

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОРСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Материалы одиннадцатой международной научно-
технической конференции

17–18 февраля 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

А43 Актуальные проблемы морской энергетики: материалы одиннадцатой международной науднотехнической конференции. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2022. – 426 с.

ISBN 978-5-88303-632-2

Настоящее издание представляет собой сборник докладов, заслушанных на одиннадцатой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы морской энергетики», состоявшейся 17–18 февраля 2022 г. в рамках шестого Всероссийского научно-технического форума «Корабельная энергетика: из прошлого в будущее» 14–18 февраля 2022 г в г. Санкт-Петербурге.

Тематические материалы охватывают широкий спектр исследований в области морской энергетики различного назначения.

Материалы могут быть полезными для специалистов, занимающихся разработкой, модернизацией и эксплуатацией судовых энергетических установок, аспирантов и студентов.

Ответственность за содержание опубликованных материалов несут их авторы.

Программный комитет:

зав. кафедрой СДВС и ДУ, к.т.н., доцент С.П. Столяров
ио декана ФКЭ и А, д.т.н., доцент А.Е. Васильев

зам. декана ФКЭ и А, к.т.н., доцент Г.В. Черкаев к.т.н.
М.А. Максимова

зам. декана ФКЭ и А П.А. Воршевский

зам. декана ФКЭ и А Д.Е. Коренченкова

ISBN 978-5-88303-632-2

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание

Айнабеков Н.Б., Сагитова Г.Ф., Нифонтов Ю.А.,	12
Дауренбек Н.М. Значимость регулирования свойств сырья на эффективность производственных технологий получения бигумов	
Алексеев А.В., Карпов А.Е., Михальчук А.В.,	17
Мусатенко Р.И., Орлов К.М., Потехин В.С. Анализ методов цифровой оптимизации критических морских объектов	
Буров М.Н., Пономарев В.А. К вопросу об эффективности использования унифицированного газогенератора при разработке корабельных ГТД	30
Гадаев Е.М., Алексеев А.В., Куприянов Д.О.,	34
Заведеев Ю.М., Стефанович И.Д., Боцоев Г.В., Бюргер П.В., Корнева Ю.В. Выявление инсайдеров в компании с помощью программного комплекса «StaffCop»	
Гулый В.А. Система управления судовым реверсивным турбоагрегатом с одновременным воздействием на	40

турбины переднего и заднего хода в переходных режимах	
Ильичева Н.Ю. Актуальные проблемы цифровизации высшего военного образования: цифровая культура разработки электронных учебных изданий	47
Калматаева Г.Н., Сагитова Г.Ф., Трусов В.И., Сакибаева С.А. Исследование возможности переработки жиросодержащих отходов производства растительных масел	52
Колмаков В.Ю., Мягков А.В., Гусева Н.В., Столяров А.С. Перспективы древесно-угольной металлургии в России и за рубежом	59
Ложкин В.Н. Прогнозирование ситуаций опасного загрязнения воздушной среды Санкт-Петербурга поллютантами транспорта и объектов теплоэнергетики	65
Согонов С.А., Алексеев А.В., Максимова М.А., Равин А.А., Хруцкий О.В. Прорывные технологии морских автоматизированных систем в защищенном исполнении.	69
Столяров С.П. Внедрение паровой тяги на флоте в период перед Крымской войной	77
Столяров С.П., Столяров А.С. К вопросу об	86

адиабатной методике расчета рабочего процесса
двигателя Стирлинга

Шурпяк В.К., Богданов М.С. Анализ применения 92
альтернативных видов топлива на судах с классом
регистра

Секция 1. Поршневые двигатели

Астрейко А.И., Телегин В.В. Построение 96
кинематических характеристик толкателя кулачной
шайбы Курца

Балаков Е.В., Шарыпов С.А. Сравнение результатов 99
расчета крутящего момента в программном комплексе
ДИЗЕЛЬ-РК с реальными показателями двигателя MAN
V12-1900

Гаврилов В.В., Афанасьев В.С. Уточнение методики 101
выбора числа гребных валов морского транспортного
судна повышенной скорости хода

Грихонин Г.А., Пролеева А.В., Скоморовский С.А. 106
Характеристики рабочего процесса современных
судовых дизелей

Гурьянов М.А. Конструктивные схемы и схемы 110
управления свободнопоршневого линейного генератора

