

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

**СОВЕТ МЭИ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ**

---

УТВЕРЖДАЮ

Проректор МЭИ

\_\_\_\_\_ Маслов С.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Направление подготовки: Энергетика

Квалификация (степень) выпускника: повышение квалификации

Формы обучения: очная

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«УСТРОЙСТВО И КОНСТРУКЦИЯ МОЩНЫХ  
СТАЦИОНАРНЫХ ГТУ»**

<b>Цикл:</b>	повышение квалификации
<b>Часть цикла:</b>	повышение квалификации
<b>№ дисциплины по учебному плану</b>	–
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	50
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	–
<b>Лекции:</b>	28
<b>Практические занятия:</b>	12
<b>Лабораторные работы:</b>	–
<b>Расчетные задания</b>	8
<b>Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего):</b>	8
<b>Экзамены:</b>	экзамен

Москва, 2011

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ КУРСА

**Целью изучения дисциплины является** обучение слушателей курсов повышения квалификации термодинамическим основам функционирования различных типов газотурбинных установок, конструкциям их основных элементов (воздушного компрессора, камеры сгорания, газовой турбины), конструкциям наиболее ответственных деталей (рабочих и направляющих лопаток, горелочных устройств, роторов и их опор) мощных газотурбинных двигателей всех отечественных и ведущих мировых заводов-изготовителей.

По завершению освоения данной дисциплины слушатель курсов повышения квалификации способен и готов:

- выполнить термодинамический анализ и оценить преимущества и недостатки ГТУ любого производителя;
- выполнить анализ конструкции любой мощной энергетической ГТУ, оценить ее технический уровень, преимущества и недостатки;
- осуществить выбор ГТУ из номенклатурного каталога отечественных и зарубежных производителей для конденсационной или теплофикационной ПГУ, исходя из требуемых показателей назначения (электрической и тепловой нагрузки), экологии, экономичности и надежности.

**Задачами изучения дисциплины являются:**

- обучить слушателей курса осуществлять всесторонний анализ ГТУ различного типа и назначений;
- обучить слушателей курса грамотно выбирать ГТУ, исходя из критериев надежности, экономичности и других специфических требований;
- ознакомить слушателей с достигнутым уровнем газотурбостроения за рубежом и в России;
- осветить слушателям условия работы основных элементов ГТУ, технологию изготовления основных элементов и их техническое обслуживание;
- ознакомить слушателей с типовыми конструкциями мощных энергетических ГТУ всех основных мировых и отечественных производителей;

## 2. МЕСТО КУРСА В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Курс базируется на общетехнических и естественно-научных дисциплинах, изучаемых в рамках базовой части профессионального цикла основной образовательной программы бакалавриата в соответствии с Федеральным государственным

образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО). Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы слушателям курсов повышения квалификации в своей профессиональной деятельности.

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающиеся на курсах повышения квалификации должны демонстрировать следующие результаты образования:

#### **Знать:**

- термодинамические основы функционирования ГТУ, основные источники экономии топлива при их создании и эксплуатации, а также способы их использования;
- типы ГТУ, области их использования, преимущества и недостатки;
- достигнутый уровень экономичности, надежности, маневренности и экологических показателей отечественного и зарубежного газотурбостроения;
- перспективы развития газотурбинной техники и перспектив ее использования на тепловых электростанциях различного назначения;
- конструкцию и функционирование вспомогательных систем ГТУ (комплексных воздухоочистительных установок, топливной системы, системы маслоснабжения и смазки);

#### **Уметь:**

- анализировать конструкции мощных энергетических ГТУ, используемых в качестве автономных и в парогазовых установках;
- выбирать ГТУ из номенклатурного справочника заданного назначения по требуемым характеристикам экономичности, надежности, маневренности;
- оценивать технико-экономические показатели современных мощных ГТУ;
- пользоваться энергетическими характеристиками для анализа качества эксплуатации ГТУ.

#### **Владеть:**

- терминологией и проблематикой в области газотурбинных технологий;
- навыками анализа качества ГТУ по каталожным данным, тепловых схем ГТУ отечественных и зарубежных производителей;
- навыками разработки расчетных тепловых схем ГТУ и определения их технико-экономических показателей.

## Структура дисциплины

Разработанная программа представляет собой комплекс из четырех блоков, предназначенных для последовательного изучения дисциплины.

Все блоки завершаются обязательной проверкой знаний, которая проводится с помощью контрольных вопросов.

Изучение дисциплины завершается сдачей экзамена.

