

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

**Институт транспортных систем**

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИТС

Тумасов А.В.

"16" июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ОД.11 Прочность конструкций**

( индекс и наименование дисциплины по учебному плану )

ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Направление подготовки: 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение

Направленность: Самолетостроение

Форма обучения: очная

Год начала подготовки     2018

Выпускающая кафедра     КиАТ

Кафедра-разработчик     АГДПМиСМ

Объем дисциплины             288/8  
  часов/з.е

Промежуточная аттестация   экзамен, зачет с оценкой

Разработчик: Вешуткин В.Д., к.т.н., доцент

2022 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3+) по направлению подготовки 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 12 сентября 2016 года № 1165 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ протокол от 19.04.2018 г. № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «АГДПМиСМ» протокол от 05 мая 2022 г. № 7.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор Герасимов С.И. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИТС, Протокол от 16.06.2022 г. № 10.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_  
Начальник МО \_\_\_\_\_ Н.Р. Булгакова

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Н.И. Кабанина  
(подпись)

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	4
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	6
4.1. Содержание разделов дисциплины.....	6
4.2. Структура дисциплины.....	8
4.3. Лабораторные работы.....	13
4.4. Практические занятия (семинары).....	13
4.5. Курсовой проект (работа).....	14
4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины .....	14
5. Образовательные технологии .....	15
5.1. Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях .....	16
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной успеваемости .....	16
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).....	19
7.1. Основная литература.....	19
7.2. Дополнительная литература.....	19
7.3. Периодические издания.....	20
7.4. Интернет ресурсы.....	20
7.5. Методические указания к лабораторным занятиям.....	21
7.6. Методические указания к практическим занятиям .....	21
7.7. Программное обеспечение .....	21
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	21
Лист согласования рабочей программы дисциплины.....	23
Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины .....	24

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель дисциплины:

формирование и развитие компетенций в области расчетов прочности авиационных конструкций, необходимых для профессиональной подготовки инженера - конструктора (технологической подготовки).

**Задачами изучения** дисциплины «Прочность конструкций» являются:

- определение внешних нагрузок, действующих на самолет в полете и при движении по земле;
- исследование поведения конструкционных материалов под действием нагрузок разной интенсивности и продолжительности в условиях высоких и низких температур;
- определение напряженно – деформированного состояния элементов конструкции, а также ее несущей способности;
- анализ колебаний самолета при различных маневрах;
- анализ аэроупругой устойчивости (флаттера, дивергенции);
- проведение стендовых и летных экспериментов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к обязательному циклу вариативной части учебного плана.

Учебная дисциплина "Прочность конструкций" изучается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах и логически связана с изученными ранее дисциплинами базовой части математического и научно-инженерного цикла: математикой (1-3 семестры), физикой (2-3 семестры), теоретической механикой (2-3 семестры), сопротивлением материалов (3-4 семестры), аэродинамикой (4-5 семестры), термодинамикой и теплопередачей (5 семестр). В вариативной части дисциплина связана с конструкционными материалами в самолетостроении (6 семестр), строительной механикой самолетов (6-7 семестры), конструкцией самолета (вертолета) (6 семестр).

На "входе" студенты должны иметь достаточную подготовку по сопротивлению материалов, строительной механике самолетов, аэродинамике, конструкции самолета.

В дальнейшем, знания, умения и навыки, полученные в курсе "Прочность конструкций" могут быть использованы при выполнении курсовой работы и дипломного проекта.

## 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

### общефессиональных (ОПК):

- способен к работе в коллективе, способен в качестве руководителя подразделения, лидера группы работников формировать цели команды, принимать решения в ситуациях риска, оказывать помощь работникам. (ОПК-3);

### профессиональных (ПСК):

- способен и готов участвовать в разработке конструктивно-силовых схем агрегатов самолётов и их узлов (ПСК-1.2);

- способен и готов к проведению проектировочных расчётов аэродинамики, динамики полёта, прочности и экономики проектируемого самолёта (ПСК-1.4).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- свою роль в социальном взаимодействии и командной работе;
- особенности поведения и интересы других участников при социальном взаимодействии;
- возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе;

- идеи других членов команды для достижения поставленной цели;
- нормы и установленные правила командной работы;
- нормативно-технические документы, регламентирующие создание, испытание и эксплуатацию воздушной техники;
- конструкцию и прочность ЛА, принципы работы систем, агрегатов, планера;
- методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов конструкций ЛА, методы анализа и оценки ЛА как объектов эксплуатации;
- ЛТХ и конструкцию существующих и перспективных ЛА.

