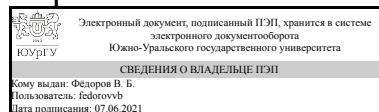


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



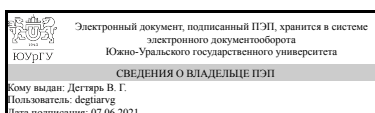
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.35 Прочность конструкций РКТ  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
**уровень** специалист **тип программы** Специалитет  
**специализация** Ракетные транспортные системы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Летательные аппараты

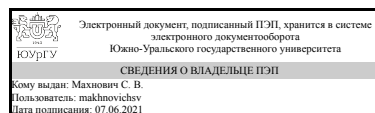
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



С. В. Махнович

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели: изучение принципов и методов прочностного анализа конструкций РКТ(определение напряжений, деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций ( выявления наиболее эффективных конструкторских решений). Задачи изучения дисциплины: — усвоить правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для основных элементов ракетной конструкции; знать специальную литературу и другие информационные источники для решения задач по определению напряженно-деформированного состояния и оценки устойчивости этих элементов. — иметь представление об основных научно-технических проблемах в области прочности ракет, о существующих мерах и методах обеспечения прочностной надежности в процессе разработки, изготовления и испытаний конструкций ракет; — научиться решать задачи по определению нагрузок на ЛА и выделять основные и проверочные расчетные случаи; по построению эпюр распределения усилий в корпусе ЛА на основе балочной расчетной схемы; по определению критических нагрузок потери устойчивости для основных расчетных моделей конструктивных элементов (балка, кольцо, пластина, оболочка); по определению запасов прочности и устойчивости конструктивных элементов ЛА;

## Краткое содержание дисциплины

Основные этапы и задачи обеспечения прочности при разработке конструкции ЛА. Конструктивно-силовые схемы ЛА. Расчетные случаи для конструкций ЛА. Нормы прочности. Предельные состояния силовых конструкций ЛА. Расчётные модели и определение действующих нагрузок. Устойчивость тонкостенных элементов конструкции ЛА. Устойчивость стержней. Устойчивость пластин и оболочек. Проверочные и проектировочные расчёты на прочность.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)  |
|---|---|
| ПСК-1.2 способностью обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет, проводить расчеты по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций | Знать:Принципы и методы прочностного анализа конструкций РКТ(определение напряжений, деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций ( выявления наиболее эффективных конструкторских решений), правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для основных элементов ракетной конструкции; знать специальную литературу и другие информационные источники для решения задач по определению напряженно-деформированного состояния и оценки устойчивости и запасов прочности этих элементов. |
|   | Уметь:решать задачи определения нагрузок на ЛА и выделять основные и проверочные расчетные случаи; распределения усилий в корпусе ЛА на основе балочной расчетной   |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>схемы, определения критических нагрузок потери устойчивости для основных расчетных моделей конструктивных элементов (балка, кольцо, пластина, оболочка), определения запасов прочности и устойчивости конструктивных элементов ЛА;</p> <p>Владеть: методами расчетов по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций, выбора конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет,</p> |
| <p>ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов</p> | <p>Знать: современные проблемы математического моделирования конструкций РКТ и внешних воздействий; понятия и подходы к математическому моделированию сложных конструкций;</p>  |
|   | <p>Уметь: использовать свои знания для построения математической модели прочностной надёжности конструкций РКТ, оценивать корректность постановок задач, представлять итоги проделанной работы,</p>   |
|   | <p>Владеть: навыками решения задач математического моделирования прочностной надёжности конструкций и выбора конструктивно-силовых схем</p>   |