Гурьянов М.А. Установки для испытания линейного 114

генератора свободнопоршневого двигателя внутреннего сгорания	
Живлюк Г.Е., Петров А.П. Пути сокращения выбросов парниковых газов судовыми энергетическими установками	119
Жуков В.А., Капустянский М.С. Оценка применимости замкнутых систем охлаждения судовых дизелей	126
Поляков С.А., Воронин К.П., Иванов Б.Г. Исследование влияния геометрии органов газообмена на показатели 2-тактного дизельного двигателя	129
Румб В.К., Хтоо Наинг А. Повышение точности прогнозирования усталостной долговечности деталей судовых машин и механизмов	133
Сенчурин Л.П., Черенкова С.В., Иванова М.А. К вопросу о применении планетарно-цевочных редукторов в СЭУ	137
Сергиенко К.С., Шарыпов С.А., Балаков Е.В., Галиев И.Р. Особенности расчета эмиссии NOx для двигателя MAN L32/44CR по методу Я.Б. Зельдовича	145
Столяров С.П., Шаймарданов Р.Р., Бурледян К.Э. Тенденции развития энергетических установок кораблей водоизмещением более 4000 т в период 1930-2016 годы	148
Шарыпов С.А., Сергиенко К.С., Балаков Е.В., Галиев И.Р. Сравнение мощностной характеристики,	154

построенной на основе математической модели, с заводскими данными дизеля ЯМЗ-650

Секция 2. Турбинные двигатели

Зырянов И.В., Богов И.А. Анализ систем судового газотурбинного двигателя 158

Гордеев Н.Н., Смирнов А.А., Карпычев А.В. 161
Расчетное исследование влияния на эффективность подшипника Кингсбери геометрии элементов выравнивающего устройства

Смирнов А.А., Карпычев А.В., Земсков С.Д. 164

Рудакова С.С. Исследования развития основных направлений технико-экономического совершенствования ГТУ

Хмырова А.А., Толмачев В.В. Современные инновационные достижения в газотурбостроении и парогазовых установках зарубежных концернов 168

Секция 3. Судовые энергетические установки и их элементы

Баёв А.С. Модели ограничительных характеристик главных дизельных двигателей энергетических установок судов 175

Баёв А.С. Ограничения режима работы главных дизельных двигателей энергетических установок судов 178

Воронин К.П., Иванов Б.Г., Поляков С.А.,	181
Поляков Д.А. Основы энергетического баланса и энергетических свойств оборудования корабля	
Гежа Д.В., Мелконян А.Л., Николаев Д.А. Влияние вращения винта на параметры вибрации валопровода	185
Даниловский А.Г., Боровикова И.А. Анализ схем утилизации энергии выпускных газов МОД фирмы МАН	189
Даниловский А.Г., Даниловская И.Р. Сравнительный анализ цены различных видов топлива на морских судах	192
Даниловский А.Г., Рогозин А.В. Новые идеи в разработк моделей компоновки и раположения оборудования СЭУ В МКО	196
Жуков В.А., Ершова И.В. Анализ эксплуатационных воздействий на стенки камер сгорания судовых котлов	200
Жуков В.А., Пересецкий И.Л. Ресурсы повышения энергоэффективности судовых энергетических установок	203
Иванченко А.А., Иванченко А.А., Митрашов С.В.,	206
Чернов Д.К. Прогнозирование и обеспечение экологических показателей энергетических установок судов на этапе их проектирования	
Иванченко А.А., Конев Г.А. Проблемы	211

прогнозирования эксплуатационных показателей
энергетических установок судов класса: «Афрамакс» на
этапах их проектирования

Иванченко А.А., Шарик В.В. К вопросу обеспечения 217

функциональной надёжности элементов энергетических установок
судовых транспортных средств

Корытова А.О., Чернов А.И. Использование литий- 224
ионных аккумуляторных батарей в электроэнергетической системе
на морских судах

Родионов Н.Ю. Определение связи между параметрами 228
ледокола, характеризующими его эффективность в работе во льдах
и эксергетическим КПД СЭУ

Степанов Е.А., Жуков В.А. Перспективы 234

совершенствования пневмообмывающих
противообледенительных устройств ледоколов

Секция 5. Системы электроэнергетики судов

Воршевский А.А., Воршевский П.А. Возникновение 238

несимметричных помех при работе трехфазного инвертора

Воршевский А.А., Воршевский П.А., Петров К.А. 242

Моделирование новых видов транзисторов на основе
карбида кремния в ключевом режиме

Воршевский П.А., Пидгурская Е.С. Использование 246

релейного способа регулирования выходного
напряжения выпрямителя для снижения уровня
создаваемых помех

Гришаков Е.С. Испытания преобразователей частоты большой мощности на соответствие требованиям Российского морского регистра судоходства по уровню кондуктивных помех 249