Первый блок (А) **«Простейшая ГТУ и ее функционирование. Классификация газотурбинных циклов, их преимущества и недостатки, области использования в энергетике. Достигнутый мировой технический уровень ГТУ»** является введением в дисциплину. В нем освещаются термодинамические основы газотурбинных теплосиловых циклов, их особенности, преимущества, недостатки и целесообразные области использования, в частности для работы в составе ПГУ. Особое внимание уделяется современному мировому уровню газотурбостроения, существенно превышающему отечественный. Блок предусматривает 2 часа лекционных и 2 часа практических занятий.

Во втором блоке (Б) **«Особенности мощной ГТУ как энергетического двигателя в сравнении с паровой турбиной»** предусматривается рассмотрение и критический анализ всех используемых на ТЭС типов ГТУ, их основных характеристик экономичности, надежности, маневренности, экологических показателей, особенностей технологического процесса получения электрической энергии с помощью газотурбинного агрегата, расчет принципиальных тепловых схем с учетом охлаждения высокотемпературных элементов. Блок предусматривает 6 часов лекционных и 4 часа практических занятий.

В третьем блоке (В) **«Конструкции проточной части современных энергетических ГТУ и их тепловой расчет»** изучаются условия работы лимитирующих узлов и деталей воздушных компрессоров и газовой турбины (рабочие и направляющие лопатки), термодинамический расчет двигателя, выбор материалов и технология изготовления основных элементов, вспомогательные системы, компоновки ГТУ в машинном зале ТЭС. Блок предусматривает 10 часов лекционных, 6 часов практических и 8 часов самостоятельных занятий.

В четвертом блоке (Г) **«Конструкции энергетических газотурбинных двигателей»** систематически освещаются типовые конструкции всех ГТУ отечественных (НПО «Сатурн» и «Силовые машины») и зарубежных производителей (Сименс, Альстом, Дженерал Электрик, Мицубиси), их основные технические характеристики, конструктивные особенности, достоинства и недостатки и области использования. В заключение рассматриваются головные образцы

сверхмощных ГТУ передовых западных фирм. Блок предусматривает 10 часов лекционных занятий.

#### Компоновка блоков дисциплины

<b>Блок</b>	<b>Часов</b>
А. Простейшая ГТУ и ее функционирование. Классификация газотурбинных циклов, их преимущества и недостатки, области использования в энергетике. Достигнутый мировой технический уровень ГТУ	4
Б. Особенности мощной ГТУ как энергетического двигателя в сравнении с паровой турбиной	10
В. Конструкции проточной части современных энергетических ГТУ и их тепловой расчет	24
Г. Конструкции энергетических газотурбинных двигателей	12
<b>Всего по дисциплине</b>	<b>50</b>

**Учебный блок по теме «Простейшая ГТУ и ее функционирование. Классификация газотурбинных циклов, их преимущества и недостатки, области использования в энергетике. Достигнутый мировой технический уровень ГТУ» (А)**

#### **Требования к слушателям**

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы конструирования машин, механики материалов и конструкций и термодинамики.

#### **Применение учебного блока**

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

#### **Структура блока**

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Простейшая ГТУ и ее функционирование. Классификация газотурбинных циклов, их преимущества и недостатки, области использования в энергетике. Достигнутый мировой технический уровень ГТУ	2	2	0	0	
2	<b>Контроль знаний слушателей по блоку.</b>	2	0	2	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	<b>Всего</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	

**Аннотации лекционных и практических занятий по блоку «Простейшая ГТУ и ее функционирование. Классификация газотурбинных циклов, их преимущества и недостатки, области использования в энергетике. Достигнутый мировой технический уровень ГТУ» (А)**

**А. Простейшая ГТУ и ее функционирование. Классификация газотурбинных циклов, их преимущества и недостатки, области использования в энергетике. Достигнутый мировой технический уровень ГТУ**

Устройство простейшей ГТУ, ее основные элементы и функционирование. Газотурбинные циклы: простой, с промежуточным охлаждением воздуха и с промежуточным подводом тепла, их использование в современных энергетических установках. Преимущества, недостатки и области использования ГТУ на ТЭС и ТЭЦ. Уровень газотурбинной техники в России и за рубежом. Перспективы развития в ближайшее десятилетие.

