

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  В.И. Ряжских  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Динамика и прочность жидкостных ракетных двигателей»

**Специальность** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

**Специализация** Проектирование жидкостных ракетных двигателей

**Квалификация выпускника** инженер

**Нормативный период обучения** 5 лет и 6 м.

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2021

Автор программы



/ А.А. Афанасьев /

Заведующий кафедрой  
Ракетных двигателей



/ В.С. Рачук /

Руководитель ОПОП



/ В.С. Рачук /

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

изучение методов расчётного определения прочностной нагруженности и связанных с ней работоспособностью и надёжностью деталей ЖРД, которые также являются взаимосвязью рабочих процессов, силовых и температурных факторов, агрегатов двигателя и изделия, усвоенный материал дисциплины должен явиться базой для дипломного проектирования и практической деятельности.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

изучить взаимосвязь физических процессов, характеристик прочности и конструкции; изучить методы расчета напряженного состояния деталей двигателя при различных способах нагружения, характерных для ЖРД; изучение тенденции развития ЖРД и способы повышения прочности деталей; изучение опыта экспериментальных испытаний деталей двигателя на прочность.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Динамика и прочность жидкостных ракетных двигателей» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Динамика и прочность жидкостных ракетных двигателей» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен проводить расчёты прочности, надёжности и рабочих процессов в двигателях и энергетических установках летательных аппаратов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать основные подходы к расчету элементов конструкции ЖРД на прочность, методы расчета стационарных и нестационарных тепловых полей, основные особенности конструкций, которые обеспечивают требуемую прочность и надёжность элементов конструкции ЖРД, нормы прочности жидкостных ракетных двигателей и критерии оценки надёжности
	Уметь осуществлять проектирование ДСЕ с учетом требований к материалам и коэффициентов запасов прочности, описывать конструктивные приемы применяемые при проектировании ДСЕ, выбирать режимы прочностных модельных испытаний, формировать требования к обеспечению прочностных параметров конструкций
	Владеть современным расчетным программным обеспечением, инструментами инженерного расчета и

	компьютерного моделирования для расчета прочности конструкций, навыками анализа результатов испытаний, навыками технического и визуального контроля качества элементов конструкций ЖРД
--	--

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Динамика и прочность жидкостных ракетных двигателей» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108	108
<b>В том числе:</b>		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	72	72
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	216	216
зач.ед.	6	6

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	РАЗДЕЛ 1. Статическая и динамическая прочность ТНА и камеры ЖРД	Значение и место прочностных расчетов в системе проектирования ЖРД. Виды прочностных расчетов – статическая и динамическая прочность. Основные силовые факторы, действующие на детали ЖРД. Некоторые сведения из теории прочности сопротивления материалов.	4	4	4	12	24
2	РАЗДЕЛ 1. Статическая и динамическая прочность ТНА и камеры ЖРД	Силовая схема узла оболочек и особенности их расчетов на прочность. Основные сведения и определения из теории оболочек. Уравнения равновесия элементов осесимметричных оболочек. Расчет несущей способности конструкции со связанными оболочками. Влияние места крепления камеры на осевую (меридиональную) составляющую направлений. Расчет оболочек на прочность при гидропрессовке.	4	4	4	12	24

