів турбіни високого тиску ГТА з ТУК номінальною споживаною потужністю 25 МВт.....	146
<i>Козловський А.В., Вілкул С.В.</i> Дослідження характеристик плазмового генератора, призначеного для підвищення стабільності процесів в камері згоряння ГТД.....	148
<i>Лашко П.В.</i> Анализ схем теплоиспользующей установки охлаждения наддувочного воздуха с использованием избыточной теплоты уходящих газов на выходе	151
<i>Личко Б.М., Макаренко О.С., Проскурін А.Ю., Резанов І.О., Пінчук П.О.</i> Вдосконалення системи управління подачею палива дизельних двигунів.....	155
<i>Маулевич В.О., Варбанець Р.А.</i> Експлуатація судових двигунів MAN B&W типу ME з електронним керуванням на низькосірчаному паливі.....	157
<i>Мінчев Д.С., Гогоренко О.А., Мошенцев Ю.Л.</i> Експериментальне дослідження режимів роботи відцентрового компресора	160
<i>Мухаметханов Р.С.</i> Визначення резервів підвищення ефективності турбонаддуву судових дизелів і напрямку їх реалізації	166
<i>Наливайко В.С., Хоменко В.С., Савчук П.С.</i> Історія створення двигунів внутрішнього згоряння типу Д100	170
<i>Наливайко В.С., Авдюнін Р.Ю., Челпанов А.О.</i> Аналіз взаємного руху поршнів двотактного дизеля типу Д100.....	173
<i>Грич А.В., Остапенко О.В.</i> Вплив двоступеневого кондиціювання повітря на ефективність газових двигунів автономної теплоелектростанції	178
<i>Грубий М.А., Коштовний В.П.</i> Покращення показників судових СОД при використанні водню в якості палива.....	181
<i>Остапенко А.В., Грич А.В.</i> Повышение эффективности трансформации теплоты гозового двигателя в холод использованием ступенчатой трансформации в ЭХМ и	185

АБХМ	
<i>Morhun S.</i> Gas turbine engine rotors forced vibration under the non-stationary real gas flow load study.....	189
<i>Семенов М.М., Шаповалов Ю.О., Костенко В.А.</i> Дослідження деаераторів при модернізації котельні теплопродуктивністю 4,2 МВт.....	191
<i>Семенов М.М., Шаповалов Ю.О., Дмитрієв Р.Ю.</i> Дослідження методів експлуатаційного контролю метала трубопроводів при модернізації систем головних циркуляційних насосів АЕС	194

Секція № 3. ЕНЕРГООЩАДНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

<i>Боду С.Ж., Чікал М.А.</i> Зміцнення шліцьових елементів методами поверхневого пластичного деформування.....	199
<i>Животовский В.А., Минчев Д.С.</i> Перспективы использования морских судов с электрическими СЭУ	202
<i>Kornienko V.</i> Modeling the pollution processes on the low-temperature surfaces of exhaust gas boilers with water-fuel emulsion combustion	207
<i>Корнелюк О.М.</i> Проблеми прийняття проектних рішень при проектуванні гребних гвинтів у складі пропульсивної установки судна	210
<i>Кузнецов В.В., Шевцов А.П.</i> Підвищення ефективності і компактності суднових енергетичних установок інтенсифікацією теплопередачі в їх елементах	214
<i>Lytosh O.V.</i> Features application and improvement of hermetic compressor units of shipboard equipment of air conditioning and refrigeration	217
<i>Тихонов Б.А., Личко Б.М., Рязанцев П.А.</i> Аналіз застосування роторів Флеттнера у якості допоміжних суднових рушіїв для контейнеровоза	223
<i>Мадей В.В.</i> Забезпечення екологічності роботи суднових дизелів під час використання біопалива	227
<i>Мар'янов Д.М.</i> Підтримка густини та седиментаційної стійкості технічних рідин, що транспортуються морськими суднами.....	231
<i>Ніколаєв О.Л., Поліщук В.А., Сич А.В., Ніколаєнко Є.О., Руденко М.Ю.</i> Удосконалення технології виготовлення косозубих коліс та конічних шестерень	235
<i>Новошицький А.В., Бражник І.Б., Рибальченко В.П., Тусова І.В.</i> Технологія перфорування тонкостінних деталей суднових конструкцій	239
<i>Подгуренко В.С., Терехов В.Е.</i> Повышение эффективности эксплуатации ветровых электрических установок	243
<i>Гришук І.В., Погорлецький Д.С., Худяков І.В., Акімов О.В., Білай А.В.</i> Теплова підготовка двигуна суднової енергетичної установки портового буксиру.....	247
<i>Поліщук В.А., Ніколаєв О.Л., Зомов Я.А., Кобельчук О.О.</i> Аналіз системи показників динамічної якості верстатних пристосувань для механічної обробки деталей	253
<i>Проскурін А.Ю., Довбенко М.М., Цуркан І.О., Матвеев В.В., Куліков А.М.</i> Підвищення ефективності роботи системи живлення газодизельних двигунів	257
<i>Ратушняк І.О., Гнатюк С.О.</i> Очищення забруднених суднових вод адсорбентами із відходів виробництва.....	259

