

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Казанский национальный исследовательский технический университет**  
**им. А.Н. Туполева-КАИ»**

Институт (факультет) **Институт авиации, наземного транспорта и энергетики**  
(наименование института, в состав которого входит кафедра, ведущая дисциплину)  
Кафедра **Теплотехники и энергетического машиностроения**  
(наименование кафедры, ведущей дисциплину)

**АННОТАЦИЯ**

**к рабочей программе дисциплины (модуля)**

**«Теория и расчет лопаточных машин»**

Регистрационный номер **1130/66**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.05.02**

Направление подготовки: **24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов»**

Квалификация: **бакалавр**

Профиль подготовки: **Ракетные двигатели**

Вид(ы) профессиональной деятельности: **проектно-конструкторская**

Разработчики: д.т.н., профессор кафедры ТиЭМ Щукин А.В.

к.т.н., доцент кафедры ТиЭМ Такмовцев В.В.

Казань 2017 г.

# **РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. Цель изучения дисциплины:**

Формирование у будущих бакалавров знаний о лопаточных машинах, как элементах газотурбинных двигателей летательных аппаратов и энергоустановок; освоение современных методик расчета и проектирования компрессоров и турбин различного назначения; изучение физических процессов течения рабочего тела в одной ступени и многоступенчатых турбомашин; изучение конструктивных особенностей, способов регулирования и охлаждения элементов двигателей летательных аппаратов.

## **1.2. Задачи дисциплины:**

- изучить теоретические основы физических процессов в лопаточных машинах газотурбинных двигателей и энергоустановках различного назначения;

- получить развернутое представление о влиянии режимных и конструктивных параметров на надежную работу компрессоров и турбин двигателей летательных аппаратов в процессе эксплуатации;

- освоить современные методы компьютерного проектирования и расчета турбомашин.

## **1.3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина «Теория и расчет лопаточных машин» входит в состав Вариативного модуля Блока 1, и является дисциплиной по выбору.

## **1.4. Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины**

В ходе освоения дисциплины «Теория и расчет лопаточных машин» должны быть реализованы следующие компетенции:

*ПК-1 - способность принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;*

*ПК-3 - способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений;*

*ПК-4 - способность составлять описание принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений;*

## РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

### 2.1. Структура дисциплины, ее трудоемкость

Таблица 1

Распределение фонда времени по видам занятий

| Наименование раздела и темы   | Всего часов | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах/интерактивные часы) |           |          |          | Коды составляющих компетенций | Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств) |
|---|-------------|---|-----------|----------|----------|-------------------------------|---|
|   |             | лекции  | лаб. раб. | пр. зан. | сам.раб. |                               |   |
| <b>5 СЕМЕСТР</b>  |             |   |           |          |          |                               |   |
| <i>Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ЛОПАТОЧНЫХ МАШИН</i>   |             |   |           |          |          | <i>ФОС ТК-1</i>               |   |
| Тема 1.1. Введение  | 6           | 2   |           |          | 4        | ПК-4.3,У,В                    | Текущий контроль  |
| Тема 1.2. Особенности рабочих процессов в авиационных двигателях и лопаточных энергетических машинах. | 8           | 4   |           |          | 4        | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В      | Текущий контроль  |
| <i>Раздел 2. ТЕОРИЯ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ</i>   |             |   |           |          |          | <i>ФОС ТК-2</i>               |   |
| Тема 2.1. Схема и действие ступени компрессора.   | 10          | 2   | 4         |          | 4        | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В      | Отчет о выполнении лабораторной работы  |
| Тема 2.2. Основные параметры ступени, теория подобия. Лопаточные решетки.                             | 10          | 4   |           |          | 6        | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В      | Текущий контроль  |
| Тема 2.3. Силовое взаимодействие лопаток с воздухом.  | 6           | 2   |           |          | 4        | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В      | Текущий контроль  |
| Тема 2.4. Потери в лопаточных решётках.   | 6           | 2   |           |          | 4        | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В      | Текущий контроль  |
| Тема 2.5. Многоступенчатые компрессоры.   | 8           | 4   |           |          | 4        | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В      | Текущий контроль  |
| Тема 2.6. Основы проектирования проточной части компрессора.  | 6           | 2   |           |          | 4        | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В      | Текущий контроль  |