		Особенности расчета в упругопластической области деформаций. Определение разрушающего давления. Запас прочности. Местная прочность оболочек.					
3	РАЗДЕЛ 1. Статическая и динамическая прочность ТНА и камеры ЖРД	1. Зависимости для определения критического давления цилиндрической и конической оболочек, влияние условий закрепления. Расчетная схема для определения запаса устойчивости сопла. Конструктивные методы обеспечения устойчивости при испытаниях. Колебания оболочек камеры.	4	4	4	12	24
4	РАЗДЕЛ 1. Статическая и динамическая прочность ТНА и камеры ЖРД	Расчет на прочность дисков турбин (4 часа). Уравнения равновесия вращающегося диска. Несущая способность диска постоянной толщины. Термические напряжения в дисках. Диски равного сопротивления. Расчет дисков переменной толщины методом конечных разностей. Особенности расчета в упругопластической области. Запас прочности дисков, запас прочности по разрушающим оборотам	8	8	8	12	36
5	РАЗДЕЛ 2. Прочность деталей ЖРД и агрегатов автоматики.	Расчеты на усталостную прочность деталей ЖРД Основы механики разрушения. Влияние различных факторов на усталостную прочность. Запас усталости. Малоцикловая усталость	8	8	8	12	36
6	РАЗДЕЛ 2. Прочность деталей ЖРД и агрегатов автоматики.	Расчет на прочность элементов автоматики и регулирования: мембраны, пружины, штока, корпуса Расчет на прочность трубопроводов, нагруженных внутренним и внешним давлением. Монтажные напряжения, эллипсность. Расчет на прочность фланцевых и резьбовых соединений.	8	8	8	12	36
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>180</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

- 1-2. Освоение пользовательского интерфейса программного комплекса Ansys
- 3-4. Освоение пользовательского интерфейса программного комплекса Ansys (осесимметричная расчетная модель)
- 5-6. Освоение пользовательского интерфейса программного комплекса Ansys (3D модель)
7. Освоение пользовательского интерфейса программного комплекса Ansys (расчет собственных частот)
- 8-9. Освоение пользовательского интерфейса программного комплекса Ansys (плоско-деформированная расчетная модель)

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать основные подходы к расчету элементов конструкции ЖРД на прочность, методы расчета стационарных и нестационарных тепловых полей, основные особенности конструкций, которые обеспечивают требуемую прочность и надежность элементов конструкции ЖРД, нормы прочности жидкостных ракетных двигателей и критерии оценки надежности	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь осуществлять проектирование ДСЕ с учетом требований к материалам и коэффициентов запасов прочности, описывать конструктивные приемы применяемые при проектировании ДСЕ, выбирать режимы прочностных модельных испытаний, формировать требования к обеспечению прочностных параметров конструкций	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть современным расчетным программным обеспечением, инструментами инженерного расчета и компьютерного моделирования для расчета	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	прочности конструкций, навыками анализа результатов испытаний, навыками технического и визуального контроля качества элементов конструкций ЖРД			
--	--	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Знать основные подходы к расчету элементов конструкции ЖРД на прочность, методы расчета стационарных и нестационарных тепловых полей, основные особенности конструкций, которые обеспечивают требуемую прочность и надежность элементов конструкции ЖРД, нормы прочности жидкостных ракетных двигателей и критерии оценки надежности	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь осуществлять проектирование ДСЕ с учетом требований к материалам и коэффициентов запасов прочности, описывать конструктивные приемы применяемые при проектировании ДСЕ, выбирать режимы прочностных модельных испытаний, формировать требования к обеспечению прочностных параметров конструкций	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть современным расчетным программным обеспечением, инструментами инженерного расчета и компьютерного моделирования для расчета прочности конструкций, навыками анализа результатов испытаний, навыками технического и визуального контроля качества элементов конструкций ЖРД	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Напряжения в рассчитывают по формуле:

1.  $\sigma = \frac{F}{A}$ ;

2.  $\sigma = \frac{M_z}{W_z}$ ;

3.  $\sigma = \frac{F}{W_z}$ ;

4.  $\sigma_{\delta} = \sigma_{ст} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2p}{f_{ст}}} \right)$ .

2. - Условия прочности?

1.  $\sigma_{\delta} \leq \sigma_{adm}$ ;

2.  $\sigma_{\delta} \leq \sigma_{adm} K_{\delta}$ ;

3.  $\sigma_{\delta} \leq \sigma_c K_{\delta} \leq \sigma_{adm}$ ;

4.  $\tau_{\delta} \leq \tau_{adm} K_{\delta}$ .

3. - Что такое коэффициент?