**Контрольные вопросы по блоку «Простейшая ГТУ и ее функционирование. Классификация газотурбинных циклов, их преимущества и недостатки, области использования в энергетике. Достигнутый мировой технический уровень ГТУ» (А)**

1. Каковы принципиальные отличия газотурбинного цикла от паротурбинного?
2. Выведите соотношение для КПД газотурбинного цикла.
3. Каковы преимущества и недостатки газотурбинных установок?
4. Как влияет температура окружающей среды на мощность и экономичность ГТУ?
5. Каков основной способ повышения экономичности ГТУ?
6. Каковы требования к температуре выхлопных газов ГТУ, работающих в составе ПГУ? Какими средствами она обеспечивается?
7. Как влияет охлаждение элементов проточной части газовой турбины на экономичность ГТУ?
8. Каковы преимущества и недостатки ГТУ с промежуточными подводом тепла в камере сгорания и охлаждением циклового воздуха?
9. Как влияют гидравлические сопротивления фильтровальной установки, камеры сгорания и выхлопного тракта на экономичность ГТУ?

**Учебный блок по теме «Особенности мощной ГТУ как энергетического двигателя в сравнении с паровой турбиной» (Б)**

**Требования к слушателям**

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы термодинамики и паровых турбин и паротурбинных установок

**Применение учебного блока**

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

**Структура блока**

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	Особенности мощной ГТУ как энергетического двигателя в сравнении с паровой турбиной	2	2	0	0	
2	Влияние степени сжатия, начальной температуры, температуры окружающей среды и гидравлических сопротивлений трактов на экономические показатели	6	4	2	0	
3	<b>Контроль знаний слушателей по блоку.</b>	2	0	2	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	<b>Всего</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	

**Аннотации лекционных и практических занятий по блоку «Особенности мощной ГТУ как энергетического двигателя в сравнении с паровой турбиной» (Б)**

**Б-1. Особенности мощной ГТУ как энергетического двигателя в сравнении с паровой турбиной.**

ГТУ как самостоятельный энергетический объект. Отличия в рабочем теле, начальных и конечных параметрах, степени расширения рабочего тела, числа ступеней, предельной мощности, наличии систем охлаждения и термобарьерных покрытий, используемых топлив. Требования к выбросам вредных веществ.

**Б-2. Влияние степени сжатия, начальной температуры, температуры окружающей среды и гидравлических сопротивлений трактов на экономические показатели.**

Выбор оптимальной степени сжатия для энергетических ГТУ различного назначения. Факторы, определяющие выбор начальной температуры. Влияние параметров окружающей среды на мощность и технико-экономические показатели ГТУ. Влияние гидравлических сопротивлений тракта ГТУ. Пути повышения технико-экономических показателей ГТУ.

**Контрольные вопросы по блоку «Особенности мощной ГТУ как энергетического двигателя в сравнении с паровой турбиной» (Б)**

1. Почему ГТУ, в отличие от паровой турбины, является самостоятельным энергетическим объектом?
2. Каково принципиальное термодинамическое отличие рабочего тела ГТУ от рабочего тела паровой турбины?
3. Какой элемент ГТУ определяет ее предельную мощность?
4. Как влияет температура, барометрическое давление и влажность окружающей среды на мощность и экономичность ГТУ?
5. Каков основной способ повышения экономичности ГТУ?
6. Назовите конструктивные мероприятия, обеспечивающие повышение экономичности ГТУ.
7. Каковы требования к температуре выхлопных газов ГТУ, работающих в составе ПГУ? Какими средствами она обеспечивается?
8. Как влияет охлаждение элементов проточной части газовой турбины на экономичность ГТУ?
9. Назовите потери энергии, возникающие при использовании охлаждения газовой турбины.

10. Каковы преимущества и недостатки ГТУ с промежуточными подводом тепла в камере сгорания и охлаждением циклового воздуха?

11. Как влияют гидравлические сопротивления фильтровальной установки, камеры сгорания и выхлопного тракта на экономичность ГТУ?

## Учебный блок по теме «Конструкции проточной части современных энергетических ГТУ и их тепловой расчет» (В)

### Требования к слушателям

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы конструирования машин, механики материалов и конструкций, технологии металлов и термодинамики

### Применение учебного блока

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

### Структура блока

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Конструкции элементов проточных частей компрессора, камеры сгорания и газовой турбины	6	6	0	0	
2	Тепловой расчет ГТУ с учетом охлаждения	16	4	4	8	
3	<b>Контроль знаний слушателей по блоку.</b>	2	0	2	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	<b>Всего</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	

### Аннотации лекционных и практических занятий по блоку «Конструкции проточной части современных энергетических ГТУ и их тепловой расчет» (В)

#### **В-1. Конструкции элементов проточных частей компрессора, камеры сгорания и газовой турбины.**

Конструкция поворотного входного направляющего аппарата и его привода. Ступень компрессора и ее тепловой расчет. Проблемы конструирования компрессора.

