

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 15.09.2025 10:05:04  
Уникальный программный ключ:  
c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого совета

Высшей школы передовых производственных технологий

Протокол от 26.09.2025 г. № 1

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(фонд оценочных средств) для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине

«Современные методы исследования технологических машин и оборудования»

наименование дисциплины

по образовательной программе высшего образования – программе

магистратуры

бакалавриата, специалитета,  
магистратуры

«Инжиниринг технологических инноваций»

наименование образовательной программы

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

шифр, наименование направления подготовки / специальности

Составитель

Воловач В.И.,  
директор, Высшая школа передовых производственных технологий, д.т.н., доцент

ФИО, должность, структурное подразделение,  
ученая степень, ученое звание

Тольятти  
2025

## 1. Паспорт фонда оценочных средств (далее – ФОС)

### 1.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                       | Код и наименование индикаторов достижения компетенции                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-11          | Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании | ИОПК-11.1<br>Демонстрирует навыки стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов                                                                                              |
| ОПК-12          | Способен разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы                                            | ИОПК-12.1<br>Проводит сбор научно-технической информации по теме исследований и разработок<br>ИОПК-12.3<br>Определяет задачи исследований, видов исследований и методов их проведения и разрабатывает задания на проведение исследований |

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

#### **знать:**

- Нормативно-техническую базу, государственные и международные стандарты (ГОСТ, ISO, ASTM), регламентирующие методы проведения стандартных испытаний металлических и композиционных материалов.
- Физико-механические свойства и технологические показатели материалов, определяющие надежность, долговечность и работоспособность деталей технологических машин и оборудования.
- Принципы работы, устройство и метрологические характеристики современного испытательного оборудования (универсальных разрывных машин, коперов, твердомеров) и средств автоматизации измерений.
- Методологию планирования и построения программ стандартных испытаний материалов с учетом специфики режимов нагружения элементов технологических систем.
- Математические методы статистической обработки результатов механических испытаний, правила оценки погрешностей измерений и верификации экспериментальных данных.
- Методологические основы научного познания и современные тенденции развития экспериментально-исследовательской базы в области машиностроения.
- Физико-математические принципы функционирования диагностических и измерительных комплексов, применяемых для анализа динамики, кинематики и напряженно-деформированного состояния машин.
- Критерии оценки технического уровня, надежности, энергоэффективности и экологической безопасности технологического оборудования при проведении комплексных исследований.
- Требования государственных и международных стандартов к структуре, содержанию и правилам оформления отчетов о научно-исследовательской работе (ГОСТ 7.32), патентных документов и научных публикаций.
- Способы и каналы коммерциализации, защиты интеллектуальной собственности и представления результатов исследовательской деятельности на международном уровне.

#### **уметь:**

- Разрабатывать новые и адаптировать существующие методики стандартных испытаний для определения прочностных, пластических, вязких и усталостных свойств конструкционных материалов.
- Выбирать типы образцов, способы их вырезки, подготовки и базирования в зажимных устройствах испытательных стендов в соответствии с нормативными требованиями.
- Проводить комплексные стандартные испытания материалов на растяжение, сжатие,

изгиб, ударный изгиб, твердость и циклическую долговечность с фиксацией первичных диаграмм деформирования.

- Рассчитывать технологические показатели материалов (штампуемость, свариваемость, обрабатываемость резанием, жидкотекучесть) на основе данных лабораторных и опытно-промышленных тестов.

- Анализировать первичные протоколы испытаний, графические зависимости и диаграммы деформирования для выявления скрытых дефектов и аномалий в поведении материалов под нагрузкой.

- Навыками синтеза современных методов физического эксперимента, математического моделирования и виртуального тестирования при исследовании сложных технических систем.

- Опыт работы с программно-аппаратными комплексами сбора и экспресс-анализа многоканальной измерительной информации в реальном времени.

- Методологией многофакторного дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализа для оценки значимости исследуемых параметров технологических машин.

- Технологиями визуализации сложных графических зависимостей, построения карт распределения физических полей (термических, вибрационных, напряженно-деформированных).

- Практическими приемами публичного представления докладов, аргументированного ведения научной дискуссии и защиты разработанных технических решений.