Дмитриев Б.Ф., Галушин С.Я., Балицкая К.В., Розов А.Ю., Корнев А.С. Алгоритмы расчета устройства компенсации неактивной мощности преобразователя частоты для СЭЭС 253

Лавренов С.Н., Саввин В.И., Алиев А.М., 257

Никольский И.С. Система электропитания

Лавренов С.Н., Саввин В.И., Алиев А.М., 260

Никольский И.С. Система электропитания

размагничивающей установки

Руджиньска С.М., Нечаев А.Д. С моря на сушу – 262

плавучие электростанции и энергетические баржи

Химаныч А.Б. К вопросу об определении остаточных 264

ресурсных показателей судового радиоэлектронного

оборудования

Секция 6. Системы автоматизации судов

Алексеев А.В. Роботизированный комплекс поддержки 272

принятия проектных решений «АСОР-22»

Алексеев А.В., Куприянов Д.О., Заведеев Ю.М., 282

Гадаев Е.Д., Стефанович И.М. Концепция, структура и дорожная карта учебно-лабораторного комплекса «ЦОТИП»	
Бобрович В.Ю., Алексеев А.В., Антипов В.В., Смольников А.В. Синтетическая квалиметрия: метод и технология поиска конкурентно способных решений в классе систем борьбы за живучесть корабля	290
Егоров А.С. Оценка влияния кратностей колебаний компрессорных лопаток на точность дискретно-фазового метода	299
Миклуш С.В. Цифровизация управления сложными производственными процессами судостроительного предприятия	303
<u>Секция 7. Защита окружающей среды и промышленная безопасность</u>	
Бродская Н.А., Татуйко Д.С., Черкаев Г.В. Геолого-структурные особенности Лужско-Оредежского бассейна для изучения антропогенного воздействия на природные воды	309
Давыдова Я.Н., Герко А.Г. Анализ правового регулирования по подъему и утилизации затонувших судов в РФ	317
Дрягина Д.Р., Черкаев Г.В. Определение судовых	320

холодильных хладагентов машин по степени их экологической безопасности и энергетической эффективности	
Михеева А.А., Нифонтов Ю.А. Физико-химические методы обеззоливания углей	325
Озерова К.В., Герко А.Г.К. Мировой опыт реализации промышленных симбиозов	329
Пискунова С.В., Романов Е.К. К вопросу о безопасном размещении твердых отходов бурения	333
Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б., Соломонов Е.А. О применении системного анализа в обеспечении безопасной работы паровых турбин	338
Стукач А.В. Исследование состава снежно-ледовых образований на дорогах в зимний период	342
Стукач А.В. Передвижная машина для расплавления снега	346
Стукач А.В. Снегоуборочная техника морских портов	350
Хромова В.П., Герко А.Г.К. Внедрение технологии биогазового комплекса в целях улучшения экологической ситуации на примере АО «Адмиралтейские верфи»	354

Черкаев Г.В., Азикова А.Е. Анализ факторов, влияющих на распространение разливов нефти в морях Арктической зоны Российской Федерации 358

Черкаев Г.В., Чихонадских Е.А. Исследование возможности выращивания водорослей на территории России для получения биотоплива 362

Секция 8. Технология судового машиностроения и подводные добычные комплексы

Кузьмин А.М., Чулкин С.Г., Бреки А.Д. Анизотропия антифрикционных свойств уплотнений из терморасширенного графита 368

Кузьмин А.М., Чулкин С.Г., Бреки А.Д. О физико-механических и антифрикционных свойствах уплотнений из терморасширенного графита 372

Кузьмин А.М., Чулкин С.Г., Бреки А.Д. Приспособление для исследования антифрикционных свойств уплотнений из терморасширенного графита 377

Санников А.В., Стоянов Т.Ю. О проблемах и перспективах технологии закрепления тонкостенной втулки в толстостенном носителе 381

Соловьев А.А. Влияние эксплуатационных факторов на адгезионную прочность антифрикционных покрытий 385

Соловьев А.А. Изменение адгезионной прочности полиамидов под влиянием технологических факторов 389

Соловьев А.А. Классификации технологии получения 393

металлополимеров по дисперсному и количественному составу

Соловьев А.А. Методы определения адгезионной прочности и установление долговечности 397

Соловьев А.А. Оборудование для изготовления упорных подшипников скольжения 400

Соловьев А.А. Особенности приготовления композитов из дисперсных материалов для деталей подшипников скольжения 404

Трошов С.Т., Чулкин С.Г. Достоинства и недостатки винто-рулевого комплекса 408

Трошов С.Т., Чулкин С.Г. Усовершенствование конструкции системы гидравлики поворота ВРК AQM US 155 FP ROLLS ROYCE морского буксира 412

