Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 07.08.2026 15:38:53
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1deb094fcf95d7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)
Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического университета

УТВЕРЖДАЮ
Директор Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета
В.С. Емец
«30» мая 2025 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

сформированности компетенции ПК-3 «Способен осуществлять диагностику и технический осмотр наземных транспортно-технологических средств, оценивать их техническое состояние и остаточный ресурс»

Разработан в соответствии с ФГОС **23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**
специализация: **Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование**
квалификация: **инженер**

Рязань 2025

Вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-3

«Способен осуществлять диагностику и технический осмотр наземных транспортно-технологических средств, оценивать их техническое состояние и остаточный ресурс».

Компетенция формируется дисциплинами.

Дисциплина	Семестр
Надежность механических систем	7
Погрузочно-разгрузочные машины	7
Конструкционные и защитно-отделочные материалы	8
Машины для земляных работ	8
Диагностика и испытание подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования	9
Машины напольного безрельсового транспорта	10
Машины и оборудование непрерывного транспорта	10
Наземные транспортные средства с комбинированными энергетическими установками	6
Тюнинг наземных транспортно-технологических средств	8

Вопросы и задания по дисциплине «Надежность механических систем»

1. Что понимается под «надежностью» механической системы согласно ГОСТ 27.002-2015?
а) Способность системы выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования
б) Максимально возможный срок службы изделия до полного физического износа
в) Вероятность того, что система не выйдет из строя в течение первого года эксплуатации
г) Способность системы к быстрому восстановлению после отказа

2. Какой показатель надежности характеризует восстанавливаемые системы и определяется как математическое ожидание наработки объекта между соседними отказами?

а) Вероятность безотказной работы $P(t)$
б) Наработка на отказ T_0
в) Интенсивность отказов $\lambda(t)$
г) Среднее время восстановления $T_в$

3. Как рассчитывается вероятность безотказной работы системы, состоящей из n последовательно соединенных независимых элементов с вероятностями $P_1, P_2, \ldots, P_n$?
а) $P_{сис} = P_1 + P_2 + \ldots + P_n$
б) $P_{сис} = P_1 \cdot P_2 \cdot \ldots \cdot P_n$
в) $P_{сис} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2)\ldots(1 - P_n)$
г) $P_{сис} = \max(P_1, P_2, \ldots, P_n)$

4. Какой вид резервирования предполагает подключение резервного элемента к работе только в момент отказа основного элемента с помощью переключающего устройства?
а) Постоянное резервирование
б) Резервирование с замещением (резервирование включением)
в) Скользящее резервирование
г) Облегченное резервирование

5. Какой участок классической кривой интенсивности отказов («ванна») характеризует период нормальной эксплуатации механической системы?
а) Участок с резко возрастающей интенсивностью отказов
б) Участок с убывающей интенсивностью отказов (приработка)
в) Участок с постоянной (или слабо меняющейся) низкой интенсивностью отказов
г) Участок, соответствующий периоду хранения

6. Установите соответствие между показателем надежности и его определением:
1. Коэффициент готовности ($K_г$)
2. Интенсивность отказов (λ)
3. Гамма-процентная наработка до отказа (T_γ)
4. Среднее время восстановления ($T_в$)

а) Условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.
б) Отношение времени наработки объекта к сумме времени наработки и времени вынужденных простоев.
в) Наработка, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью γ, выраженной в процентах.

г) Математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния объекта после отказа.

7. Рассчитайте вероятность безотказной работы редуктора в течение $t = 1000$ часов, если он состоит из трех последовательно соединенных элементов (вал, подшипник, зубчатая передача) с постоянными интенсивностями отказов: $\lambda_1 = 10^{-5}$ ч , $\lambda_2 = 2 \cdot 10^{-5}$ ч , $\lambda_3 = 3 \cdot 10^{-5}$ ч .

8. Опишите алгоритм расчетного обоснования надежности механизма подъема мостового крана на стадии эскизного проектирования.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода пути повышения надежности гидравлического цилиндра стрелы экскаватора.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ 27.002-2015 и РПД по теме «Требования к надежности в техническом задании на проектирование ПТСДС». Выделите общие и специфические требования.

11. Сформулируйте проблему: «При эксплуатации автогрейдера наблюдается частый выход из строя шарнирного сочленения рамы». Проведите декомпозицию задачи для поиска причин и повышения надежности.

12. Какие риски возникают при игнорировании требований по ремонтопригодности при проектировании компактного погрузчика?

13. Составьте сравнительную таблицу методов расчета надежности: «Аналитический метод (метод деревьев отказов)» vs «Метод статистического моделирования (Монте-Карло)».

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы убрали коэффициент запаса прочности 1.5 в расчете стрелы, чтобы сэкономить 100 кг металла, и за год ничего не сломалось». Какие признаки указывают на опасность данного подхода?

15. Разработайте критерии выбора метода резервирования для тормозной системы карьерного самосвала.

16. Опишите методику проведения ускоренных испытаний на долговечность нового редуктора механизма поворота крана.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение концепции «Цифровой двойник» меняет подход к оценке и обеспечению надежности механических систем ПТСДС?

18. Разработайте алгоритм расчета потребного количества запасных подшипников для парка из 50 погрузчиков на год, исходя из показателей их надежности.

19. Опишите, как системный подход помогает при управлении жизненным циклом механической системы (на примере ходовой части бульдозера). Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития методов обеспечения надежности ПТСДС (ПК-3.2). Как искусственный интеллект и интернет вещей (IoT) влияют на процесс конструирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	а) Способность системы выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения...
2	б) Наработка на отказ T_0.
3	б) $P_{\text{сис}} = P_1 \cdot P_2 \cdot \ldots \cdot P_n$.
4	б) Резервирование с замещением (резервирование включением).
5	в) Участок с постоянной (или слабо меняющейся) низкой интенсивностью отказов.
6	1-б, 2-а, 3-в, 4-г. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	Общая интенсивность отказов: $\lambda_{\text{сис}} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 6 \cdot 10^{-5}$ $ч^{-1}$. Вероятность безотказной работы: $P(t) = e^{-\lambda_{\text{сис}} \cdot t} = e^{-6 \cdot 10^{-5} \cdot 1000} = e^{-0.06} \approx 0.9417$. *Критерий:* верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Декомпозиция механизма на элементы (двигатель, муфта, редуктор, тормоз, барабан, канат). 2) Определение режимов работы и нагрузок для каждого элемента. 3) Выбор расчетных моделей надежности для каждого элемента (по усталости, износу). 4) Расчет показателей надежности элементов (вероятность безотказной работы, ресурс). 5) Расчет сводных показателей надежности механизма (последовательное или смешанное соединение). 6) Сравнение с требуемыми нормативными значениями и корректировка конструкции при необходимости. *Критерий*: 5-6 логичных шагов — 5 баллов.
9	*Вход*: требования к ресурсу, условия работы (пыль, удары, перепады температур). *Процесс*: улучшение материалов (износостойкие покрытия штока), совершенствование конструкции уплотнений (грязесъемники, манжеты), введение

<table>
<tr><td></td><td>систем фильтрации жидкости, резервирование критических клапанов. Выход: цилиндр с заданным высоким ресурсом. Обратная связь: анализ данных телематики о частоте замены уплотнений и корректировка конструкции или регламента ТО.
Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Общие (ГОСТ): установление значений показателей надежности (безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость), условий эксплуатации, критериев предельного состояния. Специфические (для ПТСДС): требования к наработке на отказ конкретных узлов (например, не менее 2000 моточасов для гидронасоса), наличие встроенных средств диагностики, требования к времени восстановления (не более 2 часов для замены узла).
Критерий: структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Анализ условий эксплуатации (перегрузы, работа на пересеченной местности). 2) Проверка конструкции шарнира (недостаточная площадь опорных поверхностей, отсутствие эффективных грязезащитных чехлов). 3) Анализ качества смазки и режима смазывания. 4) Проверка технологии изготовления (твердость поверхностей, качество термообработки). 5) Разработка мероприятий: применение подшипников скольжения с самосмазывающимися вкладышами, усиление конструкции, введение автоматической системы смазки.
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Резкое увеличение времени простоя машины при ТО и ремонте (недоступность фильтров, сложность демонтажа узлов). 2) Рост эксплуатационных затрат предприятия-владельца. 3) Снижение коэффициента технической готовности ($K_г$) парка машин. 4) Потеря конкурентоспособности машины на рынке из-за плохих отзывов сервисных служб.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Метод деревьев отказов</th><th>Метод Монте-Карло</th></tr>
<tr><td>Суть метода</td><td>Логический анализ причинно-следственных связей отказов</td><td>Многократное случайное моделирование процессов работы и отказов</td></tr>
<tr><td>Точность</td><td>Точен для систем с известными вероятностями, но сложен для нелинейных систем</td><td>Высокая точность для сложных нелинейных и нестационарных систем</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>Трудоемкость</td><td>Высокая при большом числе элементов (комбинаторный взрыв)</td><td>Высокая вычислительная (требует мощного ПО и множества итераций)</td></tr>
<tr><td>Наглядность</td><td>Высокая (визуальная схема причин отказов)</td><td>Низкая (результат в виде статистических распределений)</td></tr>
</table>

Критерий: Полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Игнорирование усталостного характера нагружения (разрушение может наступить не за год, а через 3-5 лет циклических нагрузок). 2) Отсутствие учета разброса механических свойств материала и дефектов изготовления. 3) Нарушение требований ФНП и ГОСТ, что влечет невозможность сертификации и уголовную ответственность при аварии. 4) Выборка «за год» статистически незначима для оценки долговечности.
Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Критичность функции (отказ недопустим → требуется структурное резервирование). 2) Массогабаритные ограничения (резервирование включением предпочтительнее постоянного из-за меньшего веса). 3) Надежность переключающего устройства (должна быть на порядок выше надежности основного элемента). 4) Экономическая целесообразность и сложность обслуживания резервной системы.
Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Определение эквивалентных режимов нагружения, соответствующих реальной эксплуатации. 2) Выбор коэффициентов форсирования нагрузок (по моменту или частоте вращения) без изменения физики процесса износа/усталости. 3) Установка редуктора на стенд с системой регистрации вибрации, температуры и момента. 4) Проведение испытаний до наступления предельного состояния или заданной базы циклов. 5) Пересчет полученных результатов на нормальные условия эксплуатации с использованием моделей ускоренных испытаний.
Критерий: 5 этапов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>17</td><td>Переход от детерминированных расчетов к предиктивным. Цифровой двойник получает данные с датчиков реальной машины (нагрузки, температуры, вибрации) и в реальном времени уточняет модель износа. Это позволяет прогнозировать остаточный ресурс конкретного экземпляра машины, переходить от планового ремонта к ремонту по фактическому состоянию и закладывать эти данные в конструкцию следующего поколения машин.
Критерий: 4 аспекта влияния — 10 баллов.</td></tr>
</table>

18	1) Определение интенсивности отказов подшипника (λ) или средней наработки на отказ (T_0). 2) Расчет ожидаемого числа отказов за год для одного погрузчика: $n = T_{\text{год}}/T_0$. 3) Расчет общего числа отказов для парка: $N = 50 \cdot n$. 4) Введение коэффициента вариации и доверительной вероятности для определения страхового запаса (например, по формуле Пуассона или нормального распределения). 5) Округление до целого числа с учетом логистических сроков поставки. *Критерий*: 5 шагов с указанием логических зависимостей — 10 баллов.
19	*Вход*: требования к ресурсу, свойства грунтов, бюджет. *Процесс*: проектирование с учетом усталостной прочности, выбор материалов, изготовление, эксплуатация с контролем износа. *Выход*: ходовая часть, отработавшая заданный ресурс с минимальными затратами на ТО. *Обратная связь*: данные о фактическом износе гусениц и катков, поступающие от сервисных центров, используются для корректировки конструкции или рекомендаций по эксплуатации в следующей итерации. *Критерий*: корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: интеграция IoT-датчиков (вибрация, акустическая эмиссия, температура) непосредственно в конструкцию узлов. Использование ИИ для анализа больших данных (Big Data) и выявления скрытых закономерностей, ведущих к отказам. Влияние на конструирование: инженер должен проектировать машину не только как механическую систему, но и как киберфизическую, закладывая в конструкцию места для установки датчиков, каналы передачи данных и обеспечивая возможность алгоритмической диагностики состояния без полной разборки узла. *Критерий*: глубокий синтез тенденций — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание

Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания теории надежности, владеет методами расчета и прогнозирования ресурса, способен применять системный подход для повышения живучести конструкций и выявлять современные тенденции.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные показатели и методы расчета надежности, умеет разрабатывать алгоритмы повышения безотказности, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (ускоренные испытания, синтез цифровых двойников).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и стандарты надежности, но испытывает трудности при применении системного подхода к анализу причин отказов и обосновании выбора методов резервирования.
Неудовлетворительно	<70	Не знает основных понятий теории надежности, путает показатели для восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем, не умеет выполнять базовые расчеты вероятности безотказной работы.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   — ПК-3.1 (Выполняет расчёты и проектирование узлов и механизмов ПТСДС) — задания 7, 8, 13, 15, 16, 18.
   — ПК-3.2 (Разрабатывает конструкторскую документацию с учётом ТР ТС 010/2011 и ФНП ПС) — задания 6, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 19, 20.

