

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШНПТ
А.Н.Яковлев
« 30 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Система обеспечения прочности космических летательных аппаратов

Направление подготовки/ специальность	15.04.01 Машиностроение		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Технологии космического материаловедения		
Специализация	Технологии космического материаловедения		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	-	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	32	
Самостоятельная работа, ч		78	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Зачет	Обеспечивающее подразделение	ОМ
---------------------------------	-------	---------------------------------	----

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры		Клименов В.А.
Руководитель ООП		Мартюшев Н.В.
Преподаватель		Ефременков Е.А.

2020г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК(У)-2.В1	Владеет идеологией управления жизненным циклом машиностроительной продукции и ее качеством
		УК(У)-2.У1	Уметь применять методы управления жизненным циклом машиностроительной продукции и ее качеством
		УК(У)-2.З1	Знает жизненный цикл изделий машиностроительных производств
		УК(У)-2.В2	Владеет опытом выбора способов продления ресурса быстроизнашивающихся деталей машин на всех этапах их жизненного цикла
		УК(У)-2.У2	Уметь выбирать способы продления ресурса быстроизнашивающихся деталей машин на всех этапах их жизненного цикла
		УК(У)-2.З2	Знать основные положения трибологии
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК(У)-2.В1	Владеть навыками построения моделей и решения конкретных задач в области машиностроительных производств, их конструкторско-технологического обеспечения
		ОПК(У)-2.В2	Владеть навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ
		ОПК(У)-2.В3	Владеть навыком использования методов компьютерного моделирования машиностроительных производств, математических и кинематических моделей
		ОПК(У)-2.У1	Уметь применять физико-математические методы при моделировании задач в области машиностроительных производств и их конструкторско-технологического обеспечения
		ОПК(У)-2.У2	Уметь использовать пакеты прикладных программ и компьютерной графики, при решении инженерных и исследовательских задач
		ОПК(У)-2.У3	Уметь применять методы компьютерного моделирования машиностроительных производств, математические и кинематические модели
		ОПК(У)-2.З1	Знать современные физико-математические методы, применяемые в инженерной и исследовательской практике
		ОПК(У)-2.З2	Знать пакеты прикладных программ и компьютерной графики
		ОПК(У)-2.З3	Знать методы компьютерного моделирования машиностроительных производств, математические и имитационные модели
		ОПК(У)-2.З5	Знать методы построения моделей и идентификации исследуемых процессов, явлений и объектов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части, междисциплинарному профессиональному модулю учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания анализа конструкций космических летательных аппаратов	УК(У)-2
РД2	Выполнять инженерные проектировочные и проверочные расчеты основных элементов конструкции корпуса летательных аппаратов с использованием вычислительной техники (в том числе - составления программ компьютерных расчетов)	ОПК(У)-2, УК(У)-2

РДЗ	Знать специальную литературу и другие информационные источники для решения задач по определению напряженно-деформированного состояния и оценки устойчивости этих элементов; методы прочностных расчетов, связанных с проектированием, изготовлением и испытаниями ракетной техники;	ОПК(У)-2
РД4	Решать задачи по определению нагрузок на летательных аппаратах (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	ОПК(У)-2, УК(У)-2

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. <i>Основные этапы и задачи обеспечения прочности при разработке конструкции летательного аппарата</i>	РД-1 РД-3	Лекции	4
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	19
Раздел (модуль) 2 <i>Расчеты на прочность элементов конструкции ГЧ</i>	РД-2	Лекции	4
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	19
Раздел (модуль) 3 <i>Прочностной расчет топливного отсека</i>	РД-3, РД-4	Лекции	4
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	19
Раздел (модуль) 4 <i>Статические и динамические испытания конструкций ЛА</i>	РД-2, РД-4	Лекции	4
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	21

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные этапы и задачи обеспечения прочности при разработке конструкции летательного аппарата

Расчетные случаи для ЛА. Основные и проверочные. Активный участок. Конечный участок. Определение действующих нагрузок. Построение эпюр. Расчет на прочность конструкций. Расчеты на устойчивость. Устойчивость оболочек. Общая и местная потеря устойчивости. Устойчивость оболочки при осевом сжатии. Влияние наддува, изгиба и пластических деформаций на устойчивость. Устойчивость оболочки при внешнем давлении. Влияние длины оболочки и способов закрепления торцов на величину критического давления.

Темы лекций:

1. Расчетные случаи для ЛА. Основные и проверочные. Активный участок. Конечный

- участок. Определение действующих нагрузок. Построение эпюр
2. Расчет на прочность конструкций по методу разрушающих нагрузок. Расчеты на устойчивость.

