

Национальная академия наук Украины

Институт технической теплофизики

**Комиссия по промышленным газовым турбинам
и электроприводам
при Отделении физико-технических проблем энергетики**

НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ

Сборник опубликованных статей

в 2-х томах

ТОМ 2

Киев – 2014

УДК 621.438

Научные и прикладные вопросы промышленного газотурбостроения (сборник опубликованных статей). – **Scientific and Applied Problems of Industrial Gas Turbine Engineering (printed papers collection)** – Изд. 2-ое: исправленное и дополненное (в 2-х томах) – /составитель А.А.Халатов/ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2014. – Т. 1 - 382 с., Т. 2 - 386 с.– ISBN 978-966-02-7115-9 (общий)
ISBN 978-966-02-7117-3 (том 2)

Настоящий сборник статей подготовлен по результатам работ, опубликованных в открытой печати членами Комиссии по промышленным газовым турбинам и электроприводам. В нем представлено 49 научных статей из ведущих журналов Украины, России и др. стран. Статьи охватывают следующие научные направления:

1. Энергетическое газотурбостроение.
2. Газотранспортная система Украины.
3. Регенераторы, воздухоподогреватели и утилизаторы теплоты.
4. Теплообмен, горение и газовая динамика.

Текст статей соответствует оригиналу и языку публикации.

Сборник предназначен для научных работников, инженеров и конструкторов, занимающихся исследованием, проектированием и испытанием газовых турбин различного назначения. Он может быть полезным студентам старших курсов и аспирантам теплоэнергетических, теплофизических и физико-технических специальностей высших учебных заведений.

Рецензенты: докт. техн. наук, проф. Е.Н. Письменный (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев)
докт. техн. наук, проф. В.И. Терехов (Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск).

Утверждено к печати Ученым советом Института технической теплофизики НАН Украины (Протокол № 2 от 21 марта 2013 г.)

Все права принадлежат авторам. Какое-либо использование этого издания или его элементов, фрагментов, т.е. копирование, тиражирование, распространение и т.п. возможно только при наличии письменного согласия авторов издания.

E-mail: artem.khalatov@vortex.org.ua

Заказ № 23 от 08.01.2014. Тираж 300 экз.

ISBN 978-966-02-7115-9 (общий)

ISBN 978-966-02-7117-3 (том 2)

© Халатов А.А., 2014

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА 1

Введение	11
1 ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЕ	
1.1 Перспективи розвитку вітчизняної парогазової технології ...	17
<i>Б.С. Патон, А.А. Долінський, А.А. Халатов, Б.Д. Білека, Д.А. Костенко, О.С. Письменний</i>	
1.2 Моделирование процесса самозатачивания алмазных кругов	28
<i>А.И. Грабченко, А.А. Жданов, В.А. Фадеев В.А. Коваль, В.А. Федорович, И.Н. Пыжов</i>	
1.3 Парогазові установки в електроенергетиці: сучасний стан і перспективи розвитку в Україні	41
<i>А.А. Халатов</i>	
1.4 Помогут ли газовые турбины преодолеть проблемы энергосистемы Украины?	53
<i>А.А. Халатов, Б.Е. Патон</i>	
1.5 Досягнення і перспективи розвитку промислового газотурбобудування	63
<i>А.А. Халатов, К.А. Юценко</i>	
1.6 Микротурбинные установки децентрализованного энергоснабжения	84
<i>А.А. Халатов, И.И. Борисов</i>	
1.7 Современное состояние и перспективы использования газотурбинных технологий в тепловой и ядерной энергетике, металлургии и ЖКХ Украины	98
<i>А.А. Халатов, К.А. Юценко</i>	
1.8 Газотурбинный энергетический комплекс внешнего сгорания для газотурбинных установок наземного применения производства АО «МОТОР СИЧ»	143
<i>В.А. Богуслаев, П.Д. Жеманюк, В.П. Трофимов, В.И. Морозов, В.П. Митин, Е.В. Шевцова</i>	

1.9	Комплексное энерго- и ресурсосбережение при использовании контактных газопаровых турбинных установок на морских объектах	151
	<i>С.А. Кузнецова, С.Н. Мовчан, О.С. Кучеренко, В.Н. Чобенко, А.П. Шевцов</i>	
1.10	Критерии эффективности процесса сжатия реального газа в неохлаждаемом компрессоре	161
	<i>И.И. Петухов, А.В. Минячихин, В.П. Парафейник</i>	
1.11	Развитие принципов конвертирования авиационных ГТД с целью создания на их основе промышленного газотурбинного привода	176
	<i>С.В. Епифанов, П.Д. Жеманюк, В.П. Парафейник, И.И. Петухов</i>	
1.12	Энергетическая эффективность ПГТУ на базе авиапривода Д-336-2 с теплонасосным утилизатором	187
	<i>А.В. Минячихин, И.И. Петухов, П.Д. Жеманюк, Ф.Г. Сорогин</i>	