#### **владеть:**

- Навыками самостоятельного проектирования комплекта технической документации (программ и методик испытаний, стандартов предприятия) для аттестации свойств материалов.

- Опыт настройки, калибровки и эксплуатации автоматизированных измерительных систем и датчиков (тензорезисторов, видеоэкстензометров, бесконтактных оптических систем).

- Методиками прецизионного расчета нормативных характеристик прочности (пределов текучести, прочности, длительной прочности) и пластичности по результатам натурных экспериментов.

- Технологиями компьютерной обработки массивов экспериментальных данных в специализированных программных пакетах для аппроксимации кривых деформирования.

- Способами нормативного оформления результатов испытаний в виде официальных протоколов, актов технического контроля и заключений о соответствии материалов заданным требованиям.

- Разрабатывать инновационные методики экспериментальных исследований узлов и агрегатов технологических машин, включая нестандартные режимы нагружения и экстремальные условия эксплуатации.

- Проектировать и модернизировать измерительные цепи, алгоритмы сбора данных и схемы размещения первичных преобразователей (датчиков) на исследуемых объектах.

- Оценивать достоверность, сходимости и воспроизводимость результатов теоретических исследований (включая конечно-элементное моделирование) и натурных экспериментов.

- Обобщать полученные массивы информации, выявлять причинно-следственные связи между конструктивными параметрами машин и их эксплуатационными характеристиками.

- Подготавливать аналитические обзоры, научно-технические отчеты, заявки на изобретения и презентационные материалы для защиты результатов перед заказчиком или научно-техническим советом.

## **1.2. Содержание дисциплины**

| № | Тема (раздел дисциплины)<br>(в соответствии с РПД)                                       | Код компетенции   |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1 | ТЕМА 1. Методологические основы организации исследований и нормативная база испытаний    | ОПК-11;<br>ОПК-12 |
| 2 | ТЕМА 2. Современные методы стандартных механических испытаний конструкционных материалов |                   |

|   |                                                                                           |  |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 3 | ТЕМА 3. Динамические, циклические и технологические испытания                             |  |
| 4 | ТЕМА 4. Тензометрический метод исследования напряженно-деформированного состояния         |  |
| 5 | ТЕМА 5. Бесконтактные оптические методы анализа деформаций и напряжений                   |  |
| 6 | ТЕМА 6. Вибродиагностика и динамический анализ технологического оборудования              |  |
| 7 | ТЕМА 7. Виртуальное тестирование и конечно-элементный анализ конструкций                  |  |
| 8 | ТЕМА 8. Математическая обработка данных, оценка достоверности и представление результатов |  |

### 1.3. Система оценивания по дисциплине

Дисциплина изучается в течение одного семестра

Форма промежуточной аттестации – экзамен, КР

| Шкала оценки уровня сформированности компетенций |                       | Шкала оценки уровня освоения дисциплины |                                                  |
|--------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Уровневая шкала оценки компетенций               | 100 балльная шкала, % | 100 балльная шкала, %                   | 5-балльная шкала, дифференцированная оценка/балл |
| Допороговый                                      | ниже 61               | ниже 61                                 | неудовлетворительно                              |
| Пороговый                                        | 61-85,9               | 61-69,9                                 | удовлетворительно                                |
|                                                  |                       | 70-85,9                                 | хорошо                                           |
| Повышенный                                       | 86-100                | 86-100                                  | отлично                                          |

## 2. Перечень оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в ходе текущего контроля успеваемости (в процессе проведения практических занятий, тестирования, опросов).

В ходе проведения экзамена осуществляется итоговый контроль и оценка результатов освоения компетенций.

### Перечень вопросов к защите курсового проекта

1. Оценка циклической долговечности и построение кривых усталости элементов металлоконструкций технологических машин при многоцикловом нагружении.
2. Исследование распределения главных напряжений в зонах концентрации геометрических неоднородностей валов методами многоканальной тензометрии.
3. Исследование вибрационных характеристик и диагностика дефектов подшипниковых узлов роторного оборудования технологических машин.
4. Разработка виртуального стенда тестирования и конечно-элементный анализ прочности элементов гидравлического привода машин.
5. Статистический анализ и математическое моделирование влияния дефектов структуры материалов на показатели надежности деталей машин.