Уметь:

- соблюдать нормы и установленные правила командной работы, неся личную ответственность за результат;
- определять свою роль в социальном взаимодействии и командной работе для достижения поставленной цели;
- учитывать особенности поведения и интересы других участников социального взаимодействия;
- анализировать возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе;
- выполнять расчеты на прочность элементов конструкций летательных аппаратов, обеспечивая при этом высокую степень надежности и долговечности при минимальной массе и стоимости;
- рассчитывать запасы прочности, долговечности, надежности и ресурса типовых элементов конструкции ЛА;
- выполнять расчеты напряженного состояния элементов конструкции ЛА;
- планировать экспериментальное исследование прочности и ресурса элементов конструкции ЛА.

Владеть:

- навыками организации и коррекции работы команды, в том числе на основе коллегиальных решений;
- определять свою роль в социальном взаимодействии и командной работе для достижения поставленной цели;
- навыками по разработке проектно-конструкторской документации при расчетах прочности механических конструкций, систем и агрегатов летательных аппаратов;
- методиками расчета на прочность и жесткость.

## 4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

### 4.1. Содержание разделов дисциплины

Таблица 4.1

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Введение. Нагрузки, действующие на самолет	Введение. Цели и задачи курса. Нагрузки, действующие на самолет. Перегрузки. Зависимость маневровой перегрузки самолета от параметров его движения. Основные факторы, влияющие на величину маневровых перегрузок самолета. Нагрев самолета в полете. Нормы прочности и жесткости самолета. Ограничения скорости полета по условиям прочности.	РГЗ
2	Расчет крыльев на прочность.	Определение нагрузок и их распределение по крылу. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Влияние деформаций крыла на величину и распределение его аэродинамической нагрузки. Общие методы расчета крыльев на прочность. Расчет прямого крыла. Способы передачи аэродинамической нагрузки по элементам конструкции крыла. Определение нормальных и касательных напряжений в сечениях крыла. Определение деформаций. Расчет стреловидного крыла. Расчет треугольного крыла. Расчетные (разрушающие) напряжения элементов конструкции крыла. Разрушающие напряжения на растяжение, сжатие, сдвиг. Влияние температур на разрушающие напряжения. Подход к задачам определения НДС самолетных конструкций методом конечных элементов. Возможность ППП «Космос».	РГЗ
3	Расчет на прочность рулей, механизации крыла и оперения	Расчет на прочность рулей и механизации крыла. Расчет на прочность горизонтального и вертикального оперения и управляемого стабилизатора.	РГЗ
4	Расчет на прочность гондолы и пилона подвески двигателя	Нагрузки, действующие на системы подвески двигателей. Расчет на прочность гондолы двигателя и пилона его подвески.	РК
5	Расчет на прочность фюзеляжа	Расчет на прочность фюзеляжа. Симметричные нагрузки и нагрузки нормальные к плоскости симметрии. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Последовательная передача нагрузки элементами конструкции фюзеляжа. Определение напряжений в конструктивных элементах фюзеляжа. Расчет на прочность фюзеляжа на участке выреза и вблизи него.	КР
6	Расчет на прочность герметических кабин и отсеков самолета	Законы регулирования давления воздуха в герметических кабинах. Основные типы герметических кабин. Особенности конструкций и расчета на прочность герметических кабин	РК
7	Расчет на прочность шасси	Основные технические требования к шасси самолетов. Основные схемы расположения шасси. Амортизация шасси. Расчетные случаи нагружения. Шимми носового колеса.	КР
8	Прочность узлов и агрегатов в местах концентрации напряжений	Прочность узлов и агрегатов в местах концентрации напряжений.	КР
9	Усталость авиационных конструкций.	Основные понятия и характеристики усталостной прочности. Определение ресурса по условиям усталости. Влияние высоких температур на	КР

		характеристики усталости. Новые задачи прочности летательных аппаратов.	
10	Задачи аэроупругости	Уравнение аэроупругих колебаний самолета и его решение (метод Ритца, МКЭ). Условия аэроупругой неустойчивости. Дивергенция. Флаттер. Определение аэродинамических нагрузок на колеблющиеся несущие поверхности. Гипотезы стационарности, гармоничности плоского обтекания. Колебания тонкого профиля в дозвуковом и сверхзвуковом потоках. Аэродинамические нагрузки при изгибно – крутильных колебаниях прямого и стреловидного крыльев большого удлинения. Нагрузки крыла большого удлинения. Распределение аэродинамической нагрузки по размаху крыла. Влияние упругости конструкции на аэродинамические характеристики самолета. Эффективность и реверс аэродинамических органов управления упругого самолета. Аэродинамические колебания самолета со стреловидным крылом. Симметричные колебания. Антисимметричные колебания. Флаттер самолета. Изгибно – крутильный флаттер крыла большого удлинения. Другие типы флаттера. Методы борьбы с флаттером. Испытания подобных аэроупругих моделей в аэродинамической трубе.	КР
11	Живучесть	Требования к частично поврежденной конструкции. Остаточная прочность при частичном повреждении конструкции.	КР