2 ГАЗОТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА УКРАИНЫ

2.1	Концепція (проект) Державної науково-технічної програми «Створення промислових газотурбінних двигунів нового покоління для газової промисловості та енергетики»	197
	<i>Б.С. Патон, А.А. Халатов, Д.А. Костенко, Б.Д. Білека, О.С. Письменний, А.Л. Боцула, В.П. Парафійник, В.І. Коняхін</i>	
2.2	Какие промышленные газотурбинные двигатели нужны Украинской ГТС?	207
	<i>А.А. Халатов, Б.Е. Патон</i>	
2.3	Модернизация газотранспортной системы Украины: проблемы создания новых газоперекачивающих агрегатов	219
	<i>Д.А. Костенко, В.В. Романов, А.А. Халатов</i>	
2.4	Вопросы реконструкции компрессорных станций газотранспортной системы Украины	227
	<i>Д.А. Костенко, В.П. Парафейник, А.В. Смирнов, А.А. Халатов</i>	

2.5	Оценка и анализ технических требований к газотурбинным приводам ГПА газотранспортной системы Украины	241
	<i>А.В. Сударев, А.А. Халатов, Б.В. Сударев</i>	
2.6	Состояние и проблемы развития механического привода для ГТС Украины	254
	<i>А.А. Халатов, А.А. Долинский, Д.А. Костенко, В.П.Парафейник</i>	
2.7	Газотранспортная система Украины. Факты	269
	<i>С.А. Смирнов</i>	
2.8	Сравнительный анализ энергетической эффективности новых газоперекачивающих агрегатов с приводом различного типа в условиях КС «Бердичев»	274
	<i>А.А. Мирошниченко, И.Н. Тертышный, Д.А. Костенко</i>	
2.9	Анализ эффективности ГТП Д-336-2 с отбором воздуха для распылительной системы охлаждения	284
	<i>Ф.Г. Сорогин, Ю.Ф. Басов, Ю.В. Шахов, И.И. Петухов, А.В. Минячихин</i>	
2.10	Анализ эффективности ГТП Д-336-2 с распылительной системой охлаждения циклового воздуха	293
	<i>Ф.Г. Сорогин, Ю.Ф. Басов, П.Д. Жеманюк, В.П. Трофимов, А.В. Минячихин, И.И. Петухов, Ю.В. Шахов</i>	
2.11	Распылительные системы охлаждения циклового воздуха газотурбинного привода и их эффективность	302
	<i>Ю.Ф. Басов, П.Д. Жеманюк, А.В. Минячихин, И.И. Петухов, Ф.Г. Сорогин, Ю.В. Шахов</i>	
3	РЕГЕНЕРАТОРЫ, ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛИ И УТИЛИЗАТОРЫ ТЕПЛОТЫ	
3.1	Трубчатый воздухоподогреватель из унифицированных модулей для регенеративных ГПУ мощностью 6...16 МВт	313
	<i>А. В. Сударев, А.А. Халатов, Б. В. Сударев</i>	
3.2	Повышение компактности и снижение металлоемкости воздухоподогревателей ГТД	324
	<i>А. В. Сударев, А.А. Халатов, В.Б. Сударев</i>	

3.3	Повышение эффективности и снижение металлоемкости газотурбинных трубчатых воздухоподогревателей на основе применения пассивных методов интенсификации теплообмена в их трактах	331
	<i>А. В. Сударев, А.А. Халатов, В.Б. Сударев</i>	
3.4	Рекуператоры для микротурбинных установок децентрализованного энергоснабжения	342
	<i>И.И. Борисов, А.А. Халатов, С.Г. Кобзарь</i>	
3.5	Утилизация сбросной теплоты ГПА в энергоустановках с низкокипящими рабочими телами	354
	<i>Б.Д. Билека, Е.П. Васильев, В.Я. Кабков, Д.А. Костенко, В.И. Избаи, В.Н. Коломеев</i>	
3.6	Модульный регенератор для регенеративной газотурбинной установки	366
	<i>В.В. Кузнецов, С.Н. Мовчан, А.П. Шевцов</i>	