1. Характеризует увеличение статических напряжений в случае динамического воздействия.

2. Коэффициент, зависящий от массы сооружения.

3. Характеризует угловое ускорение движения.

4. Характеризует величину ударной нагрузки.

4. - Ударная нагрузка – это:

1. нагрузка при соударении тел;

2. нагрузка при трении;

3. нагрузка при ударе вертикально движущихся тел.

5. - - Условие прочности при растяжении

1.  $\sigma_{max} = F_{max} / A \leq [\sigma]$ ;

2.  $\sigma_{y\delta} = k_{y\delta} \cdot \sigma_{ст} \leq [\sigma]$ ;

3.  $\sigma_{y\delta} = -k_{y\delta} \cdot \sigma_{ст} \leq [\sigma]$ .

6. - Коэффициент динамичности нагрузки всегда положительный

1. да;

2. нет;

3. зависит от направления удара.

7. - Напряжение при ударе зависит от соударяющихся тел.

1. нет;

2. да;

3. при учете принципа Даламбера.

8. - Как изменяются напряжения при ударе при увеличении объема вала?

1. не изменяются;

2. увеличиваются;

3. уменьшаются.

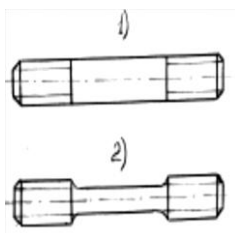
9. - Укажите формулу для определения коэффициент динамической нагрузки при ударе?

1.  $K_g = 1 + \sqrt{\frac{2H}{\delta_{ст}} + 1}$ ;

2.  $K_g = 1 + \sqrt{1 + \frac{2HD^3}{3EI_z}}$ ;

$$3. K_g = 1 + \sqrt{1 + \frac{2HGd^4}{8PD^3n}}$$

10. - Какая шпилька выдержит большую ударную нагрузку?



1. 1;
2. 2;
3. обе шпильки выдержат одинаковую ударную нагрузку.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Как изменяется ударная вязкость стали при увеличении температуры?

1. ударная вязкость понижается;
2. ударная вязкость повышается;
3. ударная вязкость не изменяется.

2. - По какой формуле определяется напряжение при ударе?

1.  $\tau_{max} = \omega \sqrt{\frac{Fl}{2GI}}$ ;
2.  $\tau_{max} = \omega \sqrt{\frac{2GI}{Fl}}$ ;
3.  $\tau_{max} = \omega \sqrt{2GIFl}$ .

3. - В чем заключается особенность деталей, работающих на удар?

1. надо стремиться уменьшить податливость деталей;
2. следует конструировать детали постоянного сечения;
3. надо стремиться увеличить податливость детали.

4. - Как определяется кинетическая энергия к моменту начала удара?

1.  $T_0 = Qg$ ;
2.  $T_0 = QH$ ;
3.  $T_0 = Q\delta_{ст}$ .

5. - В расчете на прочность динамическая задача сводится к статической с помощью...

1. принципа суперпозиции
2. принципа Сен-Венана
3. принципа Даламбера
4. принципа начальных размеров

6. - При какой нагрузке необходим расчет...

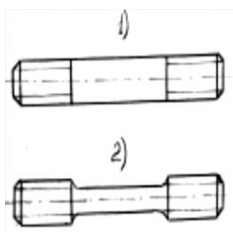
1. на статическую и усталостную прочность
2. только на усталостную прочность
3. расчет на прочность не требуется
4. только на статическую прочность