#### 4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 часов).

Таблица 4.2

Виды учебной работы	В часах трудоемкости		
	По семестрам		Всего
	7 сем	8 сем	
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>162</b>	<b>126</b>	<b>288</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	68	64	132
<i>Лекции (Л)</i>	34	32	68
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	17	-	17
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	17	32	49
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>63</b>	<b>57</b>	<b>120</b>
Курсовой проект (КП), <u>курсовая работа (КР)</u>	-	50	50
Самоподготовка (проработка и подготовка лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	36	7	43
Подготовка и сдача экзамена	27	-	27
<b>Внеаудиторные занятия (всего):</b>	4	5	9
<b>Вид итогового контроля:</b>	экзамен	зачет с оц.	-

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

Таблица 4.3

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Аудиторная работа				Внеауд. работа СР
		Всего	Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение. Нагрузки, действующие на самолет	14	8	6	-	4
2	Расчет крыльев на прочность.	24	12	12	-	22
3	Расчет на прочность рулей, механизации крыла и оперения.	14	8	6	-	10
4	Расчет на прочность гондолы и пилона подвески двигателя.	8	2	6	-	2
5	Расчет на прочность фюзеляжа.	8	4	4	-	9
<i>Итого</i>		68	34	34	-	45

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

Таблица 4.3

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Аудиторная работа				Внеауд. работа СР
		Всего	Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
6	Расчет на прочность герметических кабин и отсеков самолета.	6	4	2	-	2
7	Расчет на прочность шасси.	6	4	2	-	1
8	Прочность узлов и агрегатов в местах концентрации напряжений.	6	4	2	-	1
9	Усталость авиационных конструкций.	6	4	2	-	2
10	Задачи аэроупругости.	23	16	7	-	9
11	Живучесть.	4	2	2	-	2
<b>КР</b>	Курсовая работа	-	-	-	-	72
<i>Итого</i>		51	34	17	-	89
<i>Всего</i>		<b>119</b>	<b>68</b>	<b>51</b>	-	<b>134</b>

## Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности

Таблица 4.4

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Номер и наименование темы	Количество часов (очная форма)					Часов трудоемкости
			Аудиторная работа				Сам. работа (СР)	
			Всего	ЛК	ПЗ	ЛР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<b>Раздел 1</b> Введение. Нагрузки, действующие на самолет	<b>Тема 1</b> Введение. Цели и задачи курса. Нагрузки, действующие на самолет. <b>Тема 2</b> Перегрузки. Зависимость маневровой перегрузки самолета от параметров его движения. <b>Тема 3</b> Основные факторы, влияющие на величину маневровых перегрузок самолета. Нагрев самолета в полете. <b>Тема 4</b> Нормы прочности и жесткости самолета. Ограничения скорости полета по условиям прочности	14	8	6	-	4	18
			2	2	-	-	1	3
			4	2	2	-	1	5
			2	2	2	-	1	3
			6	2	2	-	1	7
2	<b>Раздел 2</b> Расчет крыльев на прочность.	<b>Тема 5</b> Определение нагрузок и распределение их по крылу. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. <b>Тема 6</b> Влияние деформаций крыла на величину и распределение его аэродинамической нагрузки. <b>Тема 7</b> Расчет прямого крыла. Расчет стреловидного крыла. Расчет треугольного крыла. <b>Тема 8</b> Расчетные (разрушающие) напряжения элементов конструкции крыла. Разрушающие напряжения на растяжение, сжатие, сдвиг. <b>Тема 9</b> Влияние температур на разрушающие напряжения. <b>Тема 10</b> Возможности использования метода конечных элементов.	24	12	12	-	22	46
			4	2	2	-	10	14
			6	2	4	-	2	8
			4	2	2	-	4	8
			6	2	4	-	2	8
			2	2	-	-	2	4
			2	2	-	-	2	4
3	<b>Раздел 3</b> Расчет на прочность рулей, механизации крыла и оперения.	<b>Тема 13</b> Расчет на прочность рулей и механизации крыла. <b>Тема 14</b> Расчет на прочность горизонтального и вертикального оперения и управляемого стабилизатора.	14	8	6	-	10	24
			6	4	2	-	5	11
			8	4	4	-	5	13
4	<b>Раздел 4</b> Расчет на прочность	<b>Тема 15</b>	8	2	6	-	2	10
			8	2	6	-	2	10