### Вопросы для подготовки к экзамену

| №                                                                                                                                                                                                            | Содержание вопроса                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-11 Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании</b> |                                                                                                                                                        |
| 1.                                                                                                                                                                                                           | Структура национального стандарта ГОСТ 1497: требования к геометрии, размерам и методам изготовления образцов для статических испытаний на растяжение. |
| 2.                                                                                                                                                                                                           | Международные стандарты ISO 6892 и ASTM E8: сравнительный анализ требований к фиксации скоростей деформирования при комнатной температуре.             |

|     |                                                                                                                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.  | Метрологическое обеспечение механических испытаний: классы точности испытательных машин и требования к поверке силоизмерительных систем.                      |
| 4.  | Конструктивные особенности и кинематические схемы современных универсальных испытательных машин с электромеханическим приводом.                               |
| 5.  | Сервогидравлические испытательные системы: принципы регулирования по нагрузке, перемещению траверсы и сигналу деформации с датчика.                           |
| 6.  | Определение модуля упругости (модуля Юнга) при статических испытаниях: нормативные требования к точности тензометрических датчиков (экстензометров).          |
| 7.  | Физический и условный ( $\sigma_{0.2}$ ) пределы текучести: методики графического и аналитического определения по первичной диаграмме деформирования.         |
| 8.  | Определение временного сопротивления (предела прочности) металлов. Различие между условным напряжением и истинным напряжением в момент разрушения.            |
| 9.  | Нормативные характеристики пластичности: расчет относительного удлинения после разрыва ( $\delta$ ) и относительного сужения ( $\psi$ ) по ГОСТ 1497.         |
| 10. | Методика аппроксимации упругопластического участка диаграммы деформирования по уравнению Холломона: физический смысл коэффициента деформационного упрочнения. |
| 11. | Статические испытания металлов на сжатие (ГОСТ 25.503): геометрия образцов, эффекты контактного трения на торцах и способы их минимизации.                    |
| 12. | Статические испытания на изгиб (ГОСТ 14019): схемы трехточечного и четырехточечного изгиба, расчет максимальных напряжений в крайних волокнах.                |
| 13. | Испытания на кручение (ГОСТ 3565): определение предела текучести при сдвиге и модуля сдвига, специфика распределения деформаций по сечению образца.           |
| 14. | Динамические испытания на ударный изгиб (ГОСТ 9454): типы надрезов (U, V, T), принцип работы маятникового копра и расчет затраченной энергии.                 |
| 15. | Физический смысл ударной вязкости (KCU, KCV). Порядок определения критической температуры хрупкости (серийные испытания).                                     |
| 16. | Методика оценки доли вязкой и хрупкой составляющих в изломах ударных образцов в соответствии с нормативной документацией.                                     |
| 17. | Стандарты на проведение испытаний на многоцикловую усталость (ГОСТ 25.502): типы образцов, базовое число циклов, построение кривых выносливости Велера.       |
| 18. | Особенности проведения испытаний на малоцикловую усталость в условиях жесткого и мягкого режимов нагружения.                                                  |
| 19. | Нормативные методы определения характеристик циклической трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении (ГОСТ 25.506).                     |
| 20. | Метод измерения твердости по Бринеллю (ГОСТ 9012): выбор диаметра шарика, нагрузки и времени выдержки в зависимости от группы материала.                      |
| 21. | Метод измерения твердости по Роквеллу (ГОСТ 9013): шкалы А, В, С, типы инденторов, процедура предварительного и основного нагружения.                         |
| 22. | Метод измерения твердости по Виккерсу (ГОСТ 2999): геометрия алмазной пирамиды, оптическое измерение диагоналей отпечатка, область применимости.              |
| 23. | Метод микротвердости по Виккерсу и Кнупу (ГОСТ 9450): исследование твердости отдельных фаз и тонких поверхностных слоев.                                      |
| 24. | Особенности проведения стандартных механических испытаний при высоких температурах (ГОСТ 9651): требования к температурной стабильности и защитным средам.    |
| 25. | Кратковременные и длительные (испытания на ползучесть и длительную прочность по ГОСТ 10145) термические испытания сплавов: определяемые характеристики.       |
| 26. | Методы механических испытаний материалов при криогенных температурах: способы охлаждения и фиксации деформации образца.                                       |
| 27. | Технологическая проба на штампуемость листового материала (метод Эриксона по ГОСТ 10510): параметры оценки способности к глубокой вытяжке.                    |
| 28. | Методы оценки технологических показателей свариваемости сталей: испытания на склонность к образованию горячих и холодных трещин в сварном шве.                |
| 29. | Технологические испытания труб (ГОСТ 8693, ГОСТ 8694, ГОСТ 8695): испытания на бортование, раздачу, сплющивание и загиб.                                      |
| 30. | Оценка обрабатываемости материалов резанием: стандартные критерии (стойкость инструмента, сила резания, шероховатость поверхности).                           |