|  |            |           |           |  |            |  |  |
|--|------------|-----------|-----------|--|------------|--|--|
| Тема 2.7. Основы расчета пространственного потока в проточной части компрессора.   | 6          | 2         |           |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В               | Текущий контроль                       |
| <i>Раздел 3. ТЕОРИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ И НАСОСОВ</i>  |            |           |           |  |            |  | <i>ФОС ТК-3</i>                        |
| Тема 3.1. Основные узлы центробежного компрессора и основы процесса сжатия воздуха в нем.                                      | 8          | 4         |           |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 3.2. Функциональное назначение и схемы основных узлов центробежного компрессора.  | 8          | 4         |           |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 3.3. Потери энергии в центробежном компрессоре. Характеристики осевых компрессоров.                                       | 14         | 4         | 4         |  | 6          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В               | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| Тема 3.4. Запас устойчивой работы компрессоров и их регулирование.   | 8          | 4         |           |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В               | Текущий контроль                       |
| Тема 3.5. Центробежные насосы.   | 13         | 4         | 5         |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| <i>Раздел 4. КОНСТРУКЦИЯ КОМПРЕССОРОВ И НАСОСОВ</i>  |            |           |           |  |            |  | <i>ФОС ТК-4</i>                        |
| Тема 4.1. Проектирование проточной части осевого компрессора. Конструкция лопаток и дисков.                                    | 11         | 4         | 3         |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| Тема 4.2. Роторы компрессоров. Конструктивное выполнение соединений в роторах смешанной и дисковой конструкций.                | 10         | 4         | 2         |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| Тема 4.3. Конструктивное выполнение корпусов и воздушных уплотнений. Регулирование радиального зазора в ступенях компрессоров. | 6          | 2         |           |  | 4          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Экзамен  | 36         |           |           |  | 36         | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | <i>ФОС ПА-1</i>                        |
| Итого за семестр   | <b>180</b> | <b>54</b> | <b>18</b> |  | <b>108</b> |  |  |
| <b>6 СЕМЕСТР</b>   |            |           |           |  |            |  |  |
| <i>Раздел 5. ТЕОРИЯ ТУРБИН</i>   |            |           |           |  |            |  |  |
| Тема 5.1. Принцип действия турбины.  | 3          | 1         |           |  | 2          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В               | Текущий контроль                       |

|  |   |   |   |   |   |                          |  |
|--|---|---|---|---|---|--------------------------|--|
| Тема 5.2. Одноступенчатые турбины. Основные требования к газовым турбинам. Радиальные турбины.   | 8 | 2 | 5 |   | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| Тема 5.3. Многоступенчатые осевые турбины со ступенями давления и скорости.  | 5 | 2 |   | 2 | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.4. Одномерная теория течения газа в сопловых решетках. Расширение газа в соплах на нерасчетных режимах.   | 4 | 2 |   |   | 2 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.5. Одномерная теория течения газа в каналах рабочих лопаточных решеток. Процесс расширения газа в реактивной и активной ступенях на $i$ -s диаграмме.           | 5 | 2 |   | 2 | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.6. Особенности расширения газа в охлаждаемых сопловых и рабочих решетках. Расширение газа в косом срезе межлопаточного канала турбинной решетки.                | 2 | 1 |   |   | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.7. Аэродинамические основы теории турбомашин.   | 3 | 1 |   |   | 2 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.8. Потери энергии в турбинной решетке. Влияние геометрии и параметров решетки на ее к.п.д.  | 5 | 2 |   | 2 | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.9. Построение формы профиля лопатки и межлопаточного канала. Особенности пространственного потока в проточной части турбины. Различные методы закрутки лопаток. | 4 | 1 |   | 2 | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.10. Коэффициент полезного действия ступени и турбины.   | 4 | 1 |   | 2 | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.11. Коэффициент нагрузки турбинной ступени. Особенности теплового процесса многоступенчатой турбины.  | 6 | 1 |   | 4 | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |
| Тема 5.12. Расчет турбины со ступенями давления.   | 5 |   |   | 4 | 1 | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Текущий контроль                       |