Названия лабораторных работ

1. Расчетные случаи для ЛА. Определение действующих нагрузок
2. Устойчивость гладких пластин и оболочек

Раздел 2. Расчеты на прочность элементов конструкции ГЧ

Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность. Расчеты элементов конструкции ГЧ на устойчивость.

Темы лекций:

1. Устойчивость вафельных оболочек при осевом сжатии, внешнем давлении. Оценка оптимальности параметров подкрепления.
2. Расчеты элементов конструкции ГЧ на прочность и устойчивость

Названия лабораторных работ:

1. Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.).
2. Выбор давления наддува. Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы, ВАД

Раздел 3. Прочностной расчет топливного отсека.

Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека (гладкий, шпангоутный и др.). Выбор давления наддува. Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы. Оценка прочности КС жидкого ракетного двигателя. Расчет свободно вложенного и скрепленного зарядов на прочность

Темы лекций:

1. Расчеты на прочность и устойчивость топливного отсека.
2. Прочностные расчеты трубопроводов, тоннельной трубы.

Названия лабораторных работ:

1. Оценка прочности ЖРД и РДТТ.

Раздел 4. Статические и динамические испытания конструкций ЛА

Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков. Расчет на прочность и устойчивость рам двигательных установок. Статические и динамические прочностные испытания конструкций летательных аппаратов. Оценка ресурса элементов конструкций летательных аппаратов.

Темы лекций:

1. Расчет на прочность и устойчивость сухих отсеков. Расчет на прочность и устойчивость рам двигательных установок.
2. Статические и динамические прочностные испытания конструкций летательных аппаратов

Названия лабораторных работ:

1. Расчет на прочность и устойчивость подкрепленных оболочек.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена

в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования : учебник / М. В. Добровольский. - 3-е изд., доп. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. - 461 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/106355> (дата обращения: 20.05.2020) - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный.
2. Минашин, А. Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги : учебное пособие : в 2 частях / А. Г. Минашин, Б. Б. Петрикевич ; под редакцией Б. Б. Петрикевича. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. - Часть 2 - 2014. - 45 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/62055> (дата обращения: 20.05.2020) - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный.
3. Паначев, И. А. Основы теории упругости и пластичности : учебно-методическое пособие / И. А. Паначев, И. В. Кузнецов, А. В. Покатилов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 107 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105416> (дата обращения: 20.05.2020) - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный
4. Моделирование статики и динамики оболочечных конструкций из композиционных материалов / В. О. Каледин, С. М. Аульченко, А. Б. Миткевич, Е. В. Решетникова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 196 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59702> (дата обращения: 20.05.2020) - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный.

Дополнительная литература:

1. Карпов, В. В. Прочность и устойчивость подкрепленных оболочек вращения : учебное пособие : в 2 частях / В. В. Карпов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Часть 1 : Модели и алгоритмы исследования прочности и устойчивости подкрепленных оболочек вращения — 2010. — 288 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59596> (дата обращения: 20.05.2020) - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный
2. Карпов, В. В. Прочность и устойчивость подкрепленных оболочек вращения : учебное пособие : в 2 частях / В. В. Карпов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Часть 2 : Вычислительный эксперимент при статическом механическом воздействии — 2011. — 248 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59626> (дата

обращения: 20.05.2020) - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный.

3. Чиченев, Н. А. Эксплуатация технологических машин : учебник / Н. А. Чиченев. - Москва : МИСИС, 2014. - 324 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/116897> (дата обращения: 20.05.2020) - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный.
4. Прикладная механика сплошных сред : учебник для втузов. Т. 3 : Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов / А. В. Бабкин, В. И. Колпаков, В. Н. Охитин, В. В. Селиванов ; науч. ред. В. В. Селиванов. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <https://www.lib.tpu.ru/html/full-text-db>
2. <https://elibrary.ru/>
3. <https://www.scopus.com/home.url>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Acrobat Reader DC and Runtime Software Distribution Agreement; SOLIDWORKS 2020-2021 Education Network; Mozilla Public License 2.0;
2. Mathcad Prime 6.0 Academic Floating