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана   | Перечень последующих дисциплин, видов работ  |
|---|--|
| <p>Б.1.30 Проектирование РКТ,<br/>Б.1.05.02 Математический анализ,<br/>Б.1.14 Сопротивление материалов,<br/>Б.1.34 Строительная механика ракет,<br/>Б.1.07 Информатика и программирование,<br/>Б.1.09 Теоретическая механика,<br/>В.1.11 Аэрогазодинамика РКТ</p> | <p>Б.1.48 Расчеты на прочность систем и агрегатов летательных аппаратов (ЛА),<br/>Б.1.42 Вибропрочность конструкции ЛА</p> |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                            | Требования   |
|---------------------------------------|--|
| Б.1.05.02 Математический анализ       | Методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений  |
| Б.1.14 Сопротивление материалов       | Расчётные схемы анализа прочности основных элементов конструкций машиностроения (стержней, пластин, оболочек). Методы определения напряжений и деформаций. |
| Б.1.30 Проектирование РКТ             | Проектные параметры ракет. Анализ распределения масс агрегатов ракет.  |
| Б.1.07 Информатика и программирование | Программирование, технические расчеты с помощью компьютера   |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Б.1.34 Строительная механика ракет | знать основные расчётные схемы и методы расчета НДС элементов конструкций ракет и космических аппаратов            |
| В.1.11 Аэрогидрогазодинамика РКТ   | уметь:определять аэродинамические силы для тел классических форм в потоке газа(сфера конус цилиндр и их сочетания) |
| Б.1.09 Теоретическая механика      | Уравнения статики и динамики твёрдого тела   |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 8                                  |  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 144         | 144                                |  |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 64          | 64                                 |  |
| Лекции (Л)   | 24          | 24                                 |  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 40          | 40                                 |  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 0           | 0                                  |  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 80          | 80                                 |  |
| Курсовая работа  | 60          | 60                                 |  |
| Подготовка к экзамену  | 20          | 20                                 |  |
| Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                         | -           | экзамен,КР                         |  |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|---|---|---|----|----|
|           |   | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Задачи обеспечения прочности при разработке конструкции ЛА. Конструктивно-силовые схемы ЛА.   | 4   | 4 | 0  | 0  |
| 2         | Расчетные случаи для конструкций ЛА на основных этапах жизненного цикла. Определение действующих нагрузок в основных расчётных случаях. | 22  | 6 | 16 | 0  |
| 3         | Устойчивость тонкостенных элементов конструкции ЛА. Устойчивость стержневых элементов.  | 16  | 6 | 10 | 0  |
| 4         | Устойчивость пластин и оболочек.  | 22  | 8 | 14 | 0  |

##### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия   | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1        | 1         | История науки о прочности. Роль российских ученых, научных школ, ВУЗов, КБ в развитии науки о прочности.                              | 2            |
| 2        | 1         | Конструктивно-силовые схемы ЛА. Требования прочности и жесткости. Силы, действующие на ЛА. Классификация сил.Расчетные случаи для ЛА. | 2            |