<i>Ратушняк І.О., Ратушняк Л.П.</i> Вдосконалення оцінки еколого-економічної ефективності систем очищення суднових нафтовмісних вод	263
<i>Сагін А.С.</i> Оптимізація експлуатаційних показників роботи циркуляційних систем мащення суднових дизелів	266
<i>Соломонюк Д.М.</i> Утилізація низькопотенційної теплоти ГТУ тепловими насосами, що працюють на водяній парі.....	269
<i>Грич А.В., Остапенко О.В.</i> Система кондиціювання з глибоким двоступеневим охолодженням повітря машинного відділення автономної теплоелектростанції.....	273
<i>Зубко І.В., Булдаков А.В.</i> Застосування спиртових палив в СЕУ	277
<i>Онищенко В.В., Терех Р.В.</i> Утилізація вторинних енергоресурсів як шлях до підвищення ефективності СЕУ.....	282
<i>Іванов А.А., Свиридов В.І.</i> Екологічна безпека при експлуатації морського транспорту	286
<i>Остапенко А.В., Грич А.В.</i> Двухпоточная эжекторно-абсорбционная система трансформации сбросного тепла газопоршневого модуля.....	290
<i>Trofymenko D.S.</i> , Assessment of change in thermal balance of container vessel's post-triple e- class me when switching to ammonia as the main fuel.....	294
<i>Шостак В.П., Личко Б.М., Манзюк А.Ю.</i> Суднові пропульсивні установки з головним поршневим двигуном і утилізаційною паровою або газовою турбіною.....	299
<i>Семенов М.М., Шаповалов Ю.О.</i> Математична модель теплопереносу при сушінні і термічному розкладанні частинок відходів на водному транспорті	302
<i>Ткач М.Р., Галинкін Ю.М., Ключник В.С., Золотой Ю.Г.</i> Удосконалення технології випробування лопаток ГТД методом електронної спекл-інтерферометрії	307
<i>Ключник В.С., Ткач М.Р., Золотой Ю.Г., Галынкин Ю.Н., Проскурин А.Ю.</i> Улучшение метода цифровой спекл-интерферометрии для определения вибрационных характеристик лопаток газовой турбины.....	312
<i>Московко О.О.</i> Оцінка ефективності системи примусового запуску термоакустичного двигуна на прикладі контейнеровозу типу EXPLORER CLASS	316
<i>Колбасенко О.В., Димо Б.В.</i> Результати аналітичних досліджень горіння водопаливних емульсій	320

Секція № 4. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ

З СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ВНЗ

<i>Патлайчук О.В.</i> Формування "soft skills" як одне з призначень гуманітарної складової освітніх програм технічних спеціальностей	324
<i>Patlaichuk O.V., Patlaichuk V.M.</i> Soft skills as necessary qualities of a contemporary engineer.....	327
<i>Кісетов Ю.В., Кукліна О.Ю.</i> Деякі питання вивчення курсу комп'ютерної графіки студентами машинобудівних спеціальностей.....	329
<i>Семенов М.М., Соломонюк Д.М., Шаповалов Ю.О.</i> Досвід впровадження віртуального лабораторного практикуму для спеціальності теплоенергетика.....	333
<i>Сорокіна Т.М., Личко Б.М.</i> Сучасні фахові терміни у дизелебудуванні	336
<i>Нікончук С.В., Єлеонська О.С., Мітенкова В.С.</i> Використання CADMATIC у начальному процесі для формування практичних навичок проектування	339