7. - Может ли деталь разрушаться, если она работает при переменных напряжениях, которые меньше предела текучести?
  1. может;
  2. не может
8. - Коэффициент динамичности нагрузки всегда положительный
  1. да;
  2. нет;
  3. зависит от направления удара.
9. - Напряжение при ударе зависит от соударяющихся тел.
  1. нет;
  2. да;
  3. при учете принципа Даламбера.
10. - Как изменяются напряжения при ударе при увеличении объема вала?
  1. не изменяются;
  2. увеличиваются;
  3. уменьшаются.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Напряжения в рассчитывают по формуле:
  1.  $\sigma = \frac{F}{A}$ ;
  2.  $\sigma = \frac{M_z}{W_z}$ ;
  3.  $\sigma = \frac{F}{W_z}$ ;
  4.  $\sigma_{\delta} = \sigma_{ст} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2p}{f_{ст}}} \right)$ .
2. - Условия прочности?
  1.  $\sigma_{\delta} \leq \sigma_{adm}$ ;
  2.  $\sigma_{\delta} \leq \sigma_{adm} K_{\delta}$ ;
  3.  $\sigma_{\delta} \leq \sigma_c K_{\delta} \leq \sigma_{adm}$ ;
  4.  $\tau_{\delta} \leq \tau_{adm} K_{\delta}$ .
3. - Что такое коэффициент?
  1. Характеризует увеличение статических напряжений в случае динамического воздействия.
  2. Коэффициент, зависящий от массы сооружения.
  3. Характеризует угловое ускорение движения.
  4. Характеризует величину ударной нагрузки.
4. - Ударная нагрузка – это:
  1. нагрузка при соударении тел;
  2. нагрузка при трении;
  3. нагрузка при ударе вертикально движущихся тел.
5. - - Условие прочности при растяжении
  1.  $\sigma_{max} = F_{max}/A \leq [\sigma]$ ;
  2.  $\sigma_{y\delta} = k_{y\delta} \cdot \sigma_{ст} \leq [\sigma]$ ;
  3.  $\sigma_{y\delta} = -k_{y\delta} \cdot \sigma_{ст} \leq [\sigma]$ .
6. - Коэффициент динамичности нагрузки всегда положительный
  1. да;
  2. нет;

3. зависит от направления удара.
7. - Напряжение при ударе зависит от соударяющихся тел.
1. нет;
  2. да;
  3. при учете принципа Даламбера.
8. - Как изменяются напряжения при ударе при увеличении объема вала?
1. не изменяются;
  2. увеличиваются;
  3. уменьшаются.
9. - Укажите формулу для определения коэффициент динамической нагрузки при ударе?
1.  $K_g = 1 + \sqrt{\frac{2H}{\delta_{стм}} + 1}$ ;
  2.  $K_g = 1 + \sqrt{1 + \frac{2HD^3}{3EI_z}}$ ;
  3.  $K_g = 1 + \sqrt{1 + \frac{2HGd^4}{8PD^3n}}$ .
10. - Какая шпилька выдержит большую ударную нагрузку?



1. 1;
2. 2;
3. обе шпильки выдержат одинаковую ударную нагрузку.

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Критерии прочности.
2. Концентратора напряжений.
3. Критерии прочности при умеренных температурах
4. Критерии прочности в условиях концентрации напряжений.
5. Критерии
6. Камера сгорания. Прочность паяных соединений;
7. Камера сгорания. Прочность стенок, концентраторы напряжений.
8. Несущая способность камеры сгорания. Влияние перепада температур.
9. Прочность сварных соединений.
10. Конструкционные материалы для агрегатов ЖРД. Критерии выбора.
11. Турбонасосный агрегат. Прочность корпуса.
12. Турбонасосный агрегат. Критическое число оборотов.
13. Колебания лопаток.
14. Турбонасосный агрегат. Прочность основного диска.
15. Турбонасосный агрегат. Прочность покрывного диска.

16. Генератор. Особенности напряженно-деформированного состояния, отличия от камеры сгорания.
17. Эквивалентные испытания. Расчет параметров гидравлических испытаний. Прочность при гидравлических испытаниях.
18. Малоцикловая усталость.
19. Многоцикловая усталость агрегатов ЖРД.
20. Фланцевые соединения. Расчет на прочность.
21. Прочность болтов.
22. Прочность элементов крепления.
23. Характеристики роторов.
24. Демпфирующая способность конструкционных материалов.