Примечание. Данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Надежность механических систем» (разделы по основным понятиям надежности, расчету невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем, методам повышения надежности, ускоренным испытаниям и прогнозированию ресурса) и направлен на проверку готовности инженера к расчетному обоснованию надежности, выбору методов резервирования и закладыванию решений по повышению живучести и ремонтопригодности при конструировании и модернизации ПТСДС в рамках компетенции ПК-3.

Вопросы и задания по дисциплине «Погрузочно-разгрузочные машины»

1. Какая из перечисленных машин относится к универсальным погрузочно-разгрузочным машинам циклического действия?
а) Ленточный конвейер
б) Вилочный погрузчик
в) Спиральный конвейер
г) Пневмотранспортная установка

2. Что является основным фактором, определяющим теоретическую производительность ленточного конвейера?
а) Длина конвейера
б) Угол наклона трассы
в) Площадь поперечного сечения груза на ленте и скорость ленты
г) Мощность приводного барабана

3. Для перегрузки каких грузов преимущественно применяются грейферные захватные устройства?
а) Штучных грузов на поддонах
б) Сыпучих и кусковых материалов (уголь, щебень, зерно)
в) Жидких и газообразных сред
г) Длинномерных грузов (трубы, пиломатериалы)

4. Какой параметр НЕ учитывается при расчете времени цикла работы вилочного погрузчика?
а) Время движения с грузом и без груза
б) Время подъема и опускания груза
в) Время на упаковку и маркировку груза
г) Время на захват и отрыв груза от штабеля

5. Какое основное преимущество имеют машины непрерывного действия (конвейеры) перед машинами циклического действия (погрузчиками)?
а) Возможность работы на открытом воздухе в любую погоду
б) Высокая производительность и возможность полной автоматизации потока
в) Мобильность и возможность быстрой переналадки под разные грузы
г) Отсутствие необходимости в фундаментах и стационарных конструкциях

6. Установите соответствие между типом погрузочно-разгрузочной машины и ее типичной сферой применения:
1. Ричтрак
2. Спиральный конвейер
3. Кран-манипулятор
4. Вагоноопрокидыватель

а) Вертикальное перемещение штучных грузов между этажами склада с минимальной площадью footprint.
б) Работа в узких межстеллажных проходах на больших высотах.

в) Массовая выгрузка сыпучих грузов из железнодорожных вагонов.
г) Погрузка, разгрузка и транспортировка грузов на борту автомобиля без привлечения сторонней техники.

7. Рассчитайте теоретическую часовую производительность ленточного конвейера, если площадь поперечного сечения груза на ленте $F = 0.15$ м^2, скорость ленты $v = 2.0$ м/с, насыпная плотность груза $\rho = 1.2$ т/м^3.

8. Опишите алгоритм выбора универсальной погрузочно-разгрузочной машины для нового складского комплекса с высотой стеллажей 12 метров и шириной межстеллажных проходов 2.8 метра.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода проектирование грузозахватного устройства (ГЗУ) для транспортировки рулонов бумаги массой до 3 тонн.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ 12.2.002-2014 (Система стандартов безопасности труда) и РПД по теме «Требования безопасности к вилочным погрузчикам». Выделите обязательные и рекомендуемые требования.

11. Сформулируйте проблему: «На складе готовой продукции вилочные погрузчики регулярно повреждают стеллажи при маневрировании». Проведите декомпозицию задачи.

12. Какие риски возникают при использовании стандартных вил для транспортировки нестандартных грузов (например, мешков без поддонов или цилиндрических бочек)?

13. Составьте сравнительную таблицу ленточных и роликовых конвейеров для транспортировки штучных грузов на сортировочном терминале.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы увеличили производительность склада, сняв ограничитель скорости с погрузчиков и позволив операторам работать на максимум». Какие признаки указывают на опасность?

15. Разработайте критерии выбора между ручными гидравлическими тележками (роклами) и электрическими самоходными тележками для оптового склада.

16. Опишите методику проведения хронометража и расчета фактической эксплуатационной производительности вилочного погрузчика на складе.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение автономных мобильных роботов (AMR) меняет конструкцию складских комплексов и ПРМ?

18. Разработайте алгоритм расчета потребного количества вилочных погрузчиков для обеспечения заданного грузооборота склада.

19. Опишите, как системный подход помогает при создании «Цифрового двойника» погрузочно-разгрузочного терминала. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития погрузочно-разгрузочных машин (ПК-2.5). Как концепция «Индустрия 4.0» и «Умный склад» влияют на процесс проектирования ПРМ?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Вилочный погрузчик.
2	в) Площадь поперечного сечения груза на ленте и скорость ленты.
3	б) Сыпучих и кусковых материалов.
4	в) Время на упаковку и маркировку груза. *Обоснование*: это технологическая операция подготовки груза, а не операция самой ПРМ.
5	б) Высокая производительность и возможность полной автоматизации потока.
6	1-б, 2-а, 3-г, 4-в. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho = 3600 \cdot 0.15 \cdot 2.0 \cdot 1.2 = 1296$ т/ч. *Критерий:* верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Анализ габаритных ограничений (ширина прохода диктует выбор узкопроходной машины). 2) Оценка требуемой высоты подъема (12 м + запас). 3) Выбор типа машины: ричтрак или узкопроходный штабелер. 4) Расчет остаточной грузоподъемности на высоте 12 м. 5) Выбор типа мачты (триплекс со свободным ходом). 6) Оценка системы навигации (рельсовая, индуктивная или лазерная). *Критерий*: 5-6 логичных шагов — 5 баллов.
9	*Вход*: геометрия рулона (диаметр, ширина), масса, требование не повредить поверхность. *Процесс*: выбор типа ГЗУ — зажим для рулонов (roll clamp) с полиуретановыми прижимными плитами. Расчет усилия зажима, чтобы рулон не выпал, но не деформировался. *Выход*: надежный захват. *Обратная связь*:

<table>
<tr><td></td><td>датчики давления в гидросистеме зажима для предотвращения повреждения груза.
Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Обязательные (ГОСТ): наличие защитной решетки (FOPS/ROPS), звуковая сигнализация заднего хода, исправные тормоза и рулевое управление, маркировка грузоподъемности. Рекомендуемые (современная практика): системы контроля присутствия оператора, камеры заднего вида, синие светодиодные проекторы зоны безопасности, телематика.
Критерий: структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Анализ ширины рабочего коридора и радиуса поворота погрузчика. 2) Оценка стиля вождения операторов (превышение скорости в поворотах). 3) Проверка технического состояния погрузчиков (люфт рулевого управления, износ колес). 4) Анализ системы освещения и видимости. 5) Внедрение защитных колонн и направляющих рельсов в стеллажах.
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Падение груза из-за отсутствия надежного крепления. 2) Повреждение упаковки и порча продукта. 3) Травматизм персонала при падении груза. 4) Повреждение вил и каретки погрузчика из-за неравномерного распределения нагрузки. Решение: применение специализированных навесных ГЗУ (например, строповочные траверсы или зажимы).
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Ленточный конвейер</th><th>Роликовый конвейер</th></tr>
<tr><td>Тип груза</td><td>Сыпучие, мелкие штучные, мешки</td><td>Твердые штучные грузы с плоским дном (коробки, поддоны)</td></tr>
<tr><td>Трение и энергопотребление</td><td>Выше (трение ленты о ролики)</td><td>Ниже (качение роликов)</td></tr>
<tr><td>Возможность накопления груза</td><td>Ограничена (трение может повредить груз)</td><td>Высокая (зона накопления с отключенными роликами)</td></tr>
<tr><td>Сложность обслуживания</td><td>Замена ленты, очистка</td><td>Замена отдельных роликов, чистка осей</td></tr>
</table>

Критерий: Полная таблица — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Резкое увеличение тормозного пути и риска опрокидывания при поворотах с грузом. 2) Нарушение требований охраны труда и ГОСТ. 3) Ускоренный износ ходовой части, мачты и гидравлики. 4) Рост числа аварий и травматизма, что в итоге снизит общую производительность из-за простоев.
Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
</table>

15	1) Интенсивность грузооборота и длина маршрутов (электрические эффективны на дистанциях > 30 м). 2) Масса и габариты грузов. 3) Наличие уклонов и пандусов (электрические имеют тормоза и тяговое усилие). 4) Бюджет и стоимость владения (ТСО). 5) Требования к эргономике и утомляемости персонала. *Критерий*: 4-5 критериев — 10 баллов.
16	1) Выбор типового цикла операции (например, перемещение поддона из зоны приемки в ячейку). 2) Замер времени каждого элемента цикла (захват, движение, подъем, укладка, возврат) с помощью секундомера или телематики. 3) Расчет среднего времени цикла. 4) Определение коэффициента использования рабочего времени. 5) Расчет часовой производительности: $П = \frac{3600 \cdot K_{исп}}{T_ц}$. *Критерий*: 5 этапов — 10 баллов.
17	Отказ от жестко заданных маршрутов (магнитных лент, рельсов) в пользу свободной навигации (LiDAR, SLAM). Снижение требований к прочности и ровности полов (AMR менее чувствительны). Изменение планировки склада: зоны зарядки, узкие проходы, отсутствие необходимости в широких коридорах для разворота человека. Интеграция AMR с WMS (складской системой управления) в единый киберфизический комплекс. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение общего объема грузооборота (паллет/час или тон/час). 2) Расчет фактической производительности одного погрузчика (с учетом цикла, простоев, КИВ). 3) Расчет теоретического количества машин: $N = \frac{Q_{общ}}{Q_1}$. 4) Введение коэффициента резерва (на ТО, ремонт, пиковые нагрузки, обычно 1.1-1.2). 5) Округление до целого числа и проверка по условиям расстановки в зоне погрузки. *Критерий*: 5 шагов с формулами — 10 баллов.
19	*Вход*: данные о прибытии транспорта, характеристиках грузов, состоянии ПРМ. *Процесс*: симуляция работы конвейеров, кранов и погрузчиков, оптимизация очередей и маршрутов. *Выход*: диспетчерские задания, прогнозы времени обработки. *Обратная связь*: фактические данные о простоях и поломках оборудования для корректировки алгоритмов планирования в реальном времени. *Критерий*: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: полная роботизация (от AMR до роботизированных рук для паллетизации), интеграция IoT-датчиков для предиктивного обслуживания (мониторинг вибрации подшипников конвейеров, температуры двигателей),

	использование компьютерного зрения для идентификации грузов без штрих-кодов. Влияние на ПК-2: конструктор проектирует не просто «железо», а мехатронный модуль, который должен иметь интерфейсы для связи с общей системой управления складом, встроенные вычислительные мощности и защиту от киберугроз. *Критерий*: глубокий синтез тенденций — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание
Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания конструкций и теории ПРМ, владеет методами расчета производительности и циклов, способен применять системный подход и выявлять современные тенденции автоматизации складов.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы ПРМ и методы их расчета, умеет разрабатывать алгоритмы выбора машин, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (синтез цифровых двойников, расчет парка машин).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и классификацию ПРМ, но испытывает трудности при применении системного подхода к проектированию ГЗУ и обосновании выбора машин для специфических складов.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации ПРМ, путает машины непрерывного и циклического действия, не умеет рассчитывать производительность и не понимает требований безопасности.

5. Рекомендации экзаменатору

4. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
5. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
6. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   — ПК-3.1 (Выполняет расчёты и проектирование узлов и механизмов ПТСДС) — задания 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 15, 18.
   — ПК-3.2 (Разрабатывает конструкторскую документацию с учётом ТР ТС 010/2011 и ФНП ПС) — задания 6, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20.

Примечание. Данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Погрузочно-разгрузочные машины» (темы по грузозахватным устройствам, универсальным ПРМ, машинам непрерывного действия, расчётам производительности и складской логистике) и направлен на проверку готовности инженера к конструированию и модернизации складской и терминальной техники в рамках компетенции ПК-3. Материал позволяет оценить знание теоретических основ и практических навыков проектирования погрузочно-разгрузочных машин, а также способность применять современные методы и технологии при модернизации существующего оборудования.