	гондолы и пилона подвески двигателя.	Нагрузки, действующие на системы подвески двигателей. Расчет на прочность гондолы двигателя и пилона его подвески.						
5	<b>Раздел 5</b> Расчет на прочность фюзеляжа.	<b>Тема 16</b> Расчет на прочность фюзеляжа. Симметричные нагрузки и нагрузки, нормальные плоскости симметрии. <b>Тема 17</b> Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Последовательная передача нагрузки элементами конструкции фюзеляжа. <b>Тема 18</b> Определение напряжений в конструктивных элементах фюзеляжа. Расчет на прочность фюзеляжа на участке выреза и вблизи него.	<b>8</b> 4	<b>4</b> 1	<b>4</b> 2	- -	<b>9</b> 4	<b>17</b> 8
			2	1	1	-	2	4
			2	2	1	-	3	5
6	<b>Раздел 6</b> Расчет на прочность герметических кабин и отсеков самолета.	<b>Тема 19</b> Законы регулирования давления воздуха в герметических кабинах. <b>Тема 20</b> Основные типы герметических кабин. Особенности конструкций и расчета на прочность герметических кабин	<b>6</b> 3	<b>4</b> 2	<b>2</b> 1	- -	<b>2</b> 1	<b>8</b> 4
			3	2	1	-	1	4
7	<b>Раздел 7</b> Расчет на прочность шасси.	<b>Тема 21</b> Основные технические требования к шасси самолетов. Основные схемы расположения шасси. Амортизация шасси. <b>Тема 22</b> Расчетные случаи нагружения. Шимми носового колеса.	<b>6</b> 3	<b>4</b> 2	<b>2</b> 1	- -	<b>1</b> -	<b>7</b> 3
			3	2	1	-	1	4
8	<b>Раздел 8</b> Концентрация напряжений.	<b>Тема 23</b> Прочность узлов и агрегатов в местах концентрации напряжений.	<b>6</b> 6	<b>4</b> 4	<b>2</b> 2	- -	<b>1</b> 1	<b>7</b> 7
9	<b>Раздел 9</b> Усталость авиационных конструкций.	<b>Тема 24</b> Основные понятия и характеристики усталостной прочности. Определение ресурса по условиям усталости. <b>Тема 25</b> Влияние высоких температур на характеристики усталости. Новые задачи прочности летательных аппаратов.	<b>6</b> 3	<b>4</b> 2	<b>2</b> 1	- -	<b>2</b> 1	<b>8</b> 4
			3	2	1	-	1	4
10	<b>Раздел 10</b> Задачи аэроупругости	<b>Тема 26</b> Уравнение аэроупругих колебаний самолета и его решение (метод Ритца, МКЭ). Условия аэроупругой неустойчивости. Дивергенция. Флаттер <b>Тема 27</b> Гипотезы стационарности, гармоничности плоского обтекания. Колебания тонкого профиля в дозвуковом	<b>23</b> 4	<b>16</b> 2	<b>7</b> 2	- -	<b>9</b> 2	<b>32</b> 6
			4	2	2	-	2	6
			4	2	2	-	2	6

		и сверхзвуковом потоках						
		<b>Тема 28</b> Аэродинамические нагрузки при изгибно-крутильных колебаниях прямого и стреловидного крыльев большого удлинения. Распределение аэродинамической нагрузки по размаху прямого крыла	3	2	1	-	1	4
		<b>Тема 29</b> Влияние упругости конструкции на аэродинамические характеристики самолета. Эффективность и реверс аэродинамических органов управления упругого самолета.	3	2	1	-	1	4
		<b>Тема 30</b> Аэродинамические колебания самолета со стреловидным крылом. Симметричные и антисимметричные колебания.	3	2	1	-	1	4
		<b>Тема 31</b> Флаттер самолета. Изгибно – крутильный флаттер крыла большого удлинения. Другие типы флаттера.	3	2	1	-	1	4
		<b>Тема 32</b> Методы борьбы с флаттером. Испытания подобных аэроупругих моделей в аэродинамической трубе.	3	2	1	-	1	4
11	<b>Раздел 11</b> Живучесть.	<b>Тема 33</b> Требования к частично поврежденной конструкции.	4	2	2	-	2	6
		<b>Тема 34</b> Остаточная прочность при частичном повреждении конструкции.	2	1	1	-	1	3
	Курсовая работа	Прочность конструкций самолета (прочность и ресурс крыла)	-	-	-	-	72	72
		<b>Итого</b>	<b>119</b>	<b>68</b>	<b>51</b>	<b>-</b>	<b>134</b>	<b>288</b>