<i>Ратушняк І.О., Маршак О.І.</i> Проблемні питання діяльності закладів фахової передвищої освіти на сучасному етапі.....	342
<i>Шостак В.П.</i> Друкований робочий зошит при вивченні дисциплін суднової енергетики.....	345
<i>Мітенкова В.С.</i> Використання фреймів при викладанні англійської мови за професійним спрямуванням для суднових електромеханіків	348
<i>Горбов В.М., Горбова Г.О.</i> Підвищення ефективності засвоєння основних положень морських конвенцій у навчальному процесі	352
<i>Остапенко І.О., Коцюр М.М., Ротар С.В., Чередніченко О.К.</i> Застосування on-line програм CEAS ENGINE CALCULATIONS та GTD2 при математичному моделюванні процесів в суднових енергетичних установках	355

Секція № 1. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

УДК 621.438 (075)

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ГАЗОТУРБІННОГО АГРЕГАТУ З ЕЖЕКЦІЙНИМ ПЕРЕРОЗШИРЕННЯМ ГАЗУ В ТУРБІНІ

Патлайчук В. М.

*кандидат технічних наук,
завідувач кафедри турбін*

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

volodymyr.patlaichuk@nuos.edu.ua

Патлайчук О. В.

студент гр.5141м

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

Борщов О. М.

студент гр.5232м

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

Анотація. Розглянуті питання розробки конструкції газотурбінного агрегату з ежекційним перерозширенням газу в турбіні. Проаналізовані наслідки додавання повітряно-струйного ежектора на габарити, масу та ефективність газотурбінного агрегату, а також на особливості його проектування та експлуатації.

Ключові слова: газотурбінна установка; повітряноструйний ежектор; перерозширення газу; особливості конструкції; теплоперепад.

Одним з можливих напрямків підвищення ефективності і корисної потужності газотурбінних агрегатів (ГТА) є застосування перерозширення газу в турбінній частині цих агрегатів.

Відомо, що потужність турбінної частини прямопропорційна спрацьовуємому в ній теплоперепаду, який являє собою різницю ентальпій газу до і після турбінної частини. Ентальпія, як характеристика потенційної енергії, функціонально залежить від тиску і температури. Чим більше тиск і температура, тим більше і ентальпія робочого тіла. Отже, для збільшення спрацьовуємого теплоперепаду необхідно прагнути, з одного боку, до збільшення параметрів газу (тиску і температури) перед турбіною, а з іншого – до їх зменшення за турбіною.

Збільшення параметрів газу перед турбіною забезпечується конструктивними частинами газотурбінного агрегату, розташованими раніше. Тиск підвищується в компресорній частині при стисненні повітря; температура підвищується, головним чином, в камері згоряння за рахунок спалювання палива.

Розглянемо, від чого залежать параметри газу на виході з турбіни. 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. Він лише трохи більший цього значення на величину втрат тиску в газовипускному тракті. 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 самостійно, 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.

Необхідно сказати, що в обох випадках на функціонування дожимного пристрою буде витрачатися механічна енергія турбінної частини газотурбінного агрегату, що в значній мірі знижує позитивний ефект від перерозширення газу. Оскільки застосування перерозширення таким чином буде впливати на ефективність ГТА неоднозначно (з одного боку збільшувати потужність турбіни за рахунок більшого спрацьовуємого теплоперепаду, а з іншого боку зменшувати її внаслідок відбору потужності на привід дожимного пристрою), то вибір параметрів газотурбінного агрегату такого типу повинен проводитися шляхом серії оптимізаційних розрахунків з урахуванням конкретних особливостей його конструктивного виконання.

У даній роботі досліджується можливість створення 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. Як уже зазначалося, 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.

Компонування силової турбіни газотурбінного агрегата з ежекційним пристроєм наведена на рис. 1.