Вопросы и задания по дисциплине «Конструкционные и защитно-отделочные материалы»

1. Какой тип пластмасс, согласно РПД, является термореактивным и применяется для изготовления высоконагруженных антифрикционных деталей (например, текстолитовых шестерен или вкладышей)?
а) Полиэтилен
б) Фторопласт-4 (ПТФЭ)
в) Фенолформальдегидный пластик (текстолит)
г) Полиамид (капролон)

2. В чем заключается физическая суть «эффекта безызносности» (избирательного переноса) в узлах трения ПТСДС?
а) В полном отсутствии трения между деталями благодаря смазке
б) В формировании на поверхности трения сервовиттной пленки из меди, обладающей низким коэффициентом трения и высокой микротвердостью
в) В использовании исключительно керамических пар трения
г) В закалке поверхностей токами высокой частоты

3. Какую основную функцию выполняет грунтовочный слой (праймер) в системе антикоррозионной защиты рамы бульдозера?
а) Декоративную и глянцевую
б) Обеспечение адгезии к металлу и катодное/анодное ингибирование коррозии
в) Выравнивание крупных дефектов и вмятин
г) Защита от ультрафиолетового излучения

4. Какой метод поверхностного упрочнения наиболее целесообразно применить для повышения усталостной прочности цапфы крана без изменения ее геометрических размеров?
а) Объемная закалка в масле
б) Наплавка твердосплавным материалом

в) Поверхностное пластическое деформирование (дробеструйный наклеп) или азотирование
г) Химическое оксидирование

5. Какое преимущество дает применение углепластиков (CFRP) при проектировании телескопических стрел автокранов?
а) Низкая стоимость материала
б) Высокая удельная прочность и жесткость, позволяющая снизить массу стрелы
в) Возможность сварки секций стрелы в полевых условиях
г) Высокая теплопроводность

6. Установите соответствие между типом материала и областью его применения в конструкции ПТСДС:
1. Сталь 09Г2С
2. Фторопласт-4 (ПТФЭ)
3. Эпоксидная шпатлевка
4. Бронза БрАЖ9-4

а) Изготовление несущих металлоконструкций (рам, стрел), работающих при отрицательных температурах.
б) Изготовление уплотнительных колец и направляющих колец гидроцилиндров благодаря химической инертности и низкому трению.
в) Заполнение неровностей и вмятин на кузовных деталях кабины оператора перед окраской.
г) Изготовление втулок и вкладышей подшипников скольжения, работающих в условиях ударных нагрузок.

7. Опишите алгоритм выбора системы лакокрасочного покрытия (ЛКП) для металлоконструкции автогрейдера, работающего в условиях высокой влажности и наличия солей (прибрежные зоны).

8. Разработайте алгоритм подбора композиционного материала для изготовления легких защитных кожухов двигателя дорожного катка.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода выбор пары трения для гусеничных катков экскаватора, работающего в абразивной среде.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ и РПД по теме «Требования к сварным швам перед нанесением защитных покрытий». Выделите общие и специфические требования.

11. Сформулируйте проблему: «На отвале бульдозера через 3 месяца эксплуатации произошло отслаивание и вспучивание лакокрасочного покрытия». Проведите декомпозицию задачи для поиска причин.

12. Какие риски возникают при замене штатной конструкционной стали (Ст3сп) на высокопрочную сталь (S690QL) в раме погрузчика без изменения технологии сварки и нанесения покрытий?

13. Составьте сравнительную таблицу термопластичных и термореактивных пластмасс при их использовании для изготовления уплотнений и направляющих в гидросистемах ПТСДС.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы вообще отказались от шпатлевки кабины автогрейдера и красим прямо по металлу в 4 слоя, так быстрее и дешевле». Какие признаки указывают на опасность данного решения?

15. Разработайте критерии выбора шпатлевки для ремонта вмятин на металлических деталях кабины оператора ПТСДС перед окраской.

16. Опишите методику проведения лабораторных испытаний на износостойкость нового антифрикционного композиционного материала, предназначенного для вкладышей подшипников скольжения.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение «умных» покрытий (самовосстанавливающихся, с индикаторами коррозии) меняет процесс технического обслуживания ПТСДС?

18. Разработайте алгоритм порядка шпаклевания и обработки деталей (согласно Пр.з-е. 5 РПД) для подготовки поверхности кабины к окраске.

19. Опишите, как системный подход помогает при управлении жизненным циклом защитно-отделочного покрытия ПТСДС. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития конструкционных материалов для ПТСДС (ПК-2.5). Как аддитивные технологии и метаматериалы влияют на процесс проектирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	в) Фенолформальдегидный пластик (текстолит). *Обоснование*: Термореактивные пластмассы не плавятся при нагреве и обладают высокой жесткостью и теплостойкостью, в отличие от термопластичных (полиэтилен, фторопласт, полиамид).
2	б) В формировании на поверхности трения сервовиттной пленки из меди...

	Обоснование: Эффект безызносности (самоорганизация) достигается за счет избирательного переноса меди из сплава на контртело, что предотвращает схватывание и абразивный износ.
3	б) Обеспечение адгезии к металлу и катодное/анодное ингибирование коррозии.
4	в) Поверхностное пластическое деформирование (дробеструйный наклеп) или азотирование. *Обоснование:* эти методы создают остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое, резко повышая усталостную прочность, и не требуют последующей механообработки.
5	б) Высокая удельная прочность и жесткость, позволяющая снизить массу стрелы.
6	1-а, 2-б, 3-в, 4-г. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	1) Анализ условий эксплуатации (категория коррозионной активности по ISO 12944, например, C4 или C5). 2) Выбор системы подготовки поверхности (абразивная очистка до степени Sa 2.5). 3) Выбор грунтовки (например, эпоксидная с фосфатом цинка). 4) Выбор промежуточного и финишного слоев (полиуретановые эмали, стойкие к УФ и истиранию). 5) Расчет общей толщины сухого слоя (DFT). *Критерий:* 4-5 логичных шагов с учетом стандартов — 5 баллов.
8	1) Определение требований: термостойкость (близость к двигателю), ударная вязкость (защита от камней), масса, стоимость. 2) Выбор матрицы (например, эпоксидная или полиэфирная смола). 3) Выбор армирующего наполнителя (стекловолокно для дешевизны или углеволокно для легкости). 4) Выбор технологии формования (вакуумная инфузия или прессование). 5) Оценка технологичности и ремонтопригодности. *Критерий*: 4-5 шагов — 5 баллов.
9	*Вход:* абразивный грунт, высокие ударные нагрузки, наличие воды/грязи. *Процесс:* анализ материалов (сталь-сталь, сталь-бронза, сталь-полимер). Использование бронзовых втулок или полимерных композитов с твердой смазкой (MoS2). *Выход:* обеспечение ресурса узла без частой смазки. *Обратная связь:* мониторинг износа и корректировка состава смазки или материала втулки. *Критерий:* системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.
10	Общие (ГОСТ): зачистка сварных швов от шлака, брызг и окалины, скругление острых кромок (радиус не менее 2 мм) для предотвращения стекания краски. Специфические (РПД/практика): нанесение грунтовки на сварной шов в первую

<table>
<tr><td></td><td>очередь (stripe coat) из-за высокой шероховатости и сложности прокраса валиком/кистью перед общим окрашиванием.
Критерий: Структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Нарушение технологии подготовки поверхности (осталась ржавчина, окалина, масло, влага). 2) Нанесение краски на непрогретый металл или при высокой влажности (точка росы). 3) Нанесение следующего слоя краски до полного высыхания предыдущего. 4) Неправильный подбор компонентов ЛКП (химическая несовместимость грунтовки и эмали). 5) Механические повреждения при работе (отсутствие износостойкого слоя).
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Трещинообразование в зоне термического влияния (ЗТВ) из-за отсутствия предварительного подогрева, требуемого для высокопрочных сталей. 2) Потеря прочности из-за неправильных режимов сварки. 3) Отслаивание краски из-за изменения электрохимического потенциала и требований к грунтовкам для новых сталей. 4) Хрупкое разрушение рамы при динамических нагрузках.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Термопластичные (ПТФЭ, Полиуретан, Полиамид)</th><th>Термореактивные (Текстолит, Эпоксидные композиты)</th></tr>
<tr><td>Обрабатываемость</td><td>Хорошо поддаются точению и литью</td><td>Обрабатываются только резанием, не плавятся</td></tr>
<tr><td>Стойкость к нагреву</td><td>Ограниченная (размягчаются при T > 150-200°C)</td><td>Высокая (сохраняют свойства до 250-300°C)</td></tr>
<tr><td>Упругость и эластичность</td><td>Высокая (хорошо для динамических уплотнений)</td><td>Низкая (жесткие, для статических или направляющих)</td></tr>
<tr><td>Ремонтопригодность</td><td>Возможность сварки/склеивания</td><td>Только склеивание или механическое крепление</td></tr>
</table>
Критерий: Полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Невозможность скрыть микронеровности и риски от шлифовки, что приведет к ухудшению внешнего вида и точечной коррозии. 2) Резкое снижение адгезии и толщины защитного слоя в местах дефектов. 3) Нарушение технологии, ведущее к досрочному разрушению ЛКП и коррозии кузова. 4) Потеря товарного вида и рыночной стоимости машины.
Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
</table>

15	1) Адгезия к металлу и грунтовке. 2) Усадка после высыхания (должна быть минимальной). 3) Возможность шлифования (не должна забивать абразив). 4) Термостойкость (выдерживать температуру сушки эмали). 5) Совместимость с применяемой системой ЛКП (например, полиэфирная шпатлевка под акриловый грунт). *Критерий*: 4-5 критериев — 10 баллов.
16	1) Подготовка образцов (материал вкладыша и контртело - вал). 2) Установка на трибометр (машина трения). 3) Задание режимов: удельное давление, скорость скольжения, среда (сухое трение или смазка). 4) Измерение коэффициента трения в реальном времени. 5) Взвешивание образцов до и после теста для определения линейного или массового износа. 6) Анализ поверхности трения под микроскопом. *Критерий*: 5-6 этапов — 10 баллов.
17	Самовосстанавливающиеся покрытия (с микрокапсулами ингибитора) автоматически «залечивают» мелкие царапины, продлевая ресурс и снижая частоту перекраски. Покрытия с индикаторами меняют цвет при начале подпленочной коррозии или изменении pH, что позволяет перейти от планового осмотра к предиктивному обслуживанию, точно локализуя места дефектов без снятия слоя краски. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Обезжиривание поверхности. 2) Нанесение первичного грунта (фосфатирующего или эпоксидного). 3) Нанесение грубой (стекловолоконной) шпатлевки для глубоких вмятин, сушка. 4) Шлифование абразивом Р80-Р120. 5) Нанесение финишной (мягкой) шпатлевки, сушка. 6) Шлифование абразивом Р240-Р320 с использованием проявочного слоя. 7) Обезжиривание и нанесение грунта-наполнителя. *Критерий*: 6-7 последовательных шагов — 10 баллов.
19	*Вход*: требования к ресурсу, условия эксплуатации, бюджет. *Процесс*: выбор системы ЛКП, подготовка поверхности, нанесение, контроль толщины. *Выход*: защищенная машина. *Обратная связь*: данные о фактическом состоянии покрытия в эксплуатации (фотофиксация коррозии, замеры толщины) для корректировки технологических карт и выбора материалов для следующих партий машин. *Критерий*: корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: переход от монолитных деталей к сотовым и решетчатым структурам (метаматериалам), которые печатаются на 3D-принтерах из титановых или стальных порошков. Это позволяет снизить массу узлов на 30-40% при сохранении прочности. Влияние на ПК-2: конструктор проектирует не форму

	детали, а поле нагрузок, а алгоритм генеративного дизайна создает оптимальную топологию, которую невозможно изготовить традиционной механообработкой. *Критерий*: Глубокий синтез тенденций — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание
Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания свойств конструкционных, фрикционных и композиционных материалов, владеет методиками выбора ЛКП и шпаклевания, способен применять системный подход и выявлять современные тенденции.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы материалов и покрытий, умеет разрабатывать алгоритмы их выбора и нанесения, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (например, при синтезе новых технологий).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы материаловедения и стандарты, но испытывает трудности при применении системного подхода к выбору пар трения и обосновании технологий нанесения покрытий.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации материалов, путает термопластичные и термореактивные пластмассы, не понимает принципов антикоррозионной защиты и порядка шпаклевания.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:

— ПК-3.1 — задания 1, 2, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 15, 16, 20.

— ПК-3.2 — задания 3, 7, 9, 10, 11, 14, 17, 18, 19.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание дисциплины «Конструкционные и защитно-отделочные материалы» и направлен на

проверку сформированности компетенции ПК-3 через индикаторы ПК-3.1 и ПК-3.2. Он охватывает вопросы выбора материалов, проектирования узлов, обоснования технологических решений, применения защитно-отделочных покрытий и учета требований безопасности при проектировании ПТСДС.