Требования к чистоте воздуха. Спрямяющий аппарат. Отборы воздуха из компрессора на охлаждение газовой турбины.

Организация сжигания топлива в камере сгорания. Конструкция горелочных устройств. Горелки с предварительным смешением. Подавление оксидов азота

Конструкции охлаждаемых ступеней газовой турбины. Методы воздушного охлаждения сопловых и рабочих лопаток. Технология изготовления охлаждаемых лопаток. Материалы основного металла и термобарьерных покрытий.

## **В-2. Тепловой расчет ГТУ с учетом охлаждения.**

Исходные данные для расчета. Расчет процесса сжатия в компрессоре. Уравнение теплового баланса камеры сгорания и определение коэффициента избытка воздуха. Расчет процесса расширения в газовой турбине. Определение удельных работ компрессора и газовой турбины и расчет расхода газов через турбину. Расчет мощностей компрессора и газовой турбины и определение КПД ГТУ. Приближенный учет влияния охлаждения.

### **Контрольные вопросы по блоку «Конструкции проточной части современных энергетических ГТУ и их тепловой расчет» (В)**

1. Как организовано охлаждение сопловых и рабочих лопаток газовой турбины в ГТУ?
2. Какие типы охлаждения используются для сопловых лопаток?
3. Каковы особенности проточной части воздушного компрессора?
4. С какой целью для первых ступеней компрессора используют защитные покрытия?
5. Назовите функции поворотного входного направляющего аппарата компрессора.
6. Для какой цели компрессор ГТУ снабжают антипомпажными клапанами?
7. В чем отличия диффузионного и кинетического принципа сжигания в камере сгорания ГТУ?
8. В каких областях нагрузок используют горелки с предварительным смешением и диффузионные горелки?
9. В чем преимущества и недостатки горелочных устройств с предварительным смешением топливного газа и воздуха?
10. Каков уровень коэффициентов избытка воздуха в горелках с предварительным смешением?
11. Почему в современных ГТУ используют многогорелочные устройства?

12. Как осуществляется охлаждение пламенных труб камер сгорания в современных ГТУ?

## Учебный блок по теме «Конструкции энергетических газотурбинных двигателей» (Г)

### Требования к слушателям

Для успешного освоения блока слушатели должны знать основы конструирования машин, механики материалов и конструкций, технологии металлов и термодинамики

### Применение учебного блока

Предполагается использование блока в условиях очной формы обучения.

### Структура блока

№	Название темы	Всего часов	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Обзор и сравнительный анализ характеристик ГТУ отечественных и зарубежных производителей. Конструкции компрессора, газовой турбины, камеры сгорания, системы охлаждения, подшипники газотурбинных установок ГТЭ-160 производства ОАО «Силовые машины», ГТЭ-110 производства ОАО «Сатурн», SGT5-4000F и SGT-1000F производства фирмы Сименс, MS9001EC, MS9001FA и 6FA фирмы Дженерал Электрик, ГТУ GT13E2 и GT26 производства фирмы Альстом. Техничко-экономические показатели последних моделей ГТУ зарубежных фирм.	10	10	0	0	
2	<b>Контроль знаний слушателей по блоку.</b>	2	0	0	0	Тестирование с помощью контрольных вопросов
	<b>Всего</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

### Аннотации лекционных и практических занятий по блоку «Конструкции энергетических газотурбинных двигателей» (Г)

#### Г. Конструкции энергетических газотурбинных двигателей.

Обзор и сравнительный анализ технико-экономических характеристик ГТУ (мощность, КПД, температура выхлопных газов) отечественных и зарубежных производителей.

Конструкции компрессора, камеры сгорания, горелочных устройств, газовой турбины, системы охлаждения, подшипников газотурбинных установок ГТЭ-160 производства ОАО «Силовые машины», ГТЭ-110 производства ОАО «Сатурн», SGT5-4000F и SGT-1000F, производства фирмы Сименс, MS9001EC, MS9001FA и 6FA фирмы Дженерал Электрик, ГТУ GT13E2 и GT26 производства фирмы Альстом, ГТУ с использованием пара в качестве охлаждающего агента.