Секция 10. Теплофизические основы судовой энергетики

Бойко Я.А., Глазырина Д.О., Кучинский Д.М. 418

Определение теплоемкости метана с помощью уравнения состояния реального газа

Кучинский Д.М., Глазырина Д.О., Бойко Я.А., Вывод 421
уравнения состояния реального газа с одним коэффициентом пропорциональности

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГТУ

Смирнов Александр Анатольевич, к.т.н., e-mail: smir70@mail.ru

Карнычев Александр Витальевич, e-mail: Sokolovaxe@gmail.com

Земсков Сергей Дмитриевич, e-mail: s.z.spb@mail.ru

Рудакова София Святославовна, e-mail:

Sonya.rudakova99@gmail.co

(г. Санкт Петербург, СПбГМТУ)

В настоящее время все большее количество надводных кораблей развитых стран оснащается газотурбинными установками (ГТУ), используемыми в качестве форсажных и энергетических установок. Они входят как в состав единых газотурбинных энергетических установок, так и комбинированных дизельгазотурбинных ЭУ.

В рамках данной работы было выполнено исследование различных типов ГТУ, рассмотрены основные направления их конструктивного развития и основные способы повышения эффективности их работы. Задачей проведения данного исследования является изучение возможностей повышения единичных мощностей установок при снижении энергозатрат.

В производстве морских газотурбинных двигателей (ГТД) наряду с технико-экономическими характеристиками двигателя основную роль играют его надежность и ресурс. Таким образом, перед профильными конструкторскими бюро (КБ) ставятся задачи повышения эффективности без существенного усложнения конструкции.

Рассмотрим на конкретных примерах тенденцию изменения основных параметров газотурбинных двигателей (ГТД) и соответствующие тенденции изменения их технико-экономических параметров (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Марки ГТУ [2]

Марка	Номинальная мощность, МВт	КПД, %	Расход топлива, кг/л.с.ч	Степень повышения давления	Температура газа перед турбиной, °С	Ресурс, ч
М1	4	16,6	0,410	8,8	556	100
ДТ59	22,5	24,7	0,209	13,7	1188	3000

ГТД 3000	4	31,1	0,181	15,3	1020	5000
ГТД 6000	10	32,4	0,183	18,3	1391	15000
ГТД 15000	20	34,1	0,191	19,1	1411	28000
ГТД 25000	39	37	0,168	23,6	1543	60000

М1: Первый газотурбинный двигатель, конвертированный из авиационного ТРД В-1, с однокаскадным газогенератором и свободной турбинной винга [1].

М60, Д075, М62, М8К, М8Е: ГТД для главных энергетических установок кораблей ВМФ. В двигателях второго поколения (60-е годы) температура газа перед турбиной Т03, повышена на 70-90 0С, уменьшена осевая скорость газа на выходе из турбины, применены «парусные» лопатки компрессоров, разгрузочные устройства на подшипниковых узлах, заменены материалы лопаток и дисков турбин. Экономичность двигателей выросла на 15...20%, ресурс – в 4...5 раз. Уменьшена вибрация и структурный подводный шум. Применение новой конструкции реверсивной турбины вина и упрощение конструкции зубчатых передач улучшило маневренность кораблей [1].

М75 (ГТД 3000), М70 (ГТД 6000), М90 (ГТД 15000): ГТД судовых ЭУ. Двигатели мощностями 4000, 10 000 и 20 000 л.с., соответственно, пригодные для любого класса кораблей, а также для использования в промышленности. За счет повышения параметров цикла до: $\pi_k = 15...21$, $T_{03} = 1373...1423$ °С новые двигатели стали экономичнее на 10...15 % и имели КПД 31...35 % ($Ge = 0,175...0,200$ кг/л.с.ч). В конструкции были применены высоконагруженные, двухпорные роторы, противоточная камера сгорания, динамическое демпфирование подшипниковых узлов, новые материалы, покрытия и технологии [1].

М80 (ГТД 25000): Самый мощный двигатель четвертого поколения унифицированного ряда. При проектировании ГТД 25000 максимально учитывался опыт разработки и эксплуатации газотурбинных двигателей третьего поколения, применяемых на флоте с 1972 г. Эти компактные двигатели отличают высокая экономичность, маневренность, надежная работа в морской и запыленной атмосфере и большой ресурс. Эксплуатация двигателей

третьего поколения на флоте превышает 200 000 часов. Камера сгорания петлевая, трубчато-кольцевого типа с веерным расположением шестнадцати жаровых труб. Лопатки турбины высокого давления и сопловые лопатки турбины низкого давления имеют внутреннее воздушно-конвективное охлаждение [1].