Вопросы и задания по дисциплине «Машины для земляных работ»

1. Какое рабочее оборудование одноковшового экскаватора наиболее эффективно для разработки грунта ниже уровня стоянки машины с погрузкой в транспортные средства?
а) Прямая лопата
б) Обратная лопата
в) Драглайн
г) Грейфер

2. Что является главным ограничивающим фактором при тяговом расчете бульдозера?
а) Мощность двигателя
б) Сцепной вес и коэффициент сцепления движителя с грунтом
в) Прочность отвала
г) Вместимость ковша

3. Какой основной параметр характеризует эффективность статического дорожного катка?
а) Амплитуда вибрации
б) Линейное давление (удельное давление под вальцом)
в) Частота вибрации
г) Скорость движения

4. Какая машина предназначена для профилирования земляного полотна, планировки откосов и придания поперечных уклонов дороге?
а) Бульдозер
б) Скрепер
в) Автогрейдер
г) Рыхлитель

5. Какие физико-механические свойства грунта в наибольшей степени определяют удельное сопротивление резанию рабочим органом землеройной машины?
а) Плотность и влажность
б) Угол внутреннего трения и удельное сцепление
в) Цвет и минералогический состав
г) Температура замерзания

6. Установите соответствие между типом машины и ее основным рабочим органом:
1. Бульдозер
2. Скрепер
3. Автогрейдер
4. Одноковшовый экскаватор

а) Отвал (щит)
б) Ковш с режущей кромкой и зубьями
в) Ковш, совмещенный с транспортирующим кузовом
г) Отвал (нож), расположенный между осями машины

7. Рассчитайте теоретическую часовую производительность одноковшового экскаватора, если объем ковша $V = 1.5\ м^3$, время цикла $T_ц = 20$ с, коэффициент наполнения $K_н = 1.1$, коэффициент использования во времени $K_в = 0.8$.

8. Опишите алгоритм выбора типа и параметров одноковшового экскаватора для разработки глубокого котлована в стесненных условиях городской застройки.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода выбор ходового оборудования (гусеничное vs пневмоколесное) для проектируемого бульдозера.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ Р 58202-2018 и РПД по теме «Требования к прочности рам рабочих органов бульдозеров и скреперов». Выделите общие и специфические требования.

11. Сформулируйте проблему: «Бульдозер при работе с тяжелым грунтом постоянно буксует, несмотря на полную мощность двигателя». Проведите декомпозицию задачи.

12. Какие риски возникают при использовании стандартного бульдозера на слабых, переувлажненных грунтах (болота) без модернизации ходовой части?

13. Составьте сравнительную таблицу бульдозера и скрепера как землеройно-транспортных машин по критериям: оптимальная дальность транспортирования, производительность, сложность управления, стоимость машино-часа.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы срезали зубья с ковша экскаватора и поставили гладкую кромку, теперь он копает быстрее и не тупится». Какие признаки указывают на опасность данного «улучшения»?

15. Разработайте критерии выбора типа вальца для проектируемого дорожного катка для уплотнения связных глинистых грунтов.

16. Опишите методику проведения тяговых испытаний бульдозера на полигоне.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение систем 3D-нивелирования (Machine Control) меняет конструкцию и гидропривод отвала бульдозера или ножа автогрейдера?

18. Разработайте алгоритм тягового расчета бульдозера.

19. Опишите, как системный подход помогает при создании «Цифрового двойника» парка машин для земляных работ. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития машин для земляных работ (ПК-2.5). Как автономное управление и электрификация влияют на процесс проектирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Обратная лопата. *Обоснование*: Обратная лопата предназначена для копания грунта ниже уровня машины, что идеально подходит для разработки котлованов и траншей с погрузкой в самосвалы.
2	б) Сцепной вес и коэффициент сцепления движителя с грунтом. *Обоснование*: реализуемое тяговое усилие не может превышать силу сцепления колес или гусениц с грунтом, иначе происходит буксование.
3	б) Линейное давление (удельное давление под вальцом). *Обоснование*: для статических катков уплотнение грунта происходит за счет статического веса вальца, характеризуемого линейным давлением (Н/см).
4	в) Автогрейдер.
5	б) Угол внутреннего трения и удельное сцепление. *Обоснование*: Именно эти параметры определяют прочность грунта на сдвиг и сжатие, что напрямую влияет на усилие резания.
6	1-а, 2-в, 3-г, 4-б. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$П = \frac{3600 \cdot V \cdot K_н \cdot K_в}{T_ц} = \frac{3600 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 0.8}{20} = \frac{4752}{20} = 237.6$ м^3/ч. *Критерий:* верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Анализ объема работ и сроков. 2) Выбор типа ходового оборудования (гусеничное для устойчивости или колесное для маневренности и сохранения покрытия). 3) Выбор рабочего оборудования (обратная лопата для копания ниже уровня стоянки). 4) Определение требуемого вылета стрелы и глубины копания. 5) Проверка габаритных ограничений (высота транспортировки,

<table>
<tr><td></td><td>ширина гусениц). 6) Выбор типа ковша (стандартный или узкий для траншей).
Критерий: 5-6 логичных шагов — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>9</td><td>*Вход*: характеристики грунта (связный/сыпучий, влажность), рельеф, необходимость перегона по дорогам. *Процесс*: гусеницы обеспечивают высокое тяговое усилие и малое удельное давление, но повреждают дороги и имеют низкую скорость перегона. Колеса обеспечивают высокую мобильность, но имеют меньшее тяговое усилие и большее удельное давление. *Выход*: для тяжелых грунтов и карьеров — гусеницы; для легких работ и частых перегонов — колеса. *Обратная связь*: анализ фактического расхода топлива и износа шин/гусениц.
Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Общие (ГОСТ): расчет на статические и динамические нагрузки, коэффициенты запаса прочности, учет усталостной долговечности сварных швов. Специфические (РПД/практика): учет специфических нагрузок при внедрении отвала в мерзлый грунт, ударных нагрузках при работе с камнями, применение высокопрочных сталей (Hardox, Weldox) в зонах максимального износа и нагружения.
Критерий: структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Анализ сцепного веса машины (возможно, недостаточен). 2) Оценка состояния ходовой части (износ грунтозацепов гусениц). 3) Анализ свойств грунта (возможно, слишком гладкий или влажный, низкий коэффициент сцепления). 4) Проверка распределения веса (не загружены ли ведущие колеса/гусеницы). 5) Оценка передаточных чисел трансмиссии (возможно, выбранная передача слишком высока для данного сопротивления).
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Чрезмерное удельное давление на грунт приведет к погружению машины и ее застреванию. 2) Потеря устойчивости и опрокидывание. 3) Заболачивание моторного отсека и выход из строя двигателя. 4) Невозможность эвакуации без привлечения тяжелой техники. Решение: установка расширенных (болотных) гусениц.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Бульдозер</th><th>Скрепер</th></tr>
<tr><td>Оптимальная дальность транспортирования</td><td>До 80-100 м</td><td>От 100 м до 3-5 км</td></tr>
<tr><td>Производительность</td><td>Ниже (малый объем отвала)</td><td>Выше (большой объем ковша)</td></tr>
<tr><td>Сложность управления</td><td>Проще</td><td>Выше (требует координации работы ковша и двигателя)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

	<table><tr><td>Стоимость машино-часа</td><td>Ниже</td><td>Выше</td></tr></table> *Критерий*: Полная таблица — 10 баллов.
14	1) Зубья необходимы для внедрения в грунт и разрушения его структуры; гладкая кромка будет скользить по поверхности. 2) Резкое возрастание удельного сопротивления резанию приведет к перегреву гидросистемы и поломке стрелы. 3) Снижение производительности и увеличение расхода топлива. 4) Ускоренный износ самой кромки из-за абразивного трения по камням без их предварительного рыхления зубьями. *Критерий*: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.
15	1) Тип грунта (для связных грунтов оптимальны гладкие или кулачковые вальцы, для песчаных — вибрационные гладкие). 2) Требуемая степень уплотнения (коэффициент уплотнения). 3) Толщина уплотняемого слоя. 4) Масса машины и линейное давление. 5) Наличие системы полива (для предотвращения налипания глины на гладкий валец). *Критерий*: 4-5 критериев — 10 баллов.
16	1) Подготовка тарированного участка с заданным типом грунта. 2) Установка на бульдозер тягового динамометра и прицепа-загрузчика. 3) Проведение прогонов на разных передачах с плавным увеличением сопротивления до полного буксования. 4) Регистрация тягового усилия, скорости, буксования, расхода топлива. 5) Построение тяговой характеристики и определение максимального тягового усилия и КПД. *Критерий*: 5 этапов — 10 баллов.
17	Отказ от сложных механических тяг и тросовых приводов в пользу полностью гидравлического управления с пропорциональными электрогидравлическими распределителями. Упрощение кинематики подвески. Установка GNSS-антенн и датчиков наклона непосредственно на конструкцию, что требует усиления мест их крепления и защиты кабелей от вибраций и грязи. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение сопротивления движению машины (от трения гусениц, от уклона). 2) Определение сопротивления резанию грунта отвалом. 3) Суммарное сопротивление движению. 4) Проверка условия сцепления: требуемое тяговое усилие не должно превышать сцепной вес, умноженный на коэффициент сцепления. 5) Выбор передачи и расчет рабочей скорости. 6) Расчет потребной мощности двигателя. *Критерий*: 5-6 шагов с указанием физических законов — 10 баллов.

19	*Вход*: телематические данные с машин (GPS, расход топлива, нагрузка на гидросистему, коды ошибок). *Процесс*: анализ эффективности использования, прогнозирование отказов, оптимизация маршрутов и циклов работы. *Выход*: рекомендации операторам, график ТО, диспетчерские задания. *Обратная связь*: фактические данные о выработке и простоях для корректировки алгоритмов планирования. *Критерий*: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: 1) Переход на электрические тяговые приводы (отсутствие ДВС, установка батарейных отсеков, изменение развесовки). 2) Внедрение автономных систем (лидары, радары, камеры) требует изменения архитектуры кабины (или ее отсутствия) и размещения датчиков. 3) Модульность конструкций. Влияние: конструктор должен работать в междисциплинарных командах, закладывая в конструкцию каналы связи, системы охлаждения электроники и защиты от ЭМ-помех, а также обеспечивая безопасность автономных алгоритмов. *Критерий*: Глубокий синтез тенденций — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание
Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания конструкций и теории МЗР, владеет методами тяговых и производительных расчетов, способен применять системный подход для оптимизации и выявления современных тенденций.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы машин и методы их расчета, умеет разрабатывать алгоритмы выбора, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах и синтезе новых технологий.
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и классификацию машин, но испытывает трудности при применении системного подхода к выбору ходового оборудования и обосновании проектных решений.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации и назначения машин, не умеет рассчитывать производительность и тяговое усилие, не понимает принципов взаимодействия рабочего органа с грунтом.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   — ПК-3.1 (Выполняет расчёты и проектирование узлов и механизмов ПТСДС) — задания 7, 8, 13, 15, 16, 18.
   — ПК-3.2 (Разрабатывает конструкторскую документацию с учётом требований нормативных документов и осуществляет модернизацию конструкций) — задания 9, 10, 11, 12, 14, 17, 19, 20.

Примечание. Данный ФОС полностью отражает содержание рабочей программы дисциплины (РПД) «Машины для земляных работ» (включая темы по классификации, рабочим органам, тяговым и производительным расчетам, уплотнению грунтов и современным системам управления). Оценочные материалы направлены на проверку готовности инженера не просто к теоретическому знанию, а к практическому осуществлению конструирования, модернизации и расчетному обоснованию параметров машин для земляных работ в строгом соответствии с требованиями компетенции ПК-3.

Вопросы и задания по дисциплине «Диагностика и испытание ПТСДС»

1. Какой параметр в технической диагностике непосредственно характеризует физическое состояние объекта, но не всегда может быть измерен напрямую в процессе работы?

а) Диагностический параметр
б) Структурный параметр
в) Физическая величина
г) Нормативный параметр

2. Какой метод неразрушающего контроля наиболее эффективен для выявления внутренних трещин в металлоконструкции стрелы автокрана?
а) Визуально-оптический
б) Ультразвуковой
в) Магнитопорошковый
г) Капиллярный

3. Для оценки технического состояния двигателя ПТСДС по продуктам износа в моторном масле применяется метод:

а) Вибродиагностики
б) Трибодиагностики (масляной спектрометрии)
в) Термографии
г) Акустической эмиссии

4. Какое оборудование используется на специализированных постах для проверки тормозных систем колесных ПТСДС без выезда на дорогу?
а) Стенд с беговыми барабанами
б) Динамометрический ключ
в) Манометр для измерения компрессии
г) Осциллограф

5. Что является основным критерием «предельного состояния» детали или узла ПТСДС?

а) Появление первых признаков износа
б) Невозможность дальнейшей эксплуатации без нарушения требований безопасности или резкого падения эффективности
в) Окончание гарантийного срока
г) Снижение КПД на 5%

6. Установите соответствие между методом диагностики и его физическим принципом:
1. Вибродиагностика
2. Термография
3. Акустическая эмиссия
4. Магнитопорошковый контроль
а) Регистрация высокочастотных упругих волн, возникающих при динамическом развитии дефекта.
б) Анализ спектра колебаний узлов и агрегатов.
в) Регистрация теплового излучения поверхности объекта.
г) Визуализация магнитных полей рассеяния над дефектами с помощью ферромагнитного порошка.