### 4.3. Практические занятия

Таблица 4.5

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Кол-во часов
1	2	3	4
<b>7 семестр</b>			
1	2	Перегрузки. Характер распределения нагрузок в различных режимах полета и посадки самолета.	4
2	4	Требования норм летной годности самолета к прочности и жесткости самолета.	4
3	5	Распределение нагрузок по крылу и построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов.	4
4	7	Расчет прямого крыла и стреловидного крыла.	4
5	8	Разрушающие напряжения элементов конструкции крыла при растяжении, сжатии и сдвиге.	4
7	13, 14	Особенности расчета на прочность рулей и механизации крыла, горизонтального и вертикального оперения и управляемого стабилизатора.	8

8	15	Определение нагрузки, действующей на системы подвески двигателей и расчет на прочность этих конструкций	4
9	17	Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов для фюзеляжа.	2
<b>Итого (7 семестр)</b>			<b>34</b>
<b>8 семестр</b>			
1	19, 20	Законы регулирования давления воздуха в герметических кабинах. Особенности конструкций и расчета на прочность герметических кабин	3
2	21, 22	Расчетные случаи нагружения шасси зависимости от их расположения на самолете.	2
3	23	Прочность узлов и агрегатов в местах концентрации напряжений.	2
4	24, 25	Определение ресурса по условиям усталостной прочности. Влияние высоких температур на характеристики усталости.	2
5	26, 27, 28	Распределение аэродинамической нагрузки по размаху упругого крыла. Интегральные уравнения кручения и изгиба крыла под действием аэродинамической нагрузки. Решение методом итераций.	2
6	29, 30	Оценка влияния упругости конструкции на аэродинамические характеристики самолета. Аэродинамические колебания самолета со стреловидным крылом	2
7	31, 32	Изгибно – крутильный флаттер крыла большого удлинения. Методы борьбы с флаттером.	2
8	33, 34	Оценка остаточной прочности при частичном повреждении конструкции.	2
<b>Итого (8 семестр)</b>			<b>17</b>
<b>Всего часов:</b>			<b>51</b>

#### 4.4. Курсовая работа

Тема курсовой работы: *Прочность конструкций самолета (прочность и ресурс крыла).*

#### 4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

На лекции по каждому разделу выстраивается план или содержание. Наиболее сложные для восприятия и понимания вопросы разбираются непосредственно лектором, рассмотрение вопросов же второстепенного характера дается в виде домашнего задания. Домашнее задание может быть представлено в виде краткого опорного конспекта, в форме «вопрос-ответ» и пр.

В качестве самостоятельной внеаудиторной работы студентами выполняется расчетно-графическое задание в 7 семестре. Тема расчетно-графического задания для самостоятельной работы студентов приведена в таблице 4.7. Перечень выносимых на самостоятельное изучение вопросов представлен в таблице 4.8.

Таблица 4.7

№ работы	Название расчетно-графического задания	Количество часов
1	2	3
1	Определение нагрузок, срезающих сил, изгибающих и крутящих моментов, действующих на крыло турбовинтового самолета	10
<i>Итого</i>		10

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение

Таблица 4.8

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Количество часов
1	2	3
2	Распределение нагрузок по хорде крыла. Вычисление циркуляции.	3
	Особенности расчета треугольного крыла.	2
	Знакомство с прикладным пакетом программ «Космос М»	1
10	Устройства регулирования давления воздуха в герметических кабинах в зависимости от конструкции кабин.	1
	Схемы амортизации шасси и условия устранения шимми носового колеса	1
	Условия возникновения колебаний тонкого профиля в дозвуковом и сверхзвуковом потоках. Типы флаттера	2
<i>Всего</i>		10

### 5. Образовательные технологии

При проведении занятий (аудиторных и внеаудиторных) используются следующие образовательные формы обучения.

- 1) На ряде лекций - *компьютерные презентации*, наглядно иллюстрирующие учебный материал и *наглядные демонстрации* эксплуатационных нагрузок на конструкции самолета.
- 2) На практических занятиях - *программированное обучение*, заключающееся в том, что каждое последующее задание является логическим продолжением предыдущего.

По основным разделам дисциплины запланировано расчетно-графическое задание (РГЗ). На занятии преподавателем составляется алгоритм решения прикладных задач, по возможности разбираются наиболее сложные задачи и типичные ошибки, возникающие при их решении, а также выдается индивидуальное задание (тема расчетно-графического задания см. в таблице 4.7). Преподавателем назначаются дни для консультирования по выполнению РГЗ и курсовой работы и их защиты. Защита РГЗ и курсовой работы может проходить в форме выполнения теста или диалога с преподавателем.