### **Контрольные вопросы по блоку «Конструкции энергетических газотурбинных двигателей» (Г)**

1. Назовите типы роторов, используемых для ГТУ. В чем их преимущества и недостатки?
2. С какой целью корпуса современных ГТУ снабжают горизонтальным разъемом?
3. Как опирается корпус ГТУ на фундамент и как организовано его свободное тепловое расширение?
4. Почему современные ГТУ используют только двухопорные роторы?
5. С какой целью выполняется «запирание» корпусов подшипников ГТУ?
6. Для чего ГТУ снабжается валоповоротным устройством?
7. Почему генератор ГТУ целесообразнее располагать со стороны компрессора?
8. Назовите типы камер сгорания, используемых в современных ГТУ?
9. В чем состоят недостатки выносных камер сгорания?
10. Каковы особенности гибридной горелки?
11. С какой целью в камерах сгорания устанавливают пилотные горелки, и в каком режиме горения они функционируют?
12. Назовите ограничения по использованию жидкого топлива в ГТУ?
13. Назовите преимущества и недостатки кольцевых и трубчато-кольцевых камер сгорания современных ГТУ.
14. С какой целью при подаче топлива в камеру сгорания используются топливные коллекторы?
15. С помощью какого устройства осуществляется зажигание камеры сгорания ГТУ?

16. Каковы преимущества и недостатки ГТУ ГТЭ-160 производства ОАО «Силовые машины»? Какой уровень начальной температуры в ней достигнут?
17. Каковы преимущества и недостатки ГТУ ГТЭ-110 производства ОАО «Сатурн»?
18. В чем отличие конструкций камер сгорания ГТУ ГТЭ-160 и GT13E2 фирмы Альстом?
19. В чем принципиальное термодинамическое отличие ГТУ GT26 фирмы Альстом от всех остальных мощных ГТУ?
20. Назовите конструктивные особенности ГТУ SGT5-2000E и SGT5-4000F фирмы Сименс?
21. В чем отличие в конструкции роторов ГТУ фирм Сименс и Дженерал Электрик?
22. Каковы преимущества и недостатки сварных роторов ГТУ фирмы Альстом?
23. Какие выгоды приносит использование парового охлаждения пламенных труб камер сгорания ГТУ фирмы Мицубиси?
24. Назовите основные устройства, установленные в комплексном воздухоочистительном устройстве (КВОУ)?
25. В чем преимущества и недостатки статических и импульсных фильтров КВОУ? В каких условиях используются те и другие?
26. Каков предельный уровень размера пылевых частиц, улавливаемых фильтрами? Какую опасность представляют собой более мелкие пылевые частицы?
27. Для какой цели в КВОУ устанавливается глушитель? Каков максимально допустимый уровень звукового давления?
28. С какой целью КВОУ оснащается нагревателями циклового воздуха? При какой температуре включается обогрев?
29. В каких случаях топливная система ГТУ снабжается дожимными компрессорами топливного газа?
30. Назовите устройства, устанавливаемые на подводе топливного газа от газораспределительной станции до грелок камеры сгорания для ГТУ, установленных вне населенных пунктов.
31. Назовите устройства, устанавливаемые на подводе топливного газа от газораспределительной станции до грелок камеры сгорания для ГТУ, установленных внутри городской черты.
32. Какой вид топлива используется в ГТУ в качестве аварийного? Какие к нему предъявляются требования?

33. Какие масла используются в ГТУ для системы смазки?
34. Каковы преимущества и недостатки использования пара для охлаждения лопаточного аппарата газовой турбины? Какие иностранные фирмы его используют в своих ГТУ?
35. Какая из иностранных фирм-производителей является рекордсменом в части максимальной мощности и экономичности ГТУ?
36. В какой из построенных ГТУ реализована максимальная степень повышения давления в компрессоре?

## ЛИТЕРАТУРА

### Учебники

1. Кириллин В.А. Техническая термодинамика: учебник для вузов/ В.А. Кириллин, В.В. Сычов, А.Е. Шейндлин. – 5 изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.

2. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. Под редакцией А.Г. Костюка. - Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.

### Учебные пособия

1. Трухний А.Д., Петрунин С.В. Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа. Методическое пособие по курсу «Энергетические установки». – М.: Издательство МЭИ, 2001, - 24 с.

2. Трухний А.Д. Расчет тепловых схем утилизационных парогазовых установок: учебное пособие / А.Д. Трухний, А.А. Романюк. - М: Издательский дом МЭИ. 2006. - 40 с.

3. Трухний А.Д. Расчет тепловых схем утилизационных парогазовых установок: учебное пособие / А.Д. Трухний, Н.С. Паршина, Т.С. Лукьянова. - М: Издательский дом МЭИ. 2010. - 48 с.

4. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов/ С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – 3-е издание. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 580 с.

Декан ФПКПС МЭИ

Автор

Крюков А.П.

Трухний А.Д.