7. Рассчитайте скорость износа шарнира стрелы экскаватора и его остаточный ресурс, если после 1500 моточасов работы зазор увеличился с 0,5 мм до 1,4 мм, а предельно допустимый зазор составляет 4,0 мм.

8. Опишите алгоритм организации поста инструментальной диагностики для колесного погрузчика на ремонтном предприятии.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода причины возникновения повышенной вибрации в редукторе поворота башни крана-манипулятора.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ Р 51709-2001 и РЭ завода-изготовителя ПТСДС по теме «Требования к тормозным системам». Выделите общие и специфические требования.

11. Сформулируйте проблему: «Автогрейдер не прошел испытания на эффективность торможения». Проведите декомпозицию задачи для поиска неисправности.

12. Какие риски возникают при использовании непроверенного (поверенного) диагностического оборудования при оценке остаточного ресурса ответственных узлов ПТСДС?

13. Составьте сравнительную таблицу методов трибодиагностики (анализ моторного/трансмиссионного масла): «Экспресс-анализ на месте» vs «Лабораторный спектральный анализ».

14. Опишите методику проведения тяговых испытаний колесного трактора (тягача) для определения его тягово-сцепных свойств.

15. Проанализируйте достоверность источника: «Универсальный метод диагностики всех гидросистем по звуку работы насоса», размещенного в открытом блоге. Какие признаки указывают на его ненадежность?

16. Разработайте критерии выбора метода неразрушающего контроля для проверки сварных швов рамы бульдозера после ее ремонта.

17. Опишите, как системный подход помогает при переходе от планово-предупредительных ремонтов (ППР) к ремонтам по фактическому техническому состоянию (РПС) на основе данных диагностики.

18. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение телематических систем (CAN-шина, GPS/ГЛОНАСС) меняет процесс технической диагностики ПТСДС?

19. Разработайте алгоритм приемочных испытаний гидроэкскаватора после капитального ремонта гидросистемы.

20. Обобщите роль технической диагностики в обеспечении безопасности эксплуатации грузоподъемных машин (кранов). Как диагностика влияет на предотвращение катастрофических отказов?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Структурный параметр (например, зазор в подшипнике, толщина фрикционной накладки).
2	б) Ультразвуковой (позволяет выявлять глубинные дефекты в толще металла).
3	б) Трибодиагностики.
4	а) Стенд с беговыми барабанами (роликовый тормозной стенд).
5	б) Невозможность дальнейшей эксплуатации без нарушения требований безопасности или резкого падения эффективности.
6	1-б, 2-в, 3-а, 4-г. Критерий: Полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	Скорость износа: $v=(1,4-0,5)/1500=0,0006$ мм/моточас. Остаточный допустимый зазор: $\Delta=4,0-1,4=2,6$ мм. Остаточный ресурс: $T=2,6/0,0006\approx4333$ моточаса. Критерий: Верные формулы и расчет — 5 баллов.
8	1) Зонирование поста (зона мойки, зона инструментального контроля, зона регулировок). 2) Оснащение стендами (тормозным, для проверки гидроцилиндров, газоанализатором, мотортестером). 3) Разработка технологических карт диагностики для конкретных моделей. 4) Назначение квалифицированного диагноста. 5) Организация системы передачи данных в отдел главного механика. Критерий: 4-5 логичных шагов — 5 баллов.
9	Системный подход требует анализа трех подсистем: 1) Кинематическая: нарушение зацепления зубьев, износ подшипников, дисбаланс вращающихся масс. 2) Смазочная: недостаток масла, потеря его вязкостных свойств, наличие абразива. 3) Силовая: перегрузки при работе, ударные нагрузки от ветра или груза. Вывод: необходимо провести виброанализ спектра для точной локализации дефекта (подшипник vs зубчатое зацепление). Критерий: Системный анализ по подсистемам — 10 баллов.
10	Общие (ГОСТ): эффективность торможения, устойчивость при торможении, герметичность пневмо/гидросистемы. Специфические (РЭ): конкретные значения давления в

<table>
<tr><td></td><td>контурах, марка тормозной жидкости, моменты затяжки болтов крепления суппортов, алгоритм прокачки системы для данной модели.
Критерий: Структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Проверка уровня и состояния тормозной жидкости (наличие воздуха, воды). 2) Диагностика главного тормозного цилиндра и вакуумного усилителя (или пневмокомпрессора). 3) Осмотр тормозных колодок/дисков (износ, замасливание). 4) Проверка рабочих тормозных цилиндров (суппортов) на предмет заклинивания. 5) Анализ геометрии тормозных дисков/барабанов (биение, овальность).
Критерий: 4-5 шагов диагностики — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Ложноположительный результат: списание исправной детали, экономические потери. 2) Ложноотрицательный результат: допуск к эксплуатации неисправного узла (например, трещины в стреле), что ведет к аварии, травмам и разрушению машины. 3) Юридические риски для предприятия при расследовании инцидента.
Критерий: 3 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Экспресс-анализ</th><th>Лабораторный спектральный анализ</th></tr>
<tr><td>Время получения результата</td><td>15-30 минут</td><td>3-7 дней</td></tr>
<tr><td>Определяемые параметры</td><td>Вода, топливо, вязкость, щелочное число</td><td>Точный элементный состав металлов износа (Fe, Cu, Al и др.)</td></tr>
<tr><td>Стоимость</td><td>Низкая</td><td>Высокая</td></tr>
<tr><td>Точность прогнозирования</td><td>Ориентировочная</td><td>Высокая (позволяет определить конкретный изнашиваемый узел)</td></tr>
<tr><td>Критерий: Полная таблица — 10 баллов.</td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Подготовка полигона (тарированный участок с заданным коэффициентом сцепления). 2) Установка на трактор тягового динамометра и буксируемого прицепа-загрузчика. 3) Проведение прогонов на различных передачах с плавным увеличением сопротивления движению. 4) Регистрация тягового усилия, скорости, буксования, расхода топлива. 5)</td></tr>
</table>

	Построение тяговой характеристики и определение максимального тягового усилия и КПД. Критерий: 5 этапов методики — 10 баллов.
15	1) Отсутствие ссылок на стандарты (ISO, ГОСТ) и методики. 2) Игнорирование того, что разные типы насосов (шестеренные, аксиально-поршневые) имеют разный акустический профиль. 3) Невозможность количественной оценки (звук не дает точных данных о давлении или внутреннем перепуске). 4) Отсутствие данных о погрешности метода. Критерий: ≥3 признака — 5 баллов.
16	1) Толщина металла и тип сварного соединения. 2) Доступность шва для оборудования. 3) Требуемая чувствительность (поиск поверхностных vs глубинных дефектов). 4) Условия проведения (в цеху vs на открытой площадке). Вывод: для поверхностных трещин — магнитопорошковый или капиллярный; для глубинных дефектов и контроля качества провара — ультразвуковой или радиографический. Критерий: 4 критерия + обоснованный вывод — 10 баллов.
17	Система включает: Вход (данные с датчиков, результаты ТО). Процесс (сбор, передача, анализ данных, прогнозирование остаточного ресурса). Выход (управляющее воздействие: заказ запчастей, вывод машины в ремонт). Обратная связь (сравнение прогнозируемого и фактического ресурса для корректировки алгоритмов). Это снижает простои и исключает преждевременные замены деталей. Критерий: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
18	Переход от периодической (дискретной) диагностики к непрерывной (мониторинговой). Бортовые контроллеры в реальном времени фиксируют коды ошибок, отклонения давления, температуры, нагрузки. Диагност получает не просто факт поломки, а тренд изменения параметров, что позволяет прогнозировать отказ до его возникновения (предиктивная аналитика). Критерий: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
19	1) Внешний осмотр на предмет утечек. 2) Проверка работы насоса на холостом ходу (отсутствие кавитации, шума). 3) Замер давления настройки предохранительных клапанов. 4) Проверка скорости и плавности движения всех рабочих органов (стрела, рукоять, ковш, поворот). 5) Испытание под номинальной нагрузкой (подъем грунта, копание). 6) Замер температуры масла после цикла работы (не должна превышать норму).

	Критерий: 5-6 шагов — 10 баллов.
20	Диагностика кранов (дефектоскопия металлоконструкций, проверка приборов безопасности, тормозов, канатов) является критическим барьером против аварий. Она позволяет выявить усталостные трещины в зонах концентрации напряжений, износ тормозных накладок и обрыв нитей в канатах до того, как они достигнут критических значений. Без регулярной инструментальной диагностики эксплуатация кранов запрещена нормативными актами (ФНП). Критерий: Глубокий синтез и связь с безопасностью — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания
Пороговый уровень (как обязательный для всех выпускников по завершении освоения ОП ВО) – *оценивается по шкале* 60-80 *баллов (оценка «удовлетворительно»)*	Характерно частичное знание. Количество верных ответов заключается в интервале от 12 до 14 вопросов.
Повышенный продвинутый уровень (относительно порового уровня) – *оценивается по шкале* 81-90 *балла (оценка «хорошо»)*	Характерно сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание. Количество верных ответов заключается в интервале от 15 до 17 вопросов.
Повышенный превосходный уровень (относительно порового уровня) – 91-100 *баллов (оценка «отлично»)*	Характерно полностью сформированное знание. Количество верных ответов заключается в интервале от 18 до 20 вопросов.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   — ПК-3.1 (Знает методы, средства и приборы технической диагностики, нормативную базу проведения испытаний ПТСДС) — задания 1, 2, 3, 4, 5, 13, 15.

— ПК-3.2 (Умеет организовывать и проводить диагностирование узлов и систем, анализировать результаты измерений) — задания 6, 8, 11, 14, 16, 18, 19.
— ПК-3.3 (Владеет методиками оценки технического состояния, прогнозирования остаточного ресурса и определения показателей эффективности эксплуатации) — задания 7, 9, 10, 12, 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание рабочей программы дисциплины (РПД) «Диагностика и испытание подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» (включая темы по методам неразрушающего контроля, трибодиагностике, организации диагностических постов, тяговым и приемочным испытаниям, а также прогнозированию остаточного ресурса). Оценочные материалы направлены на проверку готовности инженера не просто к теоретическому анализу, а к практическому планированию и проведению диагностики и испытаний ПТСДС, оценке их технического состояния и интерпретации полученных результатов для принятия обоснованных решений в рамках компетенции ПК-3.

Вопросы и задания по дисциплине «Машины напольного безрельсового транспорта»

1. Что является основным параметром, характеризующим грузоподъемность вилочного погрузчика согласно стандартам ISO и ГОСТ?
а) Максимальная масса груза, которую может поднять погрузчик на любую высоту
б) Номинальная грузоподъемность при заданном центре тяжести груза (обычно 500 или 600 мм от спинки вил)
в) Максимальное усилие гидравлического цилиндра наклона мачты
г) Масса противовеса, установленного на задней части машины

2. Какое устройство безопасности вилочного погрузчика предназначено для защиты оператора от падения на него груза при высотном штабелировании?
а) Ограничитель грузоподъемности
б) Защитная решетка (Overhead Guard / FOPS)
в) Система стабилизации мачты
г) Концевой выключатель подъема

3. Какой тип грузозахватного приспособления наиболее целесообразно применять для транспортировки и укладки цилиндрических рулонов бумаги или металла без использования поддонов?
а) Каретка с боковым смещением
б) Зажим для рулонов (Roll clamp) с прижимной плитой

в) Вилочный захват с верхней прижимной балкой
г) Крановый грейфер

4. Что происходит с поперечной устойчивостью вилочного погрузчика при поднятии груза на максимальную высоту?
а) Устойчивость увеличивается за счет работы гидравлики
б) Устойчивость не изменяется, так как центр тяжести машины статичен
в) Устойчивость резко снижается из-за смещения общего центра тяжести машины с грузом вверх и в сторону при повороте
г) Устойчивость зависит только от давления в шинах

5. Какое преимущество дает использование литий-ионных (Li-ion) аккумуляторных батарей по сравнению со свинцово-кислотными (WET) при проектировании электрических вилочных погрузчиков?
а) Более низкая начальная стоимость батареи
б) Возможность подзарядки в перерывах (opportunity charging), отсутствие необходимости в специальном помещении для зарядки и замены батареи, меньший вес
в) Полное отсутствие необходимости в системе управления батареей (BMS)
г) Возможность работы при температурах выше +60 °C без охлаждения

6. Установите соответствие между типом МНБТ и его основной сферой применения:
1. Ричтрак (Reach truck)
2. Электротележка с платформой (Pallet truck with platform)
3. Электротягач (Tow tractor)
4. Комплектующий погрузчик (Order picker)

а) Горизонтальная транспортировка грузов на поддонах на средние дистанции внутри склада с возможностью управления стоя.
б) Транспортировка и комплектация штучных грузов с высотных стеллажей (оператор поднимается вместе с грузом).
в) Буксировка грузовых тележек в аэропортах, на производствах и в логистических хабах.
г) Работа в узких межстеллажных проходах (VNA) на больших высотах с выдвижной мачтой.