|     |   |   |   |
|-----|---|---|---|
|     |   | Основные и проверочные.   |   |
| 3   | 2 | Активный участок. Конечный участок. Определение действующих нагрузок. Построение эпюр.  | 2 |
| 4   | 2 | Наземные случаи эксплуатации. Расчет нагрузок.  | 2 |
| 5   | 2 | Расчет на прочность конструкций по методу разрушающих нагрузок. Расчеты на устойчивость.  | 2 |
| 6   | 3 | Устойчивость тонкостенных элементов конструкций ЛА. Устойчивость стержней (задача Эйлера). Влияние граничных условий, пластических деформаций.                          | 2 |
| 7,8 | 3 | Анализ общей и местной устойчивости тонкостенных стержней, колец  | 4 |
| 9   | 4 | Устойчивость пластин при сжатии. Устойчивость пластин при сдвиге и совместном действии нагрузок   | 2 |
| 10  | 4 | Устойчивость оболочки при осевом сжатии. Влияние наддува, изгиба и пластических деформаций на устойчивость.   | 2 |
| 11  | 4 | Устойчивость оболочки при внешнем давлении. Влияние способов закрепления торцов на величину критического давления.  | 2 |
| 12  | 4 | Устойчивость оболочки при одновременном действии осевого сжатия и внешнего давления; при осевом сжатии, кручении и внешнем давлении. Устойчивость сферических оболочек. | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 2         | Расчет нагрузок для расчётных случаев А <sub>0</sub> , А <sub>в</sub> .   | 2            |
| 2         | 2         | Разбор примеров с целью проверки выполнения студентами методических указаний при изучении этого раздела и усвоения ими материала. Выдача задания на курсовую работу | 2            |
| 3         | 2         | Выдача задания на курсовую работу. Разбор на примерах особенностей и основных этапов выполнения работы  | 2            |
| 4         | 2         | Расчет нагрузок на корпус для случая Сш   | 2            |
| 5         | 2         | Расчет нагрузок на корпус для случая По.  | 2            |
| 6         | 2         | . Освоение рациональных приемов решения с целью уменьшения вероятности возможных ошибок при выполнении первой и второй задач курсовой работы.                       | 2            |
| 7         | 2         | Расчет нагрузок на головной отсек и спускаемый аппарат  | 2            |
| 8         | 2         | Компоновка ГЧ и подготовка расчетной модели.  | 2            |
| 9         | 3         | Расчет ВСФ и построение эпюр распределения их в осевом направлении (к р).   | 2            |
| 10        | 3         | Местная и общая устойчивость тонкостенных стержней.   | 2            |
| 11        | 3         | Проектировочные расчеты сжатых стержней и пластин.  | 2            |
| 12        | 3         | Устойчивость стержней и пластин. Оценка устойчивости подкрепленной цилиндрической панели.   | 2            |
| 13        | 3         | Решение задач проектирования подкреплённых панелей (к р)  | 2            |
| 14        | 4         | Устойчивость оболочек при осевом сжатии.  | 2            |
| 15        | 4         | Устойчивость оболочек при внешнем давлении  | 2            |
| 16        | 4         | Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и внешнем давлении (гладкие оболочки).  | 2            |
| 17        | 4         | Проектировочный расчет подкреплённой оболочки (к р)   | 2            |
| 18        | 4         | Проектировочные расчеты оболочек корпуса ракеты при осевом сжатии и   | 2            |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
|    |   | внешнем давлении и совместном действии нагрузок.                      |   |
| 19 | 4 | Прочность и устойчивость подкрепленных оболочек при поперечном изгибе | 2 |
| 20 | 4 | Расчет на прочность сферических и эллипсоидных оболочек.              | 2 |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС   |  |              |
|--|--|--------------|
| Вид работы и содержание задания  | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)  | Кол-во часов |
| Подготовка к экзамену.   | Основная и дополнительная литература   | 20           |
| Курсовая работа. Расчет нагруженности корпуса ЛА. Определение аэродинамических и инерционных нагрузок. Построение эпюр продольных, поперечных сил и изгибающих моментов для балочной расчетной схемы корпуса. Определение опасных по прочности сечений (отсеков). Проектировочный расчет оболочек сухого и топливного отсеков. | Основная и дополнительная литература. Задание Содержание пояснительной записки КР Расчёт на прочность РКТ в Приложении | 60           |

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

| Инновационные формы учебных занятий                          | Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)          | Краткое описание                                   | Кол-во ауд. часов |
|--|---------------------------------|--|-------------------|
| Разбор конкретных ситуаций                                   | Практические занятия и семинары | Выбор структуры сложного изделия                   | 8                 |
| Компьютерное моделирование и практический анализ результатов | Практические занятия и семинары | Расчет реальных конструкций и анализ результатов   | 22                |
| Разбор конкретных ситуаций                                   | Лекции                          | Выбор конструктивно-силовой схемы сложного изделия | 8                 |

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: В лекциях и практических занятиях используются методы оценки нагруженности и прочности конструкций ЛА, сформированные при выполнении НИР по контрактам для ОАО "ГРЦ Макеева": Расчет разброса нагрузок при старте на ТПК с произвольной не прямолинейностью для формирования предварительных режимов нагружения статических испытаний. Контракт №Н/2/5/11-11-от 21.07.11 Разработка методики и проведение расчётов по подтверждению и уточнению газодинамических и ударно-волновых нагрузок на

ракеты, транспортно- пусковой контейнер и шахтную пусковую установку при старте  
 . ОАО "ГРЦ Макеева" Контракт №Н/2/5/11-11- от 21.07.12

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

| Наименование разделов дисциплины | Контролируемая компетенция ЗУНЫ  | Вид контроля (включая текущий) | №№ заданий  |
|----------------------------------|--|--------------------------------|---|
| Все разделы                      | ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов | экзамен                        | Вопросы экзамена<br>Прочность конструкций РКТ в Приложении  |
| Все разделы                      | ПСК-1.2 способностью обосновывать выбор конструктивно-силовых схем отсеков корпуса ракет, проводить расчеты по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций  | экзамен, курсовая работа       | Вопросы экзамена<br>Прочность конструкций РКТ и Задание,<br>Содержание расчётно-пояснительной записки КР Расчёт на прочность РКТ в приложении |