|                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 31.                                                                                                                                                               | Стандартные методы испытаний материалов на абразивное изнашивание (ГОСТ 23.208) и трение скольжения.                                         |
| 32.                                                                                                                                                               | Особенности стандартных испытаний композиционных материалов: специфика вырезки образцов, анизотропия свойств и схемы нагружения.             |
| 33.                                                                                                                                                               | Нормативные требования к калибровке тензодатчиков и систем автоматического сбора данных в испытательных комплексах.                          |
| 34.                                                                                                                                                               | Правила математического округления результатов механических испытаний и оформления итоговых протоколов по требованиям ГОСТ.                  |
| 35.                                                                                                                                                               | Расчет случайных погрешностей измерений при серийных механических испытаниях: среднее квадратичное отклонение, доверительный интервал.       |
| 36.                                                                                                                                                               | Систематические погрешности при определении прочностных свойств, вызванные перекосами образца в захватах машины, и способы их контроля.      |
| 37.                                                                                                                                                               | Испытания материалов на релаксацию напряжений (ГОСТ 26007): физика процесса, схемы нагружения и регистрируемые параметры.                    |
| 38.                                                                                                                                                               | Методы определения технологического показателя жидкотекучести литейных сплавов (спиральная проба).                                           |
| 39.                                                                                                                                                               | Стандартные методы оценки склонности сталей к коррозионному растрескиванию под напряжением.                                                  |
| 40.                                                                                                                                                               | Нормативный порядок аттестации нестандартных методик испытаний и их метрологической экспертизы на предприятии.                               |
| <b>ОПК-12 Способен разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</b> |                                                                                                                                              |
| 41.                                                                                                                                                               | Классификация современных методов экспериментального исследования динамики и напряженно-деформированного состояния технологических машин.    |
| 42.                                                                                                                                                               | Физические основы резистивного эффекта в проводниках. Устройство, геометрические параметры и базы фольговых тензорезисторов.                 |
| 43.                                                                                                                                                               | Коэффициент тензочувствительности тензорезистора: физический смысл, температурная зависимость и методы калибровки.                           |
| 44.                                                                                                                                                               | Схемы включения тензодатчиков в измерительный мост Уитстона: полумостовая и полномостовая схемы, расчет выходного напряжения.                |
| 45.                                                                                                                                                               | Четверть мостовая схема включения тензорезистора: обоснование необходимости и схемы подключения активного и компенсационного датчиков.       |
| 46.                                                                                                                                                               | Методология подготовки поверхности, выбора клеевых составов и наклейки тензорезисторов на элементы конструкций машин.                        |
| 47.                                                                                                                                                               | Способы защиты тензометрических цепей от воздействия влаги, электромагнитных наводок и высоких температур в промышленных условиях.           |
| 48.                                                                                                                                                               | Скользкие и бесконтактные (телеметрические) системы передачи сигналов с вращающихся валов технологического оборудования.                     |
| 49.                                                                                                                                                               | Использование трехкомпонентных розеток тензорезисторов для исследования плоского напряженного состояния деталей машин.                       |
| 50.                                                                                                                                                               | Аналитический расчет главных напряжений и ориентации их осей по экспериментальным данным прямоугольной розетки тензорезисторов.              |
| 51.                                                                                                                                                               | Оценка статической и динамической прочности элементов рамных конструкций прессов по критериям Мизеса на основе данных тензометрии.           |
| 52.                                                                                                                                                               | Метод цифровой корреляции изображений (DIC): физико-математические принципы сопоставления цифровых спекл-структур.                           |
| 53.                                                                                                                                                               | Проектирование эксперимента для систем 3D-DIC: калибровка стереосистем камер, выбор шага сетки и размеров подзон сканирования.               |
| 54.                                                                                                                                                               | Применение оптического метода фотоупругости (поляризационно-оптического метода) для визуализации зон концентрации напряжений.                |
| 55.                                                                                                                                                               | Волоконно-оптические датчики деформации (на основе решеток Брэгга): физический принцип работы и преимущества применения в диагностике машин. |
| 56.                                                                                                                                                               | Параметры вибрационных сигналов (виброперемещение, виброскорость, виброускорение) и критерии выбора измеряемой величины при диагностике.     |
| 57.                                                                                                                                                               | Физические основы работы и частотные диапазоны пьезоэлектрических акселерометров и вихретоковых (проксиметров) датчиков перемещения.         |
| 58.                                                                                                                                                               | Математические основы спектрального анализа: быстрое преобразование Фурье (БПФ)                                                              |