7. Рассчитайте теоретическую часовую производительность вилочного погрузчика при транспортировке поддонов, если масса поддона с грузом $m = 1.2$ т, длина цикла (погрузка, транспортировка 50 м, разгрузка, возврат) $T_{\text{ц}} = 45$ с, коэффициент использования рабочего времени $K_{\text{исп}} = 0.85$.

8. Опишите алгоритм выбора вилочного погрузчика для работы в существующем складском комплексе с узкими проходами (ширина 2.8 м) и стеллажами высотой 8 метров.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода проектирование мачты вилочного погрузчика для обеспечения продольной и поперечной устойчивости.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ Р 58202-2018 (или аналогичных стандартов по МНБТ) и РПД по теме «Испытания вилочных погрузчиков на устойчивость». Выделите основные виды испытаний.

11. Сформулируйте проблему: «Вилочный погрузчик опрокинулся набок при повороте в складе». Проведите декомпозицию задачи для поиска причин.

12. Какие риски возникают при использовании стандартного дизельного вилочного погрузчика в закрытом пищевом складе или холодильной камере?

13. Составьте сравнительную таблицу вилочных погрузчиков с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и электрических погрузчиков для работы в цехе металлообработки.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы срезали защитную решетку над кабиной погрузчика, чтобы оператору было лучше видно верхние ярусы стеллажей, и поставили камеру». Какие признаки указывают на опасность?

15. Разработайте критерии выбора грузозахватного приспособления для транспортировки биг-бэгов (МКР) массой 1.5 тонны.

16. Опишите методику проведения испытаний тормозной системы груженого электротягача, перевозящего состав тележек в аэропорту.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение Li-ion батарей меняет архитектуру и компоновку электрических вилочных погрузчиков?

18. Разработайте алгоритм тягового расчета электротягача для буксировки состава из 5 тележек общим весом 10 тонн.

19. Опишите, как системный подход помогает при создании «Цифрового двойника» парка МНБТ на крупном распределительном центре. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития МНБТ (ПК-2.5). Как переход к автономным мобильным роботам (AMR) влияет на процесс проектирования машин?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Номинальная грузоподъемность при заданном центре тяжести груза.
2	б) Защитная решетка (Overhead Guard / FOPS).
3	б) Зажим для рулонов (Roll clamp) с прижимной плитой.
4	в) Устойчивость резко снижается из-за смещения общего центра тяжести машины с грузом вверх и в сторону при повороте.
5	б) Возможность подзарядки в перерывах, отсутствие необходимости в специальном помещении для зарядки и замены батареи, меньший вес.
6	1-г, 2-а, 3-в, 4-б. *Критерий*: Полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$П = \frac{3600 \cdot m \cdot K_{исп}}{T_ц} = \frac{3600 \cdot 1.2 \cdot 0.85}{45} = \frac{3672}{45} = 81.6$ т/ч. *Критерий:* верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Анализ габаритных ограничений (ширина прохода диктует выбор ричтрака или узкопроходного погрузчика). 2) Определение требуемой высоты подъема (8 м + запас). 3) Расчет остаточной грузоподъемности на высоте 8 м (она всегда меньше номинальной). 4) Выбор типа мачты (триплекс с свободным ходом для работы внутри стеллажа). 5) Выбор типа шин (полиуретановые для ровных полов). 6) Оценка системы навигации (камеры/лазеры для работы в узких проходах). *Критерий*: 5-6 логичных шагов — 5 баллов.
9	*Вход*: масса груза, высота подъема, динамические нагрузки при торможении. *Процесс*: расчет сечений профилей мачты на изгиб и кручение, проектирование каретки с боковыми роликами для устранения люфта, расчет гидроцилиндров подъема и наклона. *Выход*: жесткая конструкция, предотвращающая опрокидывание вперед. *Обратная связь*: установка датчика угла наклона и система активного контроля устойчивости (ACS), ограничивающая скорость подъема и наклона при поднятом грузе. *Критерий*: Системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.
10	1) Испытание на продольную статическую устойчивость (с грузом на максимальной высоте, мачта наклонена вперед). 2) Испытание на поперечную статическую устойчивость (на наклонной платформе, имитирующей поперечный уклон). 3) Испытание на динамическую устойчивость при торможении и повороте. 4) Испытание на прочность вил и каретки. *Критерий*: Структурированный анализ — 10 баллов.
11	1) Превышение скорости поворота с поднятым грузом (центробежная сила сместила центр тяжести за треугольник

<table>
<tr><td></td><td>устойчивости). 2) Перегруз или неправильное размещение груза (центр тяжести груза смещен в сторону). 3) Неравномерное давление в шинах или дефект ходовой части. 4) Наклон пола в складе, усугубивший крен. 5) Резкое торможение в повороте.
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Выброс токсичных выхлопных газов (CO, NOx), отравление персонала и порча продукции. 2) Загрязнение пола маслом и сажей. 3) Для холодильных камер: замерзание гидравлической системы, конденсат на электронных компонентах, необходимость применения специальных хладостойких сталей и смазок, обогреваемых кабин.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Погрузчик с ДВС</th><th>Электрический погрузчик</th></tr>
<tr><td>Источник энергии</td><td>Дизель/Газ</td><td>Тяговая АКБ (свинцовая или Li-ion)</td></tr>
<tr><td>Выбросы и шум</td><td>Высокие (требует вентиляции)</td><td>Нулевые, низкий уровень шума</td></tr>
<tr><td>Эксплуатационные расходы</td><td>Высокие (ТО двигателя, топливо)</td><td>Низкие (зарядка, минимум ТО)</td></tr>
<tr><td>Применение</td><td>Улица, плохо вентилируемые цеха</td><td>Закрытые помещения, пищевые производства</td></tr>
</table>

Критерий: Полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Грубое нарушение требований охраны труда и ТР ТС 010/2011 (отсутствие защиты от падения груза). 2) Камера не защищает от физического удара паллетой или грузом при обрыве цепи. 3) Риск смертельного травматизма оператора. 4) Невозможность пройти сертификацию и техосмотр машины.
Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Тип петель биг-бэга (одна, две или четыре петли). 2) Грузоподъемность захвата (с запасом 20-25%). 3) Высота подъема и вылет вил. 4) Наличие гидравлического зажима или механических крюков. 5) Совместимость с кареткой погрузчика (класс монтажа).
Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Загрузка тягача и тележек до номинальной массы. 2) Разгон до максимальной рабочей скорости. 3) Экстренное торможение на сухом и мокром покрытии. 4) Замер тормозного пути и остаточной скорости. 5) Проверка эффективности стояночного тормоза на уклоне (обычно 10-15%). 6) Оценка нагрева тормозных дисков/барабанов при циклическом торможении.
Критерий: 5-6 этапов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>17</td><td>1) Отказ от механизма быстрой замены батареи (выдвижные ролики), что снижает массу и стоимость машины. 2) Батарея может</td></tr>
</table>

	быть встроена в силовую раму как несущий элемент (снижение центра тяжести). 3) Освобождается пространство для размещения более емкой батареи или дополнительных гидравлических насосов. 4) Интеграция BMS (Battery Management System) в общую CAN-шину машины для предиктивной диагностики. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение силы сопротивления движению (трение качения колес тележек по бетону, сопротивление на уклонах). 2) Расчет требуемого тягового усилия на крюке ($F_{тяг} = m \cdot g \cdot f$). 3) Учет силы инерции при разгоне состава. 4) Выбор тягового электродвигателя по требуемой мощности и крутящему моменту. 5) Проверка сцепного веса тягача (условие отсутствия буксования ведущих колес). *Критерий*: 5 шагов с формулами — 10 баллов.
19	*Вход*: телеметрия с погрузчиков (координаты, заряд батареи, ошибки, стиль вождения), данные WMS (складской системы). *Процесс*: оптимизация маршрутов, предотвращение коллизий, расчет необходимого количества машин, прогнозирование замены батарей. *Выход*: диспетчерские задания операторам в реальном времени. *Обратная связь*: фактические данные о простоях и поломках для корректировки алгоритмов распределения задач. *Критерий*: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: полный отказ от кабины оператора в AMR, использование лидаров и 3D-камер для навигации без магнитных лент, роевой интеллект для управления парком. Влияние на ПК-2: конструктор проектирует не просто «тележку», а мобильную роботизированную платформу. Требуется интеграция вычислительных блоков, систем охлаждения электроники, резервирование датчиков безопасности (Safety LiDAR) и обеспечение кибербезопасности каналов связи. *Критерий*: Глубокий синтез тенденций — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание

Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания конструкций МНБТ, владеет методами расчетов устойчивости и производительности, способен применять системный подход и выявлять современные тенденции (AMR, Li-ion).
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы МНБТ и методы их расчета, умеет разрабатывать алгоритмы выбора узлов, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (расчет тяги, синтез цифровых двойников).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и классификацию, но испытывает трудности при применении системного подхода к проектированию мачт и обосновании выбора грузозахватных приспособлений.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации МНБТ, путает типы погрузчиков и тележек, не понимает принципов обеспечения устойчивости и требований безопасности.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   — ПК-3.1 (Выполняет расчёты и проектирование узлов и механизмов ПТСДС) — задания 7, 9, 10, 15, 16, 18.
   — ПК-3.2 (Разрабатывает конструкторскую документацию с учётом ТР ТС 010/2011 и ФНП ПС) — задания 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 20.

Примечание. Данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Машины напольного безрельсового транспорта» (темы по классификации, устойчивости, грузозахватным приспособлениям, надежности и оценке качества) и направлен на проверку готовности инженера к конструированию и модернизации складской и внутрицеховой техники в рамках компетенции ПК-3. Материал позволяет оценить знание теоретических основ и практических навыков проектирования машин напольного безрельсового транспорта, а также способность применять современные методы и технологии при модернизации существующего оборудования.

Вопросы и задания по дисциплине «Машины и оборудование непрерывного транспорта»

1. Какое свойство насыпного груза характеризует его способность сохранять форму конусообразной кучи при свободной отсыпке?
а) Объемная масса
б) Угол естественного откоса
в) Коэффициент внутреннего трения
г) Влажность

2. Что является основным тяговым и одновременно грузонесущим органом в ленточном конвейере?
а) Цепь
б) Канат
в) Конвейерная лента (прорезиненная или стальная)
г) Винт

3. Для транспортировки каких грузов преимущественно применяются ковшовые элеваторы?
а) Крупнокусковых и абразивных грузов на большие расстояния
б) Мелкокусковых, зернистых и пылевидных грузов в вертикальном направлении
в) Жидких и газообразных сред
г) Длинномерных штучных грузов

4. Какова основная функция питателя, устанавливаемого под разгрузочным бункером?
а) Герметизация системы от пыли
б) Равномерная подача материала из бункера на конвейер с регулируемой производительностью
в) Измельчение крупных кусков материала
г) Охлаждение транспортируемого материала

5. Какая формула определяет теоретическую часовую производительность ленточного конвейера для насыпных грузов?
а) $Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho$
б) $Q = \frac{3600 \cdot V}{T_{ц}}$
в) $Q = m \cdot g \cdot v$
г) $Q = F \cdot v / \rho$
(где F – площадь поперечного сечения груза на ленте, v – скорость ленты, ρ – насыпная плотность)

6. Установите соответствие между типом машины непрерывного транспорта и ее характерной особенностью:

1. Винтовой конвейер
2. Пластинчатый конвейер
3. Пневмотранспортная установка
4. Подвесной конвейер

а) Транспортировка грузов в потоке воздуха по трубопроводам, высокая герметичность.
б) Перемещение крупнокусковых, горячих или абразивных грузов на стальных пластинах, прикрепленных к тяговым цепям.
в) Перемещение груза вдоль неподвижного желоба вращающимся шнеком, компактность, но высокий удельный расход энергии.
г) Транспортировка штучных грузов в подвешенном состоянии по замкнутому контуру, экономия площади пола цеха.

7. Рассчитайте теоретическую часовую производительность ленточного конвейера, если площадь поперечного сечения груза на ленте $F = 0.12$ м^2, скорость движения ленты $v = 2.5$ м/с, а насыпная плотность груза $\rho = 1.5$ т/м^3.

8. Опишите алгоритм выбора типа конвейерной ленты для транспортировки абразивного рудного материала с температурой до 150 °C.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода конструкцию разгрузочного бункера для слеживающегося сыпучего материала (например, влажного песка или удобрений).

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ 12.2.002-2014 (ССБТ) и РПД по теме «Требования безопасности к конвейерному оборудованию». Выделите обязательные конструктивные решения.

11. Сформулируйте проблему: «На ленточном конвейере наблюдается постоянный увод (сбегание) ленты в одну сторону на всем протяжении трассы». Проведите декомпозицию задачи для поиска причин.

12. Какие риски возникают при проектировании винтового конвейера для транспортировки хрупкого материала (например, чипсов или гранул полимера) без учета его физических свойств?

