

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМаш РАН)


«УТВЕРЖДАЮ»

Одобрено на Ученом совете

Протокол № 2/20

«25» февраля 2020 г.

Врио директора ИПМаш РАН, д.т.н.

 Достянский

2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ
КОНСТРУКЦИЙ»

Направление подготовки
01.06.01 «МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА»

Направленность (профиль) программы:
01.02.04 «МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА» и
01.02.06 «ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ»

РПД разработал:
Профессор, д.т.н. С.В. Петинов

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения:
очная

Санкт-Петербург
2020

АННОТАЦИЯ

Дисциплина **«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ»** реализуется в рамках **Блока 1** основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН) для аспирантов очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 – «Математика и механика» направленности (профилю) 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела» и 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Рабочая программа разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 01.06.01 – «Математика и механика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 866, зарегистрированного в Минюсте Российской Федерации 25 августа 2014 года № 33837, с изменениями и дополнениями от 30 апреля 2015 года и учебным планом программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 01.06.01 «Математика и механика», направленность (профиль) программы: 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» и 01.02.06 «Динамика открытых систем с переменными инерционными параметрами».

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 2 зачетные единицы (72 часа), из них лекций – 28 часов, практических (семинарских) занятий – 0 часов, лабораторных занятий – 0 часов, самостоятельной работы – 44 часа. Текущая аттестация проводится в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой. Промежуточная аттестация осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме зачета. Экзамен проводится в 5 семестре.

Дисциплина реализуется на втором и третьем курсе, продолжительность обучения – 2 семестра.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс лекций «Эксплуатационная прочность и надежность конструкций» адресован аспирантам ИПМаш РАН специальностей «Динамика и прочность машин», «Механика деформируемого твердого тела» 2-3 годов обучения (4-5 семестр), желающим познакомиться с методическими основами проектирования конструкций на заданный ресурс, оценки технического состояния конструкций в условиях эксплуатации с учетом действия ведущих механизмов деградации материала и соединений компонентов конструкции.

Дисциплина призвана дать слушателям представление о методических основах проектирования конструкций на заданный ресурс, определения технического состояния конструкций (мостов, судов, морских сооружений, транспортных средств, трубопроводов и т.п.), находящихся в эксплуатации, оценки остаточного ресурса и обеспечения целесообразной надежности конструкций.

Эксплуатационная прочность и надежность - выделение из понятия «надежность технического объекта» организационных и технических мероприятий, которые реализуются в эксплуатации, после постройки технического объекта. Фундаментальные показатели надежности закладываются при проектировании, изготовлении и затем реализуются в последующей части жизненного цикла объекта. Важными компонентами обеспечения эксплуатационной надежности являются организация надзорной деятельности, своевременное и целесообразное восстановление поврежденных элементов конструкций. Эти компоненты, как и проектирование, нуждаются в соответствующей технической поддержке.

Курс лекций подготовлен в соответствии с развитием практических требований организации и технической поддержки мероприятий по обеспечению надежности конструкций на протяжении жизненного цикла. При его разработке учтен опыт исследовательских работ, преподавания сходных дисциплин в СПбМТУ, СПбГПУ, в ряде университетов Европы и США, методические и нормативные документы для этой области инженерной деятельности (IACS, EUROCODE, документы Международного института сварки IIW, и др.).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина

Дисциплина «Эксплуатационная прочность и надежность конструкций» входит в вариативную часть ОПОП по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям, реализуемым ИПМаш РАН.

2.2. Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в области математики и механики, сформированные у обучающихся в процессе освоения программы аспирантуры.

2.3. Дисциплина «Эксплуатационная прочность и надежность конструкций» служит основой для написания выпускной квалификационной работы, а также для осуществления дальнейшей профессиональной деятельности.