#### 5.1. Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Таблица 5.1

Семестр	Вид занятия (Л, ПЗ, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Кол-во часов
7	Л	Презентации и видеоролики	4
	ПЗ	Программированное обучение	4
	ЛР	Работа в малых группах	12
8	Л	Презентации и видеоролики	4
	ПЗ	Программированное обучение	2
	ЛР	Работа в малых группах	-
<i>Итого:</i>			<b>26</b>

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Образец контрольных вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### *Перечень контрольных вопросов по дисциплине*

1. Нагрузки, действующие на самолет. Перегрузки. Зависимость маневровой перегрузки самолета от параметров его движения. Максимально возможные значения маневровых перегрузок.
2. Основные факторы, влияющие на величину маневровых перегрузок самолета. Перегрузки при полете в неспокойном воздухе и при циклической болтанке. Нагрев самолета в полете.
3. Нормы прочности и жесткости самолета. Ограничения скорости полета по условиям прочности.
4. Нагрузки, действующие на крыло. Определение нагрузок и распределение их по крылу.
5. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов.
6. Влияние деформаций крыла на величину и распределение его аэродинамической нагрузки.
7. Общие методы расчета крыльев на прочность. Расчет прямого крыла. Способы передачи аэродинамической нагрузки по элементам конструкции крыла.
8. Определение нормальных и касательных напряжений в сечениях крыла. Определение деформаций.
9. Расчет стреловидного крыла. Расчет треугольного крыла.
10. Расчетные (разрушающие) напряжения элементов конструкции крыла. Разрушающие напряжения на растяжение, сжатие, сдвиг.
11. Влияние температур на разрушающие напряжения.
12. Подход к задачам определения напряженно – деформированного состояния самолетных конструкций методом конечных элементов.
13. Виды КЭ, используемые в расчетах крыла и фюзеляжа, разбивка конструкции на КЭ, выбор сетки и ее нанесение на конструкцию.
14. Задание жесткостных характеристик, условий закрепления. Представление результатов расчета. Возможности ППП MSC.Patran/Nastran.
15. Расчет на прочность рулей и механизации крыла
16. Определение внешних нагрузок и расчет на прочность горизонтального и вертикального оперения. Расчет управляемого стабилизатора.
17. Нагрузки, действующие на системы подвески двигателей. Расчет на прочность гондолы двигателя и пилона его подвески.
18. Расчет на прочность фюзеляжа. Симметричные нагрузки. Нагрузки нормальные плоскости симметрии.
19. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Последовательная передача нагрузки элементами конструкции фюзеляжа. Определение напряжений в конструктивных элементах фюзеляжа.
20. Расчет на прочность фюзеляжа на участке выреза и вблизи него.
21. Расчет на прочность герметических кабин и отсеков самолета. Законы регулирования давления воздуха в герметических кабинах. Основные типы герметических кабин.
22. Особенности конструкций и расчета на прочность герметических кабин. Расчет на прочность шасси.
23. Основные технические требования к шасси самолетов. Основные схемы расположения шасси. Расчетные случаи нагружения.
24. Шимми носового колеса.
25. Концентрация напряжений. Прочность узлов и агрегатов в местах концентрации напряжений.
26. Основные понятия и характеристики усталостной прочности. Усталость авиационных конструкций.
27. Определение ресурса по условиям усталости. Влияние высоких температур на характеристики усталости.

28. Новые задачи прочности летательных аппаратов. Задачи аэроупругости. Уравнение аэроупругих колебаний самолета и его решение (метод Ритца, МКЭ).
29. Условия аэроупругой неустойчивости. Дивергенция.
30. Флаттер. Определение аэродинамических нагрузок на колеблющиеся несущие поверхности. Гипотезы стационарности, гармоничности плоского обтекания.
31. Колебания тонкого профиля в дозвуковом и сверхзвуковом потоках.
32. Аэродинамические нагрузки при изгибно – крутильных колебаниях прямого и стреловидного крыльев большого удлинения. Распределение аэродинамической нагрузки по размаху крыла большого удлинения.
33. Влияние упругости конструкции на аэродинамические характеристики самолета. Эффективность и реверс аэродинамических органов управления упругого самолета.
34. Аэродинамические колебания самолета со стреловидным крылом. Симметричные колебания. Антисимметричные колебания.
35. Флаттер самолета. Изгибно – крутильный флаттер крыла большого удлинения. Другие типы флаттера.
36. Методы борьбы с флаттером.
37. Испытания подобных аэроупругих моделей в аэродинамической трубе.
38. Живучесть. Требования к частично поврежденной конструкции. Остаточная прочность при частичном повреждении конструкции.