13. Составьте сравнительную таблицу ленточных и пластинчатых конвейеров для транспортировки горячего литья в металлургическом цеху.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы сняли все защитные кожухи с винтового конвейера, чтобы легче было чистить его от

налипшего материала, и это не повлияло на безопасность». Какие признаки указывают на опасность?

15. Разработайте критерии выбора типа питателя (пластинчатый, вибрационный, тарельчатый) для выдачи материала из бункера под давлением столба сыпучего груза.

16. Опишите методику проведения лабораторной работы по определению основных параметров и изучению конструкции пластинчатого конвейера.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение систем интеллектуального мониторинга (IoT-датчики) меняет конструкцию и эксплуатацию конвейерных линий?

18. Разработайте алгоритм тягового расчета ленточного конвейера (метод обхода по контуру).

19. Опишите, как системный подход помогает при оптимизации трассы конвейерной линии на предприятии. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития машин непрерывного транспорта (ПК-2.5). Как концепция «зеленой логистики» и энергосбережения влияет на процесс их проектирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Угол естественного откоса. *Обоснование*: угол естественного откоса определяет форму кучи и влияет на конструкцию бункеров и профиль груза на ленте.
2	в) Конвейерная лента.
3	б) Мелкокусковых, зернистых и пылевидных грузов в вертикальном направлении.
4	б) Равномерная подача материала из бункера на конвейер с регулируемой производительностью.
5	а) $Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho$.
6	1-в, 2-б, 3-а, 4-г. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho = 3600 \cdot 0.12 \cdot 2.5 \cdot 1.5 = 1620$ т/ч. *Критерий:* верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Анализ свойств груза (абразивность, температура, размер куска). 2) Выбор типа обкладки ленты (термостойкая резина,

<table>
<tr><td></td><td>например, класс Т1 или Т2 по ГОСТ 20-85). 3) Выбор типа прокладки (тканевая ТК или стальная тросовая для больших натяжений). 4) Расчет требуемой прочности ленты на разрыв. 5) Проверка минимального радиуса барабанов для выбранного типа ленты.
Критерий: 4-5 логичных шагов с учетом специфики груза — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Вход: свойства материала (склонность к сводообразованию, влажность, угол внутреннего трения). Процесс: проектирование формы бункера (коническая или пирамидальная с углом наклона стенок больше угла трения материала о сталь), установка вибраторов или пневмообдува для разрушения сводов, выбор подходящего питателя. Выход: гарантированный сход материала без зависания. Обратная связь: датчики уровня и контроля потока, сигнализирующие о начале образования свода.
Критерий: системный анализ с выделением элементов и мер борьбы со слеживаемостью — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Обязательные требования: наличие защитных ограждений всех движущихся частей (барабанов, цепей, винтов); устройства аварийной остановки (тросовые выключатели по всей длине конвейера); блокировки, предотвращающие пуск конвейера при открытых ограждениях; звуковая сигнализация перед пуском.
Критерий: Структурированный анализ, не менее 4 обязательных требований — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Проверка соосности и перпендикулярности осей приводного и натяжного барабанов относительно оси конвейера. 2) Анализ состояния футеровки барабанов (неравномерный износ). 3) Проверка горизонтальности установки опорных роликоопор. 4) Оценка центровки загрузки материала на ленту (смещенный поток груза сдвигает ленту). 5) Проверка натяжения ленты (недостаточное натяжение усиливает сбегание).
Критерий: 4-5 подзадач, охватывающих механику и эксплуатацию — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Интенсивное дробление и разрушение материала из-за трения о стенки желоба и витки шнека. 2) Застревание материала в зазоре между витком и трубой. 3) Резкое возрастание потребляемой мощности и перегрев двигателя. 4) Потеря товарных качеств продукта. Решение: использование конвейеров с гибким валом или ленточных конвейеров с низкой скоростью.
Критерий: 3-4 обоснованных риска с указанием альтернативы — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td><table><tr><td>Критерий</td><td>Ленточный конвейер</td><td>Пластинчатый конвейер</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>Термостойкость</td><td>Ограничена (требуется спец. лента, риск повреждения)</td><td>Высокая (стальные пластины выдерживают высокие температуры)</td></tr>
<tr><td>Нагрузка на единицу площади</td><td>Низкая/Средняя</td><td>Очень высокая</td></tr>
<tr><td>Стоимость</td><td>Ниже</td><td>Выше (металлоемкость, стоимость цепей)</td></tr>
<tr><td>Скорость движения</td><td>Высокая</td><td>Низкая</td></tr>
</table>

Критерий: Полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Грубое нарушение ГОСТ 12.2.002 (отсутствие ограждений движущихся частей). 2) Высокий риск затягивания одежды или конечностей оператора во вращающийся шнек. 3) Возможность выброса материала при заклинивании. 4) Очистка должна проводиться только при остановленном и обесточенном оборудовании по регламенту, а не «на ходу».
Критерий: ≥3 инженерно и нормативно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Абразивность и крупность материала. 2) Требуемая точность дозирования (вибрационные и тарельчатые точнее). 3) Высота столба материала и давление на затвор (пластинчатые выдерживают большие нагрузки). 4) Герметичность узла (необходимость предотвращения пыления). 5) Энергопотребление и простота обслуживания.
Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Ознакомление с общим видом и кинематической схемой стенда. 2) Измерение геометрических параметров (шаг цепи, ширина пластины, диаметр звездочек). 3) Определение типа тягового органа и способа крепления пластин. 4) Запуск конвейера, замер скорости движения пластин. 5) Расчет теоретической производительности на основе измеренных параметров. 6) Анализ узлов натяжения и смазки.
Критерий: 5-6 этапов, соответствующих лабораторному практикуму — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>17</td><td>Интеграция датчиков температуры подшипников роликов, акустических датчиков для обнаружения порывов ленты, и систем машинного зрения для контроля схода материала. Это требует закладки в конструкцию кабельных каналов, защищенных отсеков для электроники, а также перехода от планово-предупредительного ремонта к ремонту по фактическому состоянию (предиктивная аналитика), что снижает простои.
Критерий: 4 аспекта влияния на конструкцию и эксплуатацию — 10 баллов.</td></tr>
</table>

18	1) Разбивка трассы на характерные участки (прямолинейные, на барабанах). 2) Расчет сопротивлений движению на каждом участке (основное сопротивление трения, сопротивление от перегрузки материала, сопротивление на барабанах). 3) Составление уравнений натяжения ленты между точками обхода ($S_{i+1} = S_i + W_i$). 4) Учет коэффициента обтяжки на приводном барабане (формула Эйлера). 5) Определение максимального и минимального натяжения, проверка условия нерастяжимости и провисания. 6) Расчет окружного усилия на приводном барабане и требуемой мощности двигателя. *Критерий*: 5-6 последовательных шагов с упоминанием ключевых формул — 10 баллов.
19	*Вход*: план цеха, характеристики груза, требуемая производительность. *Процесс*: вариативное проектирование трассы (прямая, с поворотами, с несколькими точками загрузки/разгрузки), расчет натяжений и мощностей для каждого варианта. *Выход*: оптимальная схема с минимальной металлоемкостью и энергопотреблением. *Обратная связь*: данные о фактических энергозатратах и износе ленты, используемые для корректировки будущих проектов. *Критерий*: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: применение частотно-регулируемых приводов (ЧРП) для адаптации скорости ленты к реальному потоку материала, использование рекуперации энергии при опускании груза (генераторный режим), применение легких и высокопрочных материалов (сталькордные ленты, композитные ролики) для снижения массы движущихся частей. Влияние на ПК-2: конструктор обязан проводить расчет не только на прочность, но и на энергетическую эффективность, закладывая в проект системы рекуперации и умного управления. *Критерий*: глубокий синтез тенденций с акцентом на энергосбережение — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание

Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания классификации, устройства и методов расчета машин непрерывного транспорта. Умеет применять системный подход для решения нестандартных задач и выявлять современные тенденции развития отрасли.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы конвейеров и методы их расчета, умеет разрабатывать алгоритмы выбора оборудования, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (например, при синтезе систем мониторинга).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и формулы, но испытывает трудности при применении системного подхода к проектированию бункеров или обосновании выбора типов питателей.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации машин, путает типы конвейеров, не умеет выполнять базовые тяговые и производительные расчеты, не понимает требований безопасности.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   — ПК-3.1 (Знает методы конструирования и расчета машин непрерывного транспорта) — задания 7, 8, 15, 18.
   — ПК-3.2 (Умеет проектировать и модернизировать элементы конвейерных систем) — задания 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19.
   — ПК-3.3 (Владеет методами внедрения современных технологий в конструкцию машин непрерывного транспорта) — задания 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Машины и оборудование непрерывного транспорта» (разделы по классификации, элементам конвейеров, основам расчета, бункерам и питателям) и направлен на проверку готовности инженера к конструированию и модернизации оборудования непрерывного транспорта в рамках компетенции ПК-3. Материал позволяет оценить знание теоретических основ и практических навыков проектирования конвейерных систем, а также способность применять современные методы и технологии при модернизации существующего оборудования.

Вопросы и задания по дисциплине «Наземные транспортные средства с комбинированными энергетическими установками»

1. Какая архитектура комбинированной энергетической установки характеризуется тем, что ДВС механически не связан с ведущими колёсами и работает исключительно в режиме генератора для зарядки тяговой АКБ, а движение обеспечивается только тяговым электродвигателем?
а) Параллельная
б) Последовательная
в) Последовательно-параллельная (смешанная)
г) Микрогибридная (start-stop)

2. Какой компонент комбинированной ЭУ обеспечивает рекуперацию кинетической энергии при торможении ПТСДС и её возврат в накопитель?
а) Стартер-генератор с ременным приводом (BSG)
б) Тяговый электродвигатель, работающий в генераторном режиме, совместно с накопителем и силовой электроникой
в) Механический тормозной резистор
г) Турбокомпрессор с электроприводом

3. Какой цвет изоляции/маркировки применяется для высоковольтных кабелей и компонентов тяговой системы комбинированной ЭУ согласно требованиям электробезопасности?
а) Красный
б) Жёлто-зелёный
в) Оранжевый
г) Синий

4. Что количественно характеризует «степень гибридизации» (коэффициент гибридизации) силовой установки ПТСДС?
а) Отношение массы тяговой АКБ к массе машины
б) Отношение мощности электродвигателя (или доли электрической мощности) к суммарной мощности силовой установки
в) Отношение объёма топливного бака к ёмкости батареи
г) Количество режимов работы EMS

5. Какой международный свод правил/стандартов устанавливает требования безопасности к тяговым аккумуляторным системам и высоковольтным цепям электрических и гибридных транспортных средств (защита от поражения током, целостность при ДТП, маркировка)?
а) ISO 9001
б) Правила ЕЭК ООН № 100 / ISO 6469-3 (и соответствующие ГОСТ Р)
в) ГОСТ 2.052-2019
г) IEC 61131-3

6. Установите соответствие между архитектурой комбинированной ЭУ и её конструктивной особенностью при проектировании ПТСДС:

1. Последовательная
2. Параллельная
3. Последовательно-параллельная
4. Микрогибрид (start-stop + рекуперация)

а) ДВС и электродвигатель могут независимо или совместно передавать крутящий момент на колёса через механическую связь; требуется устройство согласования моментов (планетарный редуктор/сцепления).
б) ДВС связан с колёсами напрямую, электромашина малой мощности обеспечивает пуск, рекуперацию и помощь при разгоне; минимальная перекомпоновка серийного шасси.
в) ДВС работает только как генератор, колёса приводит электродвигатель; возможна работа ДВС в оптимальной точке и реализация «range extender».
г) Комбинация преимуществ: возможность чисто электрического движения, совместной работы и генерации; наиболее сложная система управления энергией и трансмиссия.

7. Рассчитайте степень гибридизации k_h и оцените класс гибрида для проектируемого колёсного погрузчика, если максимальная мощность ДВС $N_{\text{ДВС}} = 110$ кВт, максимальная мощность тягового электродвигателя $N_{\text{ЭД}} = 55$ кВт. Отнесите установку к микро-/мягкому/полному/подключаемому гибриду по полученному значению.

8. Опишите алгоритм конструирования комбинированной ЭУ для модернизации серийного дизельного карьерного самосвала в последовательно-параллельный гибрид.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода интеграцию тяговой АКБ и системы терморегулирования в раму гусеничного экскаватора при его электрификации.

10. Синтезируйте требования ТР ТС 010/2011, ГОСТ Р по электробезопасности и Правил ЕЭК ООН R100/R136 по теме «Конструирование высоковольтной системы комбинированной ЭУ ПТСДС». Выделите обязательные конструктивные решения.

11. Сформулируйте проблему: «При интенсивной работе фронтального погрузчика с частым рекуперативным торможением тяговая АКБ комбинированной ЭУ перегревается, EMS ограничивает рекуперацию, и экономия топлива падает». Проведите декомпозицию задачи.

12. Какие риски возникают при конструировании комбинированной ЭУ без учёта требований электробезопасности и защиты высоковольтных цепей при ДТП/опрокидывании ПТСДС?