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА 2

4 ТЕПЛОБМЕН, ГОРЕНИЕ И ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА

4.1	Тенденции развития систем охлаждения лопаток высокотемпературных энергетических ГТД	391
	<i>А.А. Халатов, В.В. Романов, Ю.Я. Дашевский, Д.Н. Письменный</i>	
4.1.1	<i>Современное состояние</i>	391
4.1.2	<i>Перспективные схемы охлаждения</i>	404
4.2	Новые вихревые технологии аэротермодинамики для энергетического газотурбостроения	419
	<i>А.А. Халатов, Ю.Я. Дашевский, И.А. Изгорова</i>	
4.2.1	<i>Циклонное охлаждение лопаток</i>	423
4.2.2	<i>Лопатки с поверхностно-вихревыми углублениями</i>	441
4.2.3	<i>Совершенствование термогазодинамических процессов</i>	453

- 4.3 Работы ИТТФ НАН Украины по теплообмену и гидродинамике закрученных и вихревых потоков 477
А.А. Халатов
- 4.4 Интенсификация теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования проволочными спиральными вставками 513
А.В. Сударев, А.А. Халатов, Б.В. Сударев
- 4.5 Особенности гидродинамики и теплообмена при поперечном обтекании цилиндров с лунками в однорядных пучках 523
Г.В. Коваленко, А.А. Халатов.
- 4.6 Пленочное охлаждение сопловых аппаратов высокотемпературных газовых турбин 539
А.А. Халатов, А.С. Коваленко
- 4.7 Метод оптимального проектирования проточных частей газовых турбин с учётом их режима эксплуатации 561
*А.В. Бойко, Ю.Н. Говоруценко,
 А.П. Усатый, А.С. Руденко*
- 4.8 К вопросу оптимизации геометрии проточной части центробежных компрессоров природного газа с газотурбинным приводом 579
*В.П. Парафейник, В.Е. Евдокимов,
 И.Н. Тертышный, А.Н.Нефедов*
- 4.9 Улучшение характеристик камеры сгорания газотурбинного двигателя за счет использования трубчатой технологии газосжигания 596
*Г.Б. Варламов, Ю.Н. Камаев,
 П.О. Позняков, Д.Н. Юрашев*
- 4.10 Трубчаста технологія газоспалювання – прорив у енергозбереженні і екологічності транспортування природного газу 612
*Г.Б. Варламов, Я.С. Марчук, М.В. Беккер,
 Г.М. Любчик, Ю.М. Камасєв, П.О. Позняков,
 Д.О. Кузьменко*

- 4.11 Модернизация горелочной системы газотурбинного двигателя ДН80 с использованием трубчатой технологии газосжигания 620
*Г.Б. Варламов, Ю.Н. Камаев,
 П.О. Позняков, Д.Н. Юрашев*
- 4.12 Комплексні дослідження енергоекологічних показників експлуатації ГТУ у складі газоперекачувального агрегату типу ГТК-10 634
Г.Б. Варламов, П.О. Позняков, Д.М. Юрашев
- 4.13 Особенности горелочной системы трубчатого типа для камеры сгорания ГТУ в составе ГТК-10 648
*Г.Б. Варламов, Ю.М. Камаев,
 П.О. Позняков, Д.Н. Юрашев*
- 4.14 Новое поколение горелочных систем ГТУ на основе трубчатой технологии сжигания газа 659
*Г.Б. Варламов, А.А. Халатов,
 П.О. Позняков, Д.Н. Юрашев*
- 4.15 Совершенствование гидравлических характеристик камер сгорания ГТД методами вычислительной аэрогидродинамики и оптимизации 672
В.Е. Костюк, Е.И. Кирилаш,
- 4.16 Метод определения закона регулирования поворотными направляющими аппаратами многоступенчатого осевого компрессора в условиях неопределенности входных данных 687
*Е.С. Меньяйлов, А.А. Трончук, М.Л. Угрюмов,
 Ю.Ф. Басов, А.В. Меньяйлов*
- 4.17 Термодинамический цикл Майсоценко и перспективы его применения в Украине 697
А.А. Халатов, И.Н. Карп, Б.В. Исаков
- 4.18 Влияние радиального зазора на границу газодинамической устойчивости осевых компрессоров ГТД 723
В.А. Коваль, Е.А. Ковалёва, В.В. Романов

4.19	Использование 3-D и 2-D комплексов CFD при аэродинамической доводке осевых компрессоров газотурбинных двигателей	733
	<i>Ю.М. Ануров, В.А. Коваль, Е.А. Ковалева, В.В. Романов</i>	
4.20	Энергетические возможности газотурбинных установок с воздушной утилизацией тепла	744
	<i>В.А. Коваль, Ю.М. Ануров, А.И. Васильев</i>	
Contents	756