2.4. Дисциплина изучается в пределах 4-5 семестров работы аспирантов. В структуре программы дисциплины «Эксплуатационная прочность и надежность конструкций» общетеоретические положения сочетаются со сведениями экспериментального характера. Последние являются компонентами базы данных и норм расчетов ресурса и прочности конструкций на протяжении жизненного цикла.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Эксплуатационная прочность и надежность конструкций», направлено на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлениям подготовки, реализуемым ИПМаш РАН.

3.1. Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

3.3. Профессиональные компетенции:

- Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень; владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ПК-1);
- Самостоятельно овладевать новыми методами исследования в условиях изменения научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и компетенций; критически оценивать свои достоинства и недостатки (ПК-2);
- Самостоятельно приобретать с помощью информационных и телекоммуникационных технологий и использовать в практической деятельности новые

знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ПК-3);

- Выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии (ПК-4);

- Знать основные методы расчетов ресурса конструкций при проектировании, в условиях эксплуатации, при восстановлении, с учетом накопления и развития повреждений согласно правилам EUROCODE и стандартам (ПК-5);

- Владеть принципами и критериями оценки прочности и ресурса конструкций по признакам накопления и развития повреждений на всех этапах жизненного цикла; навыками расчетов аналитическими и численными методами ресурса и прочности элементов конструкций в эксплуатационных условиях (ПК-6);

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Эксплуатационная прочность и надежность конструкций» осваивается в 4-м и 5-м семестрах. Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану на четвертый и пятый семестры. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е. (72 часа).

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

<i>Виды учебной работы</i>	<i>Трудоемкость, а.ч.</i>
<i>Лекции (Л)</i>	<i>18</i>
<i>Самостоятельная работа слушателей (СРС)</i>	<i>36</i>
<i>Зачеты (подготовка, сдача)</i>	<i>18</i>
<i>Общая трудоемкость освоения дисциплины, а.ч.</i>	<i>72</i>

Разделы дисциплины	Л, а/ч	СРС, а/ч
1. Введение. Компоненты эксплуатационной прочности и надежности. Понятие ресурса и остаточной прочности конструкций. Природа и механизмы повреждения и разрушения конструкций. Исторические повреждения (зависящие от истории нагружения или времени воздействия внешних факторов: усталость, коррозия и совместное действие усталости и коррозии) и повреждения при однократных перегрузках.	2	4

2. Внешние воздействия на конструкции сооружений. Элементы теории вероятностей. Случайные величины и распределения случайных величин. Статистические характеристики последовательности случайных величин и случайных процессов. Вероятностные меры для характеристики внешних воздействий	2	4
3. Стационарные случайные процессы. Оценка частной реализации для определения статистик. Автокорреляционная функция процесса. Понятие о спектральном анализе процессов.	2	4
4. Внешние воздействия на конструкции сооружений. Спектральный метод статистической динамики. Спектры функциональных и ветровых нагрузок сооружений. Типовые энергетические спектры нагрузок	2	4
5. Преобразование внешнего воздействия линейной динамической инерционной системой. Передаточные функции системы для динамических реакций. Теорема Винера-Хинчина. Статистические характеристики напряжений в компонентах и узлах конструкций	2	4
6. Долговременные распределения внешних воздействий для конструкций сооружений. Оценка экстремальных значений динамических реакций (напряжений) и их использование в расчетах конструкций. Учет эксплуатационных повреждений в оценках остаточной прочности	2	4
7. Механизмы «исторических» повреждений металлических материалов и сварных конструкций сооружений. Усталость конструкционных материалов. Критерии разрушения при циклическом нагружении (деформировании). Расчетные кривые усталости. Расчеты усталости конструкций по правилам IIW и EUROCODE. Проблема идентичности повреждения в системе «образец – конструкция». Совместное действие коррозии и усталости	4	8
8. Оценки повреждений материала при случайном нагружении и расчеты усталости узлов сварных конструкций при проектировании и в условиях эксплуатации. Оценка остаточного ресурса с учетом усталости	2	4
Общая трудоемкость освоения: а/ч	18	36

4.2. Самостоятельная работа аспиранта

Самостоятельная работа слушателя предполагается как работа с лекционным материалом, специальной литературой. Для консультаций слушателей у преподавателя предусматривается факультативное время за пределами основной сетки занятий.