Конструкція силової турбіни взята на прикладі конструкції суднового газотурбінного агрегата простого термодинамічного циклу UGT 25000 [1], який серійно виготовляється державним підприємством НВКГ "Зоря"- "Машпроект" (м. Миколаїв, Україна).

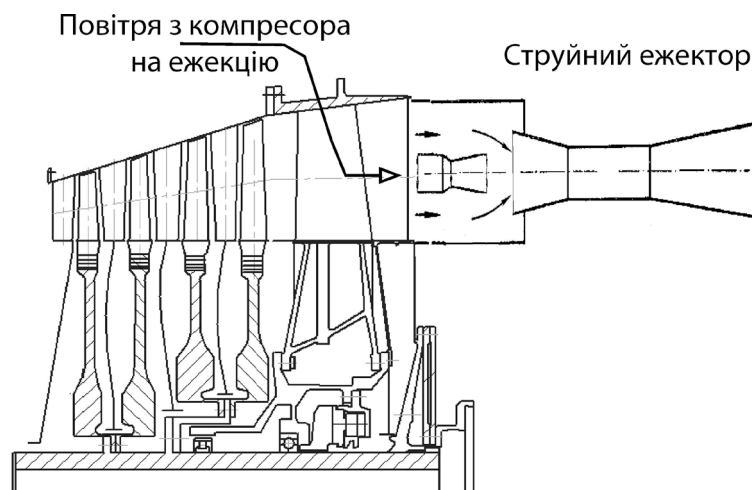


Рис. 1. Компонування ГТА з повітряноструйним ежектором

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 агрегата після стійки задньої опори.

Слід зауважити, що конструктивно такий газотурбінний агрегат буде мати два кільцевих контури руху компресорного повітря (зовнішній – для ежекційного повітря, внутрішній – для повітря, яке після компресора йде до камери згоряння та турбіни) і тим буде дещо нагадувати авіаційні двоконтурні турбореактивні двигуни (ТРДД) малої двоконтурності зі змішанням потоків у реактивному соплі [2]. Перші ступені компресорної частини, які розташовані до відбору повітря, в ТРДД традиційно називають **вентиляторними** і їх будова в значній мірі подібна до будови таких же ступенів проектуемого газотурбінного агрегата. Організація руху ежекційного повітря від місця

забору до ежектора також буде подібна до руху повітря зовнішнього контуру в ТРДД зі змішанням потоків.

У порівнянні з ГТА простого циклу газотурбінний агрегат з ежекційним перерозширенням газу:

- матиме більшу довжину та масу;
- його роботі буде притаманна більша гучність;
- вентиляторні компресорні лопатки через більшу довжину будуть відчувати значно більші навантаження від дії відцентрових сил.

Не зовсім зрозумілим є вплив відбору повітря на стабільність роботи компресорної частини ГТА на режимах часткового навантаження. Слід зауважити, що повітря, яке рухається до ежектору по кільцевому просторі, буде охолоджувати зовнішній корпус газотурбінного агрегату [3].

При розрахунку необхідно буде враховувати досить значні втрати тиску ежекційного повітря на шляху від точки відбору до місця ежекції.

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., Сербін С.І., Патлайчук В.М. Газотурбінні агрегати: у 2 ч. Ч. 1. Загальна будова та класифікація. – Миколаїв: НУК, 2016. – 216 с.
3. Романовський Г.Ф., Сербін С.І., Патлайчук В.М. Газотурбінні агрегати: у 2 ч. Ч. 2. Елементи конструкцій. – Миколаїв: НУК, 2017. – 198 с.

DESIGN OF GAS TURBINE UNIT WITH EJECTION OVER-EXPANSION OF GAS IN THE TURBINE

Patlaichuk V. M., Head of the Department of Turbines, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Patlaichuk O. V., student, group 5141m, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Borschov O. M., student, group 5232m, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. The paper deals with the development of the design of a gas turbine unit with ejection over-expansion of gas in the turbine. The influence of the air-jet ejector on the dimensions, weight and efficiency of gas turbine unit, as well as on the features of its design and operation, has been analyzed.

Keywords: gas turbine unit; air-jet ejector; gas over-expansion; design features; heat drop.