|  |            |           |           |           |            |  |  |
|--|------------|-----------|-----------|-----------|------------|--|--|
| Особенности предварительного расчета турбины.    |            |           |           |           |            |  |  |
| Тема 5.13. Работа турбины на нерасчетных режимах | 6          | 1         | 4         |           | 1          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В               | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| <i>Раздел 6. КОНСТРУКЦИЯ ТУРБИН</i>              |            |           |           |           |            |  |  |
| Тема 6.1. Охлаждение деталей турбины.            | 6          | 1         | 4         |           | 1          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| Тема 6.2. Конструкция газовых турбин.            | 6          |           | 5         |           | 1          | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | Отчет о выполнении лабораторной работы |
| Курсовая работа                                  | 36         |           |           |           | 36         | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | <i>ФОС ПА-2</i>                        |
| Зачет  |            |           |           |           |            | ПК-1.3,У,В<br>ПК-3.3,У,В<br>ПК-4.3,У,В | <i>ФОС ПА-3</i>                        |
| ИТОГО за семестр:                                | <b>108</b> | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>54</b>  |  |  |
| ИТОГО за курс                                    | <b>288</b> | <b>72</b> | <b>36</b> | <b>18</b> | <b>162</b> |  |  |

## **РАЗДЕЛ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **3.1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

#### **3.1.1. Основная литература**

1. Кулагин, В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. В двух книгах. Книга первая. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ / В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. – М.: Машиностроение, 2013. – 336 с. – Режим доступа: 20 экз. в НТБ КНИТУ-КАИ.

2. Кулагин, В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. В двух книгах. Книга вторая. Совместная работа узлов выполненного двигателя и его характеристики /

В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. – Электрон. дан. – М.: Машиностроение, 2013. – 280 с. – Режим доступа: 20 экз. в НТБ КНИТУ-КАИ.

3. Сахин, В.В. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2. Газовые турбины. Теплообменные аппараты: учебное пособие. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 172 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75162> – Загл. с экрана.

4. Иванов, В.Л. Воздушное охлаждение лопаток газовых турбин. [Электронный ресурс] Электрон. дан.- М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 94 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/52264> - Загл. с экрана.

### **3.1.2. Дополнительная литература**

1. Ржавин Ю.А., Емин О.Н., Карасев В.Н. Лопаточные машины двигателей летательных аппаратов. Теория и расчет: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. – 700 с.

2. Локай В.И., МаксUTOва М.К., Стрункин В.А. «Газовые турбины двигателей летательных аппаратов». М.: Машиностроение. 1991, 511с.

3.. 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 изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 584 с.

4. Горюнов Л.В. Расчет газодинамических процессов в осевых компрессорах энергетических машин: учебное пособие / Л.В. Горюнов, В.В. Такмовцев, А.В. Ильинков, А.М. Ерзиков. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – 188 с.

5. Щукин А.В., Ильинков А.В., Лиманский А.С., Такмовцев В.В. Расчет и проектирование систем охлаждения турбинных лопаток высокотемпературных ГТД и ГТУ: Учебное пособие. –Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. – 148 с.

6. Горюнов Л.В., Ильинков А.В., Такмовцев В.В. Расчеты на прочность основных элементов газотурбинных установок с использованием компьютерных технологий: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. –Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. – 108 с.

### **3.1.3. Методическая литература к выполнению практических и/или лабораторных работ**

1. Горюнов Л.В. Газодинамические и вибрационные исследования компрессоров, турбин и их деталей: учебное пособие / Л.В. Горюнов, А.В. Щукин, В.В. Такмовцев, А.В. Ильинков, А.М. Ерзиков. –Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. – 184 с.

## **3.2. Кадровое обеспечение**

### **3.2.1. Базовое образование**

Высшее образование в предметной области двигателей летательных аппаратов и /или наличие ученой степени и/или ученого звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального образования – профессиональной переподготовки в области двигателей летательных аппаратов и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.