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.*

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Значение и место прочностных расчетов в системе проектирования ЖРД. Виды прочностных расчетов – статическая и динамическая прочность. Основные силовые факторы, действующие на детали ЖРД. Некоторые сведения из теории прочности сопротивления материалов.	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ
2	Силовая схема узла оболочек и особенности их расчетов на прочность. Основные сведения и определения из теории оболочек. Уравнения равновесия элементов осесимметричных оболочек. Расчет несущей способности конструкции со связанными оболочками. Влияние места крепления камеры на осевую (меридиональную) составляющую направлений. Расчет оболочек на прочность при гидропрессовке. Особенности расчета в	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ

	упругопластической области деформаций. Определение разрушающего давления. Запас прочности. Местная прочность оболочек.		
3	Зависимости для определения критического давления цилиндрической и конической оболочек, влияние условий закрепления. Расчетная схема для определения запаса устойчивости сопла. Конструктивные методы обеспечения устойчивости при испытаниях. Колебания оболочек камеры.	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ
4	Расчет на прочность дисков турбин. Уравнения равновесия вращающегося диска. Несущая способность диска постоянной толщины. Термические напряжения в дисках. Диски равного сопротивления. Расчет дисков переменной толщины методом конечных разностей. Особенности расчета в упругопластической области. Запас прочности дисков, запас прочности по разрушающим оборотам	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ
5	Расчеты на усталостную прочность деталей ЖРД. Основы механики разрушения. Влияние различных факторов на усталостную прочность. Запас усталости. Малоцикловая усталость	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ
6	Расчет на прочность элементов автоматики и регулирования: мембраны, пружины, штока, корпуса Расчет на прочность трубопроводов, нагруженных внутренним и внешним давлением. Монтажные напряжения, эллипсность. Расчет на прочность фланцевых и резьбовых соединений.	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспе-ченнос ть
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Рудис М.А.	Прочность и ресурс ЖРД / под ред. Н. А. Махутова, В. С. Рачука. - М. : Наука, 2011. - 525 с.	2011 печат.	0,5
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Лосев Н.В.	Прочность конструкций самолетов [Электронный ресурс] : Курс лекций: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (5,19 Мб ). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. - 1 файл.	2012 электр.	1
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Гуртовой А.А. Демьяненко Ю.В. Кретинин А.В. Сушков А.М.	Методические указания для выполнения практических и самостоятельных занятий по дисциплине «Динамика и прочность ракетных двигателей» для студентов специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения // Воронеж, ВГТУ, 2015. 57 с.	2015 электр.	1
7.1.3.2	Гуртовой А.А. Демьяненко Ю.В. Кретинин А.В. Сушков А.М.	Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Динамика и прочность ракетных двигателей» для студентов специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения // Воронеж, ВГТУ, 2015. 40 с.	2015 электр.	1

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

1. Microsoft Win Pro 10
2. Acrobat Pro 2017
3. NX Academic
4. 7 zip
5. Google Chrome
6. LibreOffice

7. Mozilla Firefox
8. Ansys, MathCAD
9. OppenOffice
10. <http://www.edu.ru/> - образовательный портал ВГТУ
11. <http://window.edu.ru>, <https://wiki.cchgeu.ru> - информационные справочные системы
12. [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
13. <http://vipbook.info> - электронная библиотека
14. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru) – электронная библиотека

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Аудитория № 153 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованная специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя, оборудованная мультимедиа-проектором и экраном, для проведения лекционных и практических занятий.

Аудитории № 154, № 149 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованные специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя для проведения лекционных и практических занятий.

Специализированная аудитория, оснащенная персональными компьютерами и специальным программным обеспечением для лабораторных работ - учебная аудитория № 134 (ул. Ворошилова, 20, 7 эт.), укомплектованная специализированной мебелью и оборудованная техническими средствами обучения: персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Динамика и прочность жидкостных ракетных двигателей» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.