### ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ: Директор института Политехнический институт

Заектронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота (Ожно-Уральского государственного университета СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП Кому выдан: Ваулин С. Д. Пользователь: vaulinsd (Дата подписания Z 709 2021

С. Д. Ваулин

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины П.1.В.06.03 Прочность и долговечность высоконагруженных конструкций для направления 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника уровень аспирант тип программы направленность программы форма обучения очная кафедра-разработчик Техническая механика

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, утверждённым приказом Минобрнауки от 29.07.2014 № 890

Зав.кафедрой разработчика, к.техн.н., доц.

Разработчик программы, д.техн.н., проф., профессор

Эаектронный документ, подписанный ПЭП, хранитея в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета СВДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП Кому выдан: Тараненно П. А. Пользователь: taranethopa Цата подписанных 26 од 2021

П. А. Тараненко

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборога (Южно-Уральского госулиретвенного университета СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП Кому выдан: Черивяский А. О. Пользователь: chemiavskiaso

А. О. Чернявский

#### 1. Цели и задачи дисциплины

Цель - изучение способов учета требований прочности, безотказности и безопасности при проектировании высоконагруженных конструкций

#### Краткое содержание дисциплины

Курс включает постановки задач прочности, безотказности и безопасности; методы расчета напряжений и деформаций в элементах конструкций, подвергающихся интенсивным механическим нагрузкам и тепловым воздействиям; методики оценки прочности и безопасности с учетом результатов этих расчетов.

# 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения<br>ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)   |
|--|--|
| ПК-6.2 способностью создавать новые поколения машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов, обладающих качественно новыми функциональными свойствами                               | Знать: Уметь: оценивать прочность машин и аппаратов на стадии проектирования Владеть:  |
| ПК-6.4 способностью обеспечивать эффективность, надежность и безопасность машин, приборов и аппаратуры на всех стадиях жизненного цикла  | Знать: Уметь: оценивать эффективность, надежность и безопасность машин, приборов и аппаратуры расчетным путем Владеть:             |
|  | Знать: существующие инструментальные средства проектирования (CAE) и теоретическую основу используемых ими методов Уметь: Владеть: |
| ПК-6.3 способностью совершенствовать существующие машины, приборы, аппаратуру и технологии, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками, меньшей материало- и энергоемкостью | Знать: современные возможности и технологии оптимизации конструкций на стадии проектирования Уметь: Владеть:                       |

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, | Перечень последующих дисциплин, |
|------------------------------------|---------------------------------|
| видов работ учебного плана         | видов работ                     |
| Нет                                | Не предусмотрены                |

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

Нет

### 4. Объём и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах  Номер семестра  2 |
|--|-------------|---|
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 108         | 108   |
| Аудиторные занятия:  | 40          | 40  |
| Лекции (Л)   | 40          | 40  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 0           | 0   |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 0           | 0   |
| Самостоятельная работа (СРС)   | 68          | 68  |
| Подготовка к экзамену, решение экзаменационной<br>задачи                   | 18          | 18  |
| Освоение излагаемых в курсе методов расчета                                | 50          | 50  |
| Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                         | -           | экзамен   |

## 5. Содержание дисциплины

| No      | Наименование разделов дисциплины  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|---------|---|---|---|----|----|
| раздела | -   | Всего                                     | Л | П3 | ЛР |
| 1       | Постановки задач обеспечения прочности, безотказности, безопасности       | 2   | 2 | 0  | 0  |
| 2       | Свойства и математические модели материалов                               | 6   | 6 | 0  | 0  |
| 3       | Критерии разрушения. Кинетика разрушения                                  | 6   | 6 | 0  | 0  |
| 4       | Методы и программные средства расчета кинетики деформирования             | 8   | 8 | 0  | 0  |
| 5       | Оценка накопления повреждений и перемещений.<br>Прочность и долговечность | 4   | 4 | 0  | 0  |
| 1 6     | Методы и программные средства расчетов кинетики разрушения                | 6   | 6 | 0  | 0  |
| 7       | Нормативные документы по прочности теплонапряженных конструкций           | 4   | 4 | 0  | 0  |
| 8       | Технологии оптимизации  | 4   | 4 | 0  | 0  |

## **5.1.** Лекции

| №<br>лекции | №<br>раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия   | Кол-<br>во<br>часов |
|-------------|--------------|---|---------------------|
| 1           | 1            | Постановки задач обеспечения прочности, безотказности, безопасности   | 2                   |
| 2-3         | <i>'</i>     | Модели металлических материалов. Учет неизотермических эффектов, циклического упрочнения/разупрочнения, ползучести.                                       | 4                   |
| 4           | 2            | Модели неметаллических материалов. Учет рассеянного разрушения  | 2                   |
| 5-7         | 3            | Критерии зарождения и развития трещин. Кинетика трещин при однократном нагружении (включая динамическое распространение трещин) и циклическом нагружении. | 6                   |
| 8-9         | 4            | МКЭ. Особенности решения нелинейных задач. Повторно-переменное и  | 4                   |

|       |   | циклическое нагружение.  |   |
|-------|---|--|---|
| 10    | 4 | МКЭ. Динамические задачи.  | 2 |
| 11    | 4 | МКЭ. Взаимодействие твердого тела с потоком жидкости или газа.   | 2 |
| 12-13 | 5 | Оценка накопления повреждений и перемещений. Прочность и долговечность   | 4 |
| 14-15 | 6 | Моделирование развития трещин при однократном и циклическом нагружении   | 4 |
| 16    | 6 | Моделирование разрушения (развития трещин)в МКЭ: расчетные технологии  | 2 |
| 17-18 | 7 | Нормативные документы по прочности теплонапряженных конструкций  | 4 |
| 19-20 | 8 | Технологии оптимизации конструкций при расчетах МКЭ. Теоретические основы. Использование встроенных (ANSYS) и внешних (LS-OPT. pSeven) оптимизаторов | 4 |