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

| Вид контроля | Процедуры проведения и оценивания  | Критерии оценивания  |
|--------------|--|--|
| экзамен      | Каждому студенту выдается индивидуальное задание, состоящее из двух- трех вопросов. Задания сформированы таким образом, чтобы охватить изученные разделы дисциплины. | Отлично: полный правильный ответ на все вопросы задания.<br>Хорошо: при одном неверном ответе, в случае верных ответов на другие вопросы.<br>Удовлетворительно: при поверхностном, неуверенном ответе на вопросы.<br>Неудовлетворительно: неверные ответы и беспомощность при наводящих вопросах.  |
|              | Студент сдаёт пояснительную записку по результатам работы и защищает её в форме презентации и доклада  | Отлично: Правильное решение всех задач, интересное изложение результатов работы; убедительные ответы на вопросы; выполнение всех требований к оформлению;<br>Хорошо: в расчётной части присутствуют несущественные ошибки, достаточно корректное изложение результатов работы; неубедительные ответы на вопросы;; невыполнение некоторых требований к оформлению;<br>Удовлетворительно: поверхностное отношение к работе ошибки в расчётах, не систематичность в |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | работе, невыполнение требований к оформлению;<br>Неудовлетворительно: при отсутствии результатов работы и презентации. или несамостоятельность выполнения курсовой работы, некомпетентность в задачах представленной записки, при плохой защите курсовой работы, небрежном и неаккуратном ее оформлении. |
|--|--|--|

### 7.3. Типовые контрольные задания

| Вид контроля | Типовые контрольные задания  |
|--------------|--|
| экзамен      | <p>Комплекс работ по обеспечению прочности конструкций.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Классификация сил, действующих на ЛА.</li> <li>. Расчетные случаи нагружения корпуса ЛА (А, П, Т, С).</li> <li>Силы, действующие на ЛА в полете на АУТ.</li> <li>. Построение эпюр ВСФ в корпусе ЛА для расчетных случаев АУТ.</li> <li>Силы, действующие на корпус ГЧ на ПУТ.</li> <li>Построение эпюр ВСФ в корпусе ГЧ для расчетных случаев ПУТ.</li> <li>. Нагруженность корпуса ЛА при транспортировке в горизонтальном положении (ЭО, ЭМ).</li> <li>. Нагруженность корпуса ЛА при транспортировке в шахте РПЛ (ЭО, ЭМ).</li> <li>. Нагруженность корпуса ЛА при установке на стартовый стол (ЭО, ЭМ).</li> <li>Нагруженность корпуса ЛА при стоянке на стартовой позиции (ЭО, ЭМ).</li> </ul> <p>Последовательность расчета на прочность корпуса ЛА. Предельное состояние конструкций.</p> <p>Принцип расчета по разрушающим нагрузкам.</p> <p>Нагруженность корпуса ЛА при старте из ШПЛ (ЭО, ЭМ).</p> <p>Литература- Гриненко НИ, Алфутов НА ,Балабух ЛИ</p> <p>Устойчивость стержней. Задача Эйлера.</p> <p>Устойчивость стержней. Влияние граничных условий, пластических деформаций.</p> <p>Устойчивость пластин. Пластина с 2 свободными кромками.</p> <p>Устойчивость шарнирно опертой по кромкам пластины. Местная и общая потеря устойчивости тонкостенных стержней.</p> <p>Устойчивость пластины при комбинированном нагружении ( <math>q_1 ; q_2</math> ).</p> <p>Устойчивость пластины, подкрепленной силовым набором. Решение Т.Кармана.</p> <p>Устойчивость сжатого радиальной нагрузкой кольца.</p> <p>Устойчивость цилиндрической оболочки при внешнем давлении. Коэффициент хлопка.</p> <p>. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии (осесимметричная форма).</p> <p>Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии (неосесимметричная форма).</p> <p>Устойчивость цилиндрической оболочки при совместном действии нагрузок.</p> <p>Особенности расчета сжатой оболочки при наличии внутреннего давления, изгиба, пластических деформаций. Коэффициент хлопка.</p> <p>Литература- Балабух ЛИ , Алфутов НА , Лизин ВТ Биргер ИА</p> <p>Вопросы экзамена Прочность конструкций РКТ .docx</p> |
|              | <p>1. Расчет нагруженности корпуса ЛА на активном участке траектории. Определение аэродинамических и инерционных нагрузок. Построение эпюр продольных, поперечных сил и изгибающих моментов для балочной расчетной схемы корпуса. Определение опасных по прочности сечений (отсеков).</p> <p>2. Расчет нагруженности спускаемого аппарата на пассивном участке траектории. Определение аэродинамических и инерционных нагрузок. Построение эпюр продольных, поперечных сил и изгибающих моментов для балочной расчетной схемы корпуса. Определение опасных по прочности сечений (отсеков).</p> <p>Задание Содержание пояснительной записки КР Расчёт на прочность РКТ.doc</p>  |



## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Балабух, Л. И. Строительная механика ракет Текст Учебник Л. И. Балабух, Н. А. Алфутов, В. И. Усюкин. - М.: Высшая школа, 1984. - 391 с. ил.
2. Авдонин, А. С. Расчет на прочность летательных аппаратов Текст Учеб. пособие. - М.: Машиностроение, 1985. - 440 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций Учеб. пособие для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение" В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1994. - 380,[1] с. ил.
2. Васильев, В. В. Механика конструкций из композиционных материалов Ред. Н. Н. Малинин. - М.: Машиностроение, 1988. - 271 с. ил.
3. Алфутов, Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1991. - 334 с. ил.
4. Гриненко, Н. И. Прочность корпуса баллистической ракеты [Текст] конспект лекций Н. И. Гриненко ; Челябин. политехн. ин-т им. Ленинского комсомола ; ЮУрГУ. - Челябинск: ЧПИ, 1975. - 134 с. ил.
5. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин Справ. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 702 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Ракетная техника.
2. Вопросы ракетной техники.
3. Оборонная техника.
4. Известия ВУЗов: Авиационная техника, ракетная техника и космонавтика.
5. Космические исследования : науч. журн. / Рос. акад. наук, Президиум РАН
6. Полет: Авиация. Ракетная техника. Космонавтика: Общерос. науч.-техн. журн. / Изд-во "Машиностроение"

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Характеристики и критерии эффективности материалов

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

2. Характеристики и критерии эффективности материалов

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование разработки | Наименование ресурса в электронной форме | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---|----------------|-------------------------|--|---|
|---|----------------|-------------------------|--|---|

|   |                           |   |   |                           |
|---|---------------------------|---|---|---------------------------|
| 1 | Дополнительная литература | Матвеевко, А.М. Самолеты и вертолеты. Том IV-21. Проектирование, конструкции и системы самолетов и вертолетов. Книга 2. [Электронный ресурс] / А.М. Матвеевко, А.И. Акимов, М.Г. Акопов, Н.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2004. — 752 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/791">http://e.lanbook.com/book/791</a> | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |
| 2 | Основная литература       | Нестеров, В.А. Проектирование установок ракетного вооружения летательных аппаратов. [Электронный ресурс] / В.А. Нестеров, М.Ю. Куприков, Л... Маркин. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2008. — 288 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/747">http://e.lanbook.com/book/747</a>   | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий                     | № ауд.  | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий   |
|---------------------------------|---------|--|
| Практические занятия и семинары | 105 (2) | Испытательные стенды и образцы для испытаний. При изучении курса используется кинофильм "Система автоматизированного проектирования ЛА", 36 мм, 3 части, черно-белый, (кафедра, ДСП). Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. В учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний |
| Лекции                          | 105 (2) | Испытательные стенды и образцы для испытаний. При изучении курса используется кинофильм "Система автоматизированного проектирования ЛА", 36 мм, 3 части, черно-белый, (кафедра, ДСП). Слайды по прочностным испытаниям конструкций и их узлов. Плакаты и схемы по устойчивости оболочек. В учебно-производственной лаборатории кафедры изготавливаются образцы стержней и оболочек для испытаний |