Анализ представленных данных подтверждает существенную зависимость КПД от температуры на входе в турбину и степени повышения давления (см. рисунки 1 и 2).

Для судовых ГТД одними из наиболее важных требований к производству является сохранение высокого ресурса и мощности, а также уменьшение топливных затрат и габаритов. Это достигается различными путями, начиная от совершенствования схемы и заканчивая изменением параметров и характеристик цикла. Многие факторы лимитированы габаритами и ресурсом устройства. Применение регенерации позволяет обеспечить экономичность двигателя, однако следует также учитывать потери и надежность такой схемы (см. рисунок 3).



Рис. 1. Зависимость КПД от температуры на входе в турбину

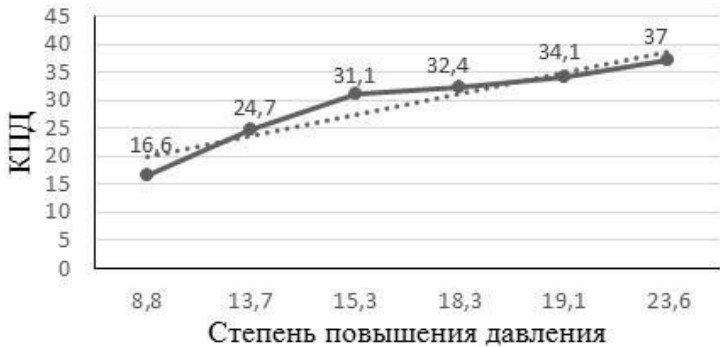


Рис. 2. Зависимость КПД от степени повышения давления

Характеристики используемых конструкционных материалов и весовых показателей обуславливают технологические ограничения роста технико-экономических показателей ГТД, однако выделенные тенденции в направлении изменения основных параметров однозначно способствуют повышению экономичности. При этом необходимым условием является обеспечение требований надежности и долговечности, традиционно предъявляемых к судовым ГТД [3].

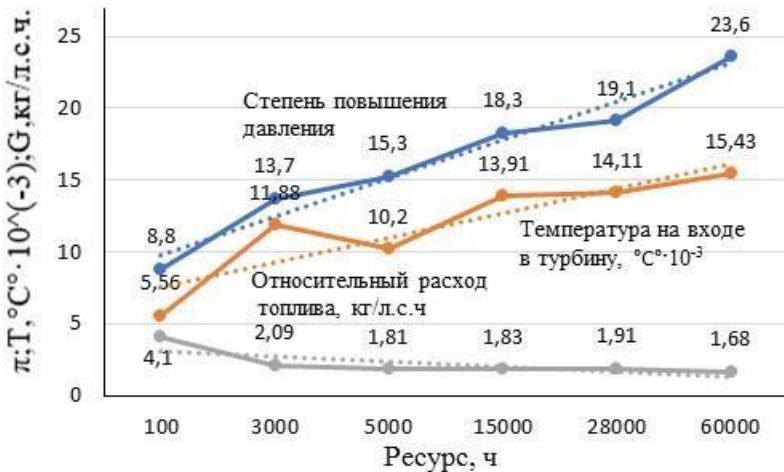


Рис. 3. Зависимость относительных характеристик и ресурса
 Список использованной литературы:

1. Авиадвигателестроение: энциклопедия/ общая редакция и предисловие профессора В.Н. Чуйко. 1999.- 139 — 145 с.

2. Арсеньев Л.В., Тырышкин В.Г. (ред.) Газотурбинные установки: Конструкции и расчет. Справочное пособие. — Л.: Машиностроение, 1978. — 224 с.

3. Статистическое исследование развития и эффективного повышения КПД ГТУ. 2021. — 7 с.[Электронный ресурс]:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47405690>

УДК 62-97/98 UDC 62-97/98

Ключевые слова: ГТУ, КПД, Мощность, Двигатели **Keywords:** GTU, efficiency, Power, Engines **Смирнов А.А., Карпычев А.В., Земсков С.Д. Рудакова С.С.** Исследования развития основных направлений техникоэкономического совершенствования ГТУ

Smirnov A.A., Karpychev A.V., Zemskov S.D., Rudakova S.S. Research of the development of the main directions of technical and economic improvement of GTU

Проведено исследование основных направлений развития газовых турбинных установок для морской промышленности.

Research of the main directions of development of gas turbine installations for the marine industry are presented.

DOI 10.52899/9785883036322_168_174