### 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

### 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 |
| Освоение методов расчетов кинетики деформирования и разрушения конструкций | ANSYS 17.2 user's manual. LS-DYNA manual.                   | 50           |
| Решение экзаменационной задачи   | Литература предыдущих разделов, Нормы расчета на прочность. | 18           |

# 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

| Инновационные формы<br>учебных занятий | Вид<br>работы<br>(Л, ПЗ,<br>ЛР) | Краткое описание   | Кол-во<br>ауд.<br>часов |
|--|---------------------------------|--|-------------------------|
| Интерактивные лекции                   | Лекции                          | Содержание лекций в определенной мере корректируется с учетом задач, решаемых аспирантами в ходе их научной работы | 36                      |

# Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: Используются результаты исследовательских работ

сотрудников кафедры, опубликованные в журналах "Атомная энергия", "Проблемы машиностроения и надежности машин" в 2011-2016 г.

# 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) | №№<br>заданий |
|----------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| Все разделы                      | ПК-6.1 способностью создавать научную основу и инструментальные средства проектирования новых поколений машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов                               | экзамен                        | 1-5           |
| Все разделы                      | ПК-6.2 способностью создавать новые поколения машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов, обладающих качественно новыми функциональными свойствами                               | экзамен                        | 1-5           |
| Все разделы                      | ПК-6.3 способностью совершенствовать существующие машины, приборы, аппаратуру и технологии, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками, меньшей материало- и энергоемкостью | экзамен                        | 1-5           |
| Все разделы                      | ПК-6.4 способностью обеспечивать эффективность, надежность и безопасность машин, приборов и аппаратуры на всех стадиях жизненного цикла  | экзамен                        | 1-5           |

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

| Вид      | Процедуры проведения                              | V питарии опанирания  |  |
|----------|---|---|--|
| контроля | и оценивания                                      | Критерии оценивания   |  |
| экзамен  | Защита самостоятельно выполненного решения задачи | Отлично: Задача решена корректно, корректность доказана Хорошо: Задача решена корректно, но корректность доказана не в полной мере Удовлетворительно: Выбран подходящий метод решения задачи, но задача не решена или решена не полностью Неудовлетворительно: Выбранный метод решения не соответствует задаче, не отражает существенные особенности деформирования конструкции, не пригоден для оценки прочности и долговечности |  |

### 7.3. Типовые контрольные задания

| Вид<br>контроля | Типовые контрольные задания  |
|-----------------|--|
| экзамен         | Задачи формируются с учетом тематики научной работы аспирантов. Примеры: 1) расчет температур и тепловых напряжений при аэродинамическом нагреве; 2) расчет разрушения (развития трещины) в элементе конструкции при механическом или тепловом нагружении; 3) расчет напряжений и деформаций при падении конструкции на твердую поверхность (грунт); 4) расчет напряжений и деформаций при падении конструкции в воду; 5) расчет развития трещины в трубопроводе, заполненном жидкостью под давлением. |

#### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Печатная учебно-методическая документация

- а) основная литература:
  - 1. Гохфельд, Д. А. Пластичность и ползучесть элементов конструкций при повторных нагружениях. М.: Машиностроение, 1984. 256 с. ил.
- б) дополнительная литература:
  - 1. Чернявский, А. О. Прочность графитовых материалов и конструкций при малоцикловом нагружении Челяб. гос. техн. ун-т. Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1997. 145,[2] с. ил.
  - 2. Чернявский, А. О. Сетки трещин в конструкциях и природных объектах Текст А. О. Чернявский ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. Челябинск: Машиностроение : Издательский центр ЮУрГУ, 2010. 102, [1] с. ил.
  - 3. Чернявский, О. Ф. Прогрессирующее коробление высокотемпературного оборудования ЧГТУ. Препр. Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1996. 17,[3] с. ил.
- в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:
- г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:
  - 1. А.В.Абрамов, М.М.Гаденин, Н.А.Махутов, С.В.Европин, А.О.Чернявский, О.Ф.Чернявский Малоцикловое деформирование и разрушение конструкций

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. А.В.Абрамов, М.М.Гаденин, Н.А.Махутов, С.В.Европин, А.О.Чернявский, О.Ф.Чернявский Малоцикловое деформирование и разрушение конструкций

### Электронная учебно-методическая документация

Нет

# 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

- 1. PTC-MathCAD(бессрочно)
- 2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид<br>занятий | <b>№</b><br>ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|----------------|------------------|--|
| Лекции         | 334<br>(2)       | компьютерный класс с доступом к ресурсам СКЦ ЮУрГУ, проектор, экран  |