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1. Основная литература

Таблица 7.1

№ п/п	Автор (ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экземпляров в библиотеке НГТУ
1	2	3	4	5	6
1	Саргсян А.Е.	Строительная механика. Механика инженерных конструкций	М.: Высшая школа, 2008	Учебник [МО]	1
2	Александров А.В. [и др.]; Под ред. А.В.Александрова	Строительная механика: В 2-х кн. Кн.2 Динамика и устойчивость упругих систем	М.: Высшая школа, 2008	Учебник [МО]	8
3	Потапов В. Д. [и др.]; Под ред. В.Д.Потапова.	Строительная механика. В 2-х кн. Кн.1: Статика упругих систем	М. : Высшая школа, 2007	Учебник [МО]	8
4	Максименко В.Н., Олегин И.П.	Теоретические основы методов расчета прочности элементов конструкций из композитов	Новосибирск: НГТУ, 2006	Учебник [УМО]	1
5	Костюк А.Г.	Динамика и прочность турбомашин : - 3-е изд., перераб.и доп.	М.: Изд. дом МЭИ, 2007	Учебник [УМО]	8

## 7.2. Дополнительная литература

Таблица 7.2

№ п/п	Автор (ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экземпляров в библиотеке НГТУ
1	2	3	4	5	6
6	Бойцов В.Б., Чернявский А.О.	Технологические методы повышения прочности и долговечности	М. : Машиностроение, 2005	Учебное пособие	10
7	Эшби М., Джонс Д.	Конструкционные материалы.	Долгопрудный: Изд. дом "Интеллект", 2010.	Учебное пособие, [УМО]	15
8	Амосов А.А. [и др.]	Вычислительные методы : 3-е изд., перераб. и доп.	М. : Изд.дом МЭИ, 2008	Учебное пособие, [УМО]	5
9	Голованов А.И. [и др.]	Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций	М. : Физматлит, 2006		1
10	Сироткин О.С. [и др.]	Проектирование, расчет и технология соединений авиационной техники	М.: Машиностроение, 2006		3
11	Лизин В.Т., В. А. Пяткин	Проектирование тонкостенных конструкций : - 4-е изд., перераб. и доп.	М.: Машиностроение, 2003	Учебное пособие	10
12	Житомирский Г.И.	Конструкция самолетов : 3-е изд., перераб. и доп.	М.: Машиностроение, 2005	Учебник	31
13	Радченко В.П., Еремин Ю. А.	Реологическое деформирование и разрушение материалов и элементов конструкций. -	М.: Машиностроение-1, 2004		1

## 7.3. Периодические издания

1. Журнал «Прикладная механика и техническая физика»
2. Журнал «Авиационная промышленность»
3. Журнал «Авиационные материалы и технологии»
4. Журнал «Крылья Родины»
5. Журнал «Проблемы прочности»
6. Журнал «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии»

## 7.4. Интернет ресурсы

1. Библиотека ГОСТов и нормативных документов РФ (<http://libgost.ru>)
2. Представлено множество глоссариев на экономические, биологические, технические и смежные темы ([www.glossary.ru](http://www.glossary.ru))
3. Студенческая электронная библиотека (<http://www.public.ru>)
4. Многоязычная, общедоступная, свободно распространяемая энциклопедия, издаваемая в Интернете (<http://www.ru.wikipedia.org>)
5. Бесплатная электронная Интернет-библиотека (<http://www.zipsites.ru>)
6. Энциклопедии, словари (<http://mediateka.km.ru>)
7. Методические указания к лабораторным работам <http://sopro.nm.ru>
8. Сборник «Проблемы прочности и пластичности» ( [www.unn.ru/e-library/ppp.htm/](http://www.unn.ru/e-library/ppp.htm/))