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 102Б	Виброизмерительный комплекс К-5101 - 1 шт.; Вибростенд ВУ-15 - 1 шт.; Система управления автоматизированным триботехническим комплексом АК-1 с программным обеспечением - 1 шт.; Анализатор вибрации "КВАРЦ" - 4 шт.; Система управления и сбора данных - 1 шт.; Комплекс вибродиагностический - 3 шт.; Блок расширительный на 8 каналов измерений - 1 шт.; Виброизмерительный комплекс переносной - 1 шт.; Триботестер АТК-3 - 1 шт.; Инкрементальный энкодер с высоким разрешением DFS60 - 1 шт.; Тензометрический измерительно-вычислительный комплекс - 1 шт.; Лаборатория прототипирования роботов - 1 шт.; Стенд учебный - 12 шт.; Прибор виброизмерительный "АГАТ-М" - 5 шт.; Автоматизированный триботехнический комплекс - 1 шт.; Экспериментальный стенд системы позиционирования для трекового детектора - 1 шт.; Универсальный балансировочный станок с горизонтальной осью вращения, зарезонансного типа ВМ-050 - 1 шт.; Система управления автоматизированными техническими системами в режиме реального времени - 1 шт.; Преобразователь линейного перемещения ЛИР-7 - 1 шт.; Электронный коммутирующий блок МС-16 - 1 шт.; Автоматизированный стационарный комплекс для измерения и контроля параметров роторных агрегатов Рубин-М1 - 1 шт.; Балансировочный станок ВМ-010 - 1 шт.; Система автоматической настройки инструмента с измерительным датчиком Blum для станка с параллельной кинематикой Metrom P1000 - 1 шт.; Триботехнический испытательный комплекс - 1 шт.; Анализатор вибрации "ОНИКС" - 6 шт.; Автоматический комплекс пробоподготовки - 1 шт.; Система управления шестью шаговыми двигателями

		МЮИ-6 с программным обеспечением - 1 шт.; Стенд входного контроля подшпикиров качения "СП-180М" - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Шкаф для одежды - 3 шт.; Шкаф для документов - 4 шт.; Тумба стационарная - 6 шт.; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. WinDjView; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 304	Комплект учебной мебели на 60 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.; Телевизор - 2 шт. ownCloud Desktop Client; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 222	Оптиметр - 3 шт.; Микроскоп ММУ-3 - 1 шт.; Нутромер индикаторный НИ 50-160 0,01 КЛБ - 1 шт.; Нутромер индикаторный НИ 35-50 - 1 шт.; Микрометр МКЦ 25 0,001 - 1 шт.; Штангенциркуль ШЦ-1-150 0,1 - 1 шт.; Индикатор ИРТ 0-0,8 0,01 ЧИЗ - 1 шт.; Микрометр МК 125-150 - 1 шт.; Штангенциркуль ШЦ-1-150 0,02 - 2 шт.; Учебно-измерительная лаборатория (Координатно-измерительная машина (КИМ) Соогсі3 ЕО\$) - 1 шт.; Делительная головка - 1 шт.; Микроскоп УИМ-21 - 1 шт.; Микрометр МК 100-125 - 1 шт.; Микроскоп МИМ-8 - 1 шт.; Твердомер 4382 - 1 шт.; Штангенциркуль ШЦ-1-250 0,05 - 1 шт.; Штангенциркуль ШЦ-2-320 0,05 гл.б. 60мм КЛБ - 1 шт.; Учебно-научная измерительная лаборатория (Настольный твердомер (с аналоговой индикацией) без нагружающего устройства) - 1 шт.; Микроскоп ММИ-2 - 1 шт.; Большой проект БП-1026 - 1 шт.; Микром МСИ - 1 шт.; Головка делительная - 2 шт.; Микроскоп БМИ - 2 шт.; Микроскоп - 1 шт.; Микрометр МК 0-25 - 15 шт.; Штангенциркуль ШЦК-150 - 1 шт.; Микроскоп МИМ-8М - 1 шт.; Микроскоп БИМ-1 - 1 шт.; Микрометр МК 25-50 - 10 шт.; Индикатор час.типа 0-10 0,01 б/ушк КЛБ кл.1 - 8 шт.; Нутромер индикаторный НИ 6-10 - 1 шт.; Микром МПИ - 1 шт.; Микроскоп МИС-1 - 1 шт.; Твердомер ТП - 1 шт.; Нутромер индикаторный НИ 50-100 0,01 КЛБ - 1 шт.; Микрометр МК 50-75 - 1 шт.; Нутромер Митутоя - 1 шт.; Индикатор час.типа 0-10 0,01 б/ушк КЛБ кл.0 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 26 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Компьютер - 3 шт. Zoom Zoom; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 210/6	Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Компьютер - 10 шт. WinDjView; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Dassault Systemes SOLIDWORKS 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Lazarus; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Visual Studio 2019 Community; Mozilla Firefox ESR; PSF Python 3; PTC Mathcad 15 Academic Floating; Tracker Software PDF-XChange Viewer

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 15.04.01 Машиностроение, профиль «Технологии космического материаловедения», специализация «Технологии космического материаловедения» (приема 2020 г., очная форма обучения)

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Доцент ОМ		Ефременков Е.А.
Доцент ОМ		Сорокова С.Н.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения материаловедения (протокол от «29» июня 2020 г. №35).

Руководитель выпускающего отделения материаловедения,
д.т.н, профессор

 /Клименов В.А./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения материаловедения (протокол)