|     |                                                                                                                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | и его применение для обработки дискретных сигналов вибрации.                                                                                              |
| 59. | Влияние частоты дискретизации (теорема Котельникова-Найквиста) и длительности выборки на разрешающую способность вибрационного спектра.                   |
| 60. | Назначение весовых оконных функций (Хэннинга, Хэмминга, Блэкмана) при БПФ-анализе для минимизации эффекта растекания спектра.                             |
| 61. | Вибродиагностические признаки дисбаланса роторов и расцентровки валов технологических машин в частотной области.                                          |
| 62. | Идентификация дефектов подшипников качения по характерным частотам перекатывания тел качения и спектру огибающей высокочастотной вибрации.                |
| 63. | Анализ дефектов зубчатых передач (износ, скол зуба) по частотам зацепления и боковым полосам модуляции в вибрационном спектре.                            |
| 64. | Методология экспериментального модального анализа: способы возбуждения колебаний (ударный молоток, вибростенд) и построение частотных характеристик (ЧХ). |
| 65. | Применение лазерной доплеровской виброметрии для прецизионного бесконтактного исследования колебаний труднодоступных узлов машин.                         |
| 66. | Методология интеграции натурного эксперимента и конечно-элементного (КЭ) моделирования в рамках единого цикла исследования машин.                         |
| 67. | Принципы идеализации геометрии и построения расчетных КЭ-схем корпусных деталей машин: выбор типов конечных элементов (солиды, оболочки).                 |
| 68. | Влияние способов задания граничных условий, жесткости закреплений и контактных взаимодействий на адекватность КЭ-модели.                                  |
| 69. | Критерии оценки сходимости конечно-элементного решения по плотности и топологии сетки.                                                                    |
| 70. | Алгоритм верификации результатов конечно-элементного анализа напряжений по локальным экспериментальным точкам тензометрирования.                          |
| 71. | Оценка и отбраковка грубых погрешностей (промахов) в экспериментальных массивах данных по критериям Граббса или Романовского.                             |
| 72. | Проверка гипотезы о соответствии опытных данных закону нормального распределения (критерии Пирсона, Шапиро-Уилка).                                        |
| 73. | Построение эмпирических уравнений состояния машин методами двухфакторного линейного регрессионного анализа.                                               |
| 74. | Оценка значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента и проверка адекватности модели по критерию Фишера.                                        |
| 75. | Нормативные требования стандарта ГОСТ 7.32 к структуре, содержанию и оформлению отчетов о научно-исследовательской работе.                                |
| 76. | Правила построения и оформления графического материала (графиков, диаграмм, карт распределения полей) в научных публикациях и отчетах.                    |
| 77. | Структура описания изобретения к заявке на выдачу патента РФ: правила формулирования формулы изобретения.                                                 |
| 78. | Требования к подготовке презентационных материалов и ведению научной дискуссии при публичной защите результатов НИОКР.                                    |
| 79. | Методы экспертной оценки технического уровня и конкурентоспособности разработанных методов исследования технологических машин.                            |
| 80. | Правовые основы защиты интеллектуальной собственности и обеспечения режима конфиденциальности при выполнении хозяйственных НИР.                           |