## 7.5. Методические указания к лабораторным работам

Таблица 7.3

№	Автор (ы), наименование	Издательст во	Год издания	Количество в библиотеке НГТУ
1	2	3	4	5
1	Вешуткин В.Д. Определение коэффициента тензочувствительности тензорезистора	НГТУ, рукоп.	2008	5 (каф) <a href="http://sopro.nm.ru">http://sopro.nm.ru</a>
2	Вешуткин В.Д. Определение собственных частот колебаний консольной балки	НГТУ, рукоп.	2008	5 (каф) <a href="http://sopro.nm.ru">http://sopro.nm.ru</a>
3	Вешуткин В.Д. Определение критической скорости флаттера несущих поверхностей	НГТУ, рукоп.	2008	5 (каф) <a href="http://sopro.nm.ru">http://sopro.nm.ru</a>
4	Вешуткин В.Д. Экспериментальное определение параметров механической вибрации	НГТУ, рукоп.	2008	5 (каф) <a href="http://sopro.nm.ru">http://sopro.nm.ru</a>
5	Вешуткин В.Д., Моисеева Т.В. Лабораторный практикум по курсам «Строительная механика машин», «Строительная механика самолета» для студентов ФМиАТ дневной формы обучения	НГТУ, Н. Новгород	2010	100 На кафедре
6	Вешуткин В.Д. Стесненное кручение тонкостенного стержня открытого профиля	НГТУ, рукоп.	2009	5 (каф) <a href="http://sopro.nm.ru">http://sopro.nm.ru</a>

## 7.6. Методические указания к практическим занятиям

Таблица 7.4

№ п/п	Автор (ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экземпляров в библиотеке НГТУ
1	2	3	4	5	6
1	Лизин В.Т., В. А. Пяткин	Проектирование тонкостенных конструкций 4-е изд., перераб. и доп.	М.: Машиностроение, 2003	Учебное пособие	10
2	Голованов А.И. [и др.].	Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций	М. : Физматлит, 2006		1
3	Сироткин О.С. [и др.]	Проектирование, расчет и технология соединений авиационной техники	М.: Машиностроение, 2006		3

## 7.7. Программное обеспечение

Практические работы выполняются с использованием программного обеспечения MSC.Patran/Nastran.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения занятий лекционного и практического типа используется аудитории 5325 или 5125, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с помощью которой обеспечиваются тематические иллюстрации, демонстрируются видеофильмы, соответствующие рабочей программе дисциплины.

Самостоятельная работа проводится в вычислительной лаборатории 5125, в которой рабочие места студентов, оснащены компьютерами с доступом в Интернет и предназначены для работы в электронной образовательной среде.

Обучающимся предоставляется свободный доступ в Интернет-залы научно – технической библиотеки НГТУ для самостоятельной работы, где в течение всего периода обучения обеспечен неограниченный доступ к электронной информационно – образовательной среде НГТУ.

Материально-техническое обеспечение аудиторий включает:

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Мультимедийная аудитория (проведение лекционных занятий) 5325, Нижний Новгород, ул. Минина, 28, корп. 5	Проектор BENO MP776/MP777 Digital Projector, Проекционный экран, компьютер переносной, сетевое оборудование	
Вычислительный центр ИТС (лекционные, практические занятия, самостоятельная работа) 5125, Нижний Новгород, ул. Минина, 28, корп. 5	Принтер Xerox3121, 6110 Сканер Canon, копировальный аппарат МПТ, компьютер АТ 386-387-ДХ (6 шт.); компьютер «Кландайк» (6 шт.), плоттер YP DesignJet, мышь оптическая (12 шт.), клавиатура (12 шт.); мониторы 24” (12 шт.)	ОС Windows (подписка DreamSpark Premium 70087777), MS Office 2013-32, Office 2010-32(64) (лиц. 43847744), Auto CAD-2012-32(64) Autodesk Education Master Sulte 2012 (сер.номер 540-46966181) Solid Works Education Class Pack (сер. номер 9710 0044 1213 5426); Dr.Web (срок лиц.2016-02-29 – 2017-04-27); САПР Проект-1 MatCAD Prime 3.1 (MNT-PKG-7543-FN-T2) Kompas 3D V13 Nupas Cad Matic (договор №92 от 11.11.2014)

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор ИТС

\_\_\_\_\_ А.В. Тумасов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**Б1.В.ОД.11 Прочность конструкций**

(индекс по учебному плану, наименование)

для подготовки специалистов

Направление подготовки: \_\_\_\_\_ 24.05.07 "Самолето- и вертолетостроение" \_\_\_\_\_

(код и наименование направления подготовки)

Направленность: \_\_\_\_\_ "Самолетостроение" \_\_\_\_\_

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_ 2018 \_\_\_\_\_

Курс: \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_

Семестр: \_\_\_\_\_ 7, 8 \_\_\_\_\_

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) в рабочую программу изменения не вносятся. Программа актуализирована для 20\_\_ года начала подготовки;
- 2)

Разработчик РПД, доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_ В.Д. Вешуткин  
(подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_  
20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой "АГДПМиСМ" \_\_\_\_\_ С.И. Герасимов  
(подпись)

**Лист актуализации принят на хранение:**

И. о. заведующего выпускающей кафедрой «КиАТ» \_\_\_\_\_ Н.В. Калинина  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Методический отдел УМУ

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.