Самостоятельная работа аспирантов направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала и развитие практических умений. Традиционная самостоятельная работа аспирантов включает такие виды самостоятельной работы, как

- работа с лекционным материалом и рекомендованной учебной литературой;
- выполнение домашних заданий.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа аспирантов направлена на развитие комплекса интеллектуальных универсальных (общекультурных) и профессиональных умений, повышение творческого потенциала аспирантов.

<i>Вид самостоятельной работы</i>
<i>Текущая СРС</i>
<i>работа с лекционным материалом, с учебной литературой</i>
<i>опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)</i>
<i>самостоятельное изучение разделов дисциплины</i>
<i>подготовка к зачету</i>
<i>Творческая проблемно-ориентированная СРС</i>
<i>поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме</i>
<i>исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах -</i>
<i>анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных</i>

4.3. Итоговый контроль

Итоговый контроль осуществляется в конце 5 семестра на зачете в форме собеседования преподавателя со слушателем, обсуждения материала разделов курса. Положительные результаты этих собеседований служат основанием для зачета.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины используются преимущественно традиционные образовательные технологии:

- лекции по теоретическому материалу + лекции-презентации;
- самостоятельная работа с рекомендованной учебной и научной литературой.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Адрес сайта курса

<http://springernature.com/In-Service Reliability of Materials and Structures>

6.2. Рекомендуемая литература

1. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. М.: «Машиностроение», 1990. 448 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Высшая школа, 2000. 480 с. ISBN 5-06-00383-0

3. Механика разрушения и прочность материалов. Справочное пособие в 4 т. Под ред. В.В.Панасюка. Киев: «Наукова думка», 1988. ISBN 5-12-0003001-1
4. Petinov S.V. In-Service Strength and Reliability Assessment of Structures. Springer, 2018. ISBN 978-3-319-89317-4
5. Петерсон Р.Е. Коэффициенты концентрации напряжений. М., Мир, 1977. 302 с.
6. Трощенко В.Т., Сосновский Л.А. Сопротивление усталости металлов и сплавов. Справочник: в 2 т.. Киев: «Наукова думка», 1987
7. Niemi E., Fricke W., Maddox S.J. Structural Hot-spot Stress Approach to Fatigue Analysis of Welded Components. Designers' Guide. Int. Institute of Welding, IIW–Doc. XIII–WG3–31r1–14 Cambridge. Abington. 2015. P.49
8. EUROCODE 3: Design of Steel Structures. Part 1-9: Fatigue. BS EN 1993-1-9: 2014. P. 36
9. Glinka, G. A Cumulative Model of Fatigue Crack Growth. «International Journal of Fatigue», 1982, April, pp.59-67
10. Imran, M., Siddique, S., Guchinsky, R.V., Petinov, S.V. and Walther, F. Comparison of fatigue life assessment by analytical, experimental and damage accumulation modeling approach for steel SAE 1045 // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 2016, pp.1-29
11. Guchinsky R.V., Petinov S.V. Fatigue Assessment of Structures based on the Damage Accumulation Principle. XLVI International Summer School-Conference APM-2018, June 25-30, 2018. Book of Abstracts, P.74. St.Petersburg

6.3. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рекомендуется преподнести основной объем базовых знаний на лекциях, а указанную литературу использовать для закрепления и расширения полученных знаний. Также рекомендуется больше внимания уделять самостоятельной работе аспирантов.

6.4. Технические средства обеспечения дисциплины

лекции-презентации в специализированной аудитории, стандартные компьютерные программы (МКЭ) для выполнения расчетных исследований (по выбору слушателей).

7. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ И ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

7.1. Критерии оценивания

Итоговый зачет по дисциплине.

7.2. Оценочные средства

Перечень вопросов к зачету в соответствии с разделами 1-7.