13. Составьте сравнительную таблицу архитектур комбинированных ЭУ для применения в ПТСДС: «Последовательная» vs «Параллельная» vs «Последовательно-параллельная».

14. Проанализируйте достоверность источника: запись в блоге «Мы переделали дизельный бульдозер в электро-гибрид за выходные: сняли генератор, прикрутили батарею от погрузчика скотчем к раме и вывели провода в кабину». Какие признаки указывают на катастрофическую опасность?

15. Разработайте критерии выбора типа накопителя энергии (тяговая Li-ионная АКБ vs суперконденсаторы vs водородный топливный элемент с буферной батареей) для комбинированной ЭУ карьерного самосвала.

16. Опишите методику проведения испытаний высоковольтной системы комбинированной ЭУ ПТСДС на соответствие требованиям электробезопасности перед допуском к эксплуатации.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как концепция «цифровой двойник» комбинированной ЭУ меняет процесс конструирования и модернизации ПТСДС?

18. Разработайте алгоритм расчёта экономии топлива за счёт рекуперации для парка гибридных автогрейдеров на основе рабочих циклов.

19. Опишите, как системный подход помогает при управлении жизненным циклом тяговых батарей комбинированных ЭУ ПТСДС (включая second life и утилизацию). Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития комбинированных ЭУ для ПТСДС (ПК-3.3). Как переход на архитектуры 800 В, твердотельные батареи и водородные топливные элементы влияет на конструирование и модернизацию машин?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Последовательная
2	б) Тяговый электродвигатель, работающий в генераторном режиме, совместно с накопителем и силовой электроникой

3	в) Оранжевый
4	б) Отношение мощности электродвигателя (или доли электрической мощности) к суммарной мощности силовой установки
5	б) Правила ЕЭК ООН № 100 / ISO 6469-3 (и соответствующие ГОСТ Р)
6	1-в, 2-а, 3-г, 4-б. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0
7	$k_h = \frac{N_{ЭД}}{N_{ДВС}+N_{ЭД}} = \frac{55}{110+55} = \frac{55}{165} \approx 0{,}33.$ Вывод: $k_h \approx 0{,}33$ соответствует **полному гибриду** (ориентировочно диапазон 0,2–0,5; мягкий гибрид ≈ 0,1–0,2, микрогибрид < 0,1). Такая установка допускает кратковременное чисто электрическое движение и существенную рекуперацию, что целесообразно для цикличной работы погрузчика (разгон–торможение–маневрирование). *Критерий*: верная формула, расчёт и обоснованная классификация — 5 баллов.
8	1) Анализ исходной компоновки и тягово-динамических требований (масса, уклон, цикл движения). 2) Выбор архитектуры и степени гибридизации по критерию экономии топлива/снижения выбросов. 3) Подбор компонентов: ДВС (возможно downsizing), тяговый ЭД/генератор, тяговая АКБ (ёмкость под требуемый электрический пробег/пиковые нагрузки), суперконденсаторный буфер для рекуперации, инвертор и DC/DC-преобразователь. 4) Компоновочное решение: размещение высоковольтных компонентов с учётом защиты при опрокидывании/ударе, трассировка оранжевых кабелей, развязка от топливной системы. 5) Разработка системы управления энергией (EMS) и стратегий рекуперации. 6) Расчёт энергобаланса и теплового режима батарей. 7) Оформление КД и проверка соответствия ТР ТС/ISO 6469/R100. *Критерий*: 6-7 логичных шагов с привязкой к компоновке и нормативам — 5 баллов.
9	*Вход*: габариты рамы/противовеса, тепловыделение батареи при пиковых токах копания, климатические условия, требования к защите от ударов и пыли/влаги (IP). *Процесс*: выбор места установки (часто в зоне противовеса для сохранения центра тяжести), проектирование несущего каркаса и амортизации, жидкостная система терморегулирования (охлаждение/подогрев), интеграция с общей системой охлаждения машины, обеспечение сервисного доступа и аварийного отключения. *Выход*: компоновка, сохраняющая устойчивость и развесовку, с рабочим температурным диапазоном батареи. *Обратная связь*: данные телеметрии температур ячеек, корректировка алгоритмов EMS и контура охлаждения.

<table>
<tr><td></td><td>Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Общие (ТР ТС 010): безопасность машины в целом, устойчивость, защита оператора. Специфические (электробезопасность/R100): двойная изоляция высоковольтных цепей, контроль сопротивления изоляции и автоматическое обесточивание при пробое, автоматическое отключение тяговой батареи при ДТП/опрокидывании (краш-разъём/пирозамыкатель), выравнивание потенциалов (заземление корпусов), защита от прямого и косвенного прикосновения, оранжевая маркировка, блокировки доступа (interlock) при открытых крышках, защита от влаги (IP-класс) и механических воздействий, таблички предупреждения. Общее: прослеживаемость решений в КД и протоколах испытаний.
Критерий: структурированный анализ, не менее 5 решений — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Анализ теплового баланса батареи при типовом цикле (пиковые токи рекуперации vs мощность теплоотвода). 2) Оценка достаточности системы терморегулирования (расход/температура теплоносителя, площадь теплообменника). 3) Рассмотрение буферного накопителя (суперконденсаторы) для приёма пиков рекуперации без перегрева АКБ. 4) Корректировка стратегии EMS (распределение потоков мощности, превентивное охлаждение перед циклом). 5) Проверка размещения батареи и обдува/охлаждения в компоновке. 6) Верификация на цифровом двойнике и стенде.
Критерий: 4-5 подзадач с обоснованием — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Поражение персонала и спасателей электрическим током при повреждении изоляции. 2) Возгорание тяговой АКБ (тепловой разгон) при механическом повреждении. 3) Несоответствие ТР ТС/ISO 6469/R100 → невозможность сертификации и допуска к эксплуатации. 4) Разрушение высоковольтных компонентов и потеря работоспособности машины. 5) Юридическая и уголовная ответственность разработчика/производителя.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Последовательная</th><th>Параллельная</th><th>Последовательно-параллельная</th></tr>
<tr><td>Связь ДВС с колёсами</td><td>Отсутствует (только генерация)</td><td>Прямая механическая</td><td>Комбинированная</td></tr>
<tr><td>Работа ДВС в оптимальной точке</td><td>Высокая</td><td>Ограниченная</td><td>Высокая</td></tr>
<tr><td>Чисто электрическое движение</td><td>Да</td><td>Ограничено/нет</td><td>Да</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>Сложность трансмиссии/управления</td><td>Ниже (нет согласования моментов)</td><td>Средняя</td><td>Высокая</td></tr>
<tr><td>КПД на трассе/высоких скоростях</td><td>Ниже (двойное преобразование)</td><td>Выше</td><td>Высокий</td></tr>
<tr><td>Целесообразность для ПТСДС</td><td>Городские/циклличные машины, карьерная техника с электроприводом колёс</td><td>Универсальная модернизация серийных машин</td><td>Машины со сложным циклом и требованием экономии</td></tr>
</table>
Критерий: полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Отсутствие защиты высоковольтных цепей, изоляции и аварийного отключения — прямая угроза поражения током и пожара. 2) Не закрепленная батарея без защиты от ударов/вибрации/опрокидывания — риск теплового разгона. 3) Игнорирование ТР ТС/ISO 6469/R100 и ЕСКД — изделие не может быть допущено к эксплуатации. 4) Отсутствие расчёта энергобаланса, терморегулирования и EMS. 5) Блог не является нормативным документом и пропагандирует заведомо опасную халатность.
Критерий: ≥3 инженерно и юридически обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Энергоёмкость и удельная энергия (дальность/продолжительность смены). 2) Удельная мощность и способность принимать пики рекуперации (преимущество суперконденсаторов). 3) Ресурс по циклам и деградация при пиковых токах. 4) Температурный диапазон и требования к терморегулированию. 5) Инфраструктура заправки/зарядки на объекте (для водорода — заправочные станции). 6) Безопасность, масса, стоимость владения и утилизация. 7) Соответствие условиям эксплуатации (пыль, вибрация, удары, IP).
Критерий: 4-5 критериев с привязкой к физике накопителей — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Контроль сопротивления изоляции высоковольтных цепей относительно корпуса (мегаомметр/тестер изоляции) и проверка системы мониторинга изоляции. 2) Проверка целостности цепи выравнивания потенциалов (заземления корпусов). 3) Испытание автоматического отключения тяговой батареи при имитации ДТП/опрокидывания и срабатывания interlock. 4) Проверка защиты от прямого/косвенного прикосновения и маркировки. 5) Испытания на влагостойкость/пылезащиту и механическую прочность крепления батареи. 6) Оформление протокола с указанием методик, средств измерений (с поверкой) и заключения о соответствии.</td></tr>
</table>

	Критерий: 5-6 этапов — 10 баллов.
17	Цифровой двойник объединяет модели ДВС, электромашин, батареи (с учётом деградации и теплового поведения), силовой электроники и EMS. Это позволяет на этапе конструирования проигрывать реальные рабочие циклы ПТСДС, оптимизировать степень гибридизации и стратегии управления, прогнозировать экономию топлива и ресурс батареи до изготовления прототипа. При модернизации двойник калибруется по телеметрии серийной машины, что снижает риск ошибок ретрофита и ускоряет валидацию. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Получение типового цикла движения (профиль скорости/нагрузки) по телеметрии или нормативу. 2) Расчёт энергии, рассеиваемой в тормозах у серийной машины за цикл. 3) Определение доли рекуперируемой энергии с учётом КПД электромашин, преобразователей и эффективности приёма накопителем. 4) Пересчёт сэкономленной энергии в эквивалент топлива по удельному расходу ДВС. 5) Учёт массы гибридной надбавки (рост расхода на перемещение батареи). 6) Расчёт годовой экономии на парк и срока окупаемости модернизации. *Критерий*: 5-6 шагов с указанием зависимостей — 10 баллов.
19	*Вход*: паспорт батареи, данные телеметрии (температуры, токи, состояние здоровья SOH), нормативы по обращению с отходами. *Процесс*: мониторинг деградации, прогнозирование остаточной ёмкости, принятие решения о переводе в second life (стационарные накопители) или утилизации, организация безопасного демонтажа и транспортировки. *Выход*: продлённый срок службы/корректная переработка, возврат материалов, снижение экологического следа. *Обратная связь*: данные деградации, используемые для улучшения конструкций следующих поколений батарей и алгоритмов EMS. *Критерий*: корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: рост напряжения тяговой системы до 800 В (снижение токов и потерь, ускорение зарядки, требования к изоляции и компонентам на SiC), внедрение твердотельных батарей (выше энергоёмкость и безопасность, иной тепловой режим), водородные топливные элементы для тяжёлой техники с большой продолжительностью смены (быстрая заправка, буферная батарея для пиков). Влияние на ПК-3: конструктор перепроектирует высоковольтную архитектуру, систему терморегулирования и компоновку (баки/баллоны водорода, криогенные/высоковольтные зоны), закладывает новые требования безопасности и пересматривает стратегии модернизации серийного парка. *Критерий*: Глубокий синтез тенденций — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание
Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания архитектур комбинированных ЭУ и их компонентов, свободно выполняет расчёты энергобаланса и степени гибридизации, владеет методами конструирования и модернизации с учётом высоковольтной безопасности и нормативной базы, применяет системный подход.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает архитектуры и компоненты гибридных ЭУ, умеет решать типовые задачи расчёта и компоновки, но допускает неточности в сложных вопросах (терморегулирование, электробезопасность, цифровой двойник).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы комбинированных ЭУ, но испытывает трудности при конструировании высоковольтной системы, расчёте рекуперации и применении системного подхода к модернизации.
Неудовлетворительно	<70	Не различает архитектуры гибридов, не знает требований электробезопасности и нормативной базы, не умеет выполнять расчёты энергобаланса и обосновывать конструктивные решения.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   — ПК-3.1 (Применяет методы конструирования и модернизации, расчёт энергобаланса и степени гибридизации) — задания 1, 2, 4, 7, 8, 13, 15, 18.
   — ПК-3.2 (Разрабатывает КД с учётом нормативных требований и осуществляет модернизацию) — задания 3, 5, 6, 9, 10, 12, 16.
   — ПК-3.3 (Осуществляет модернизацию и повышение энергоэффективности, живучести и безопасности) — задания 11, 14, 17, 19, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Наземные транспортные средства с комбинированными

энергетическими установками» (разделы по архитектурам комбинированных ЭУ, компонентам гибридной силовой установки, системам управления энергией и рекуперации, компоновке и интеграции в шасси ПТСДС, высоковольтной безопасности, тепловым режимам батарей, расчёту энергобаланса и степени гибридизации, модернизации серийной техники и нормативной базе). Оценочные материалы направлены на проверку готовности инженера к конструированию и модернизации силовых установок ПТСДС на базе комбинированных ЭУ, разработке конструкторской документации с учётом требований электробезопасности и повышению энергоэффективности, живучести и безопасности конструкций в рамках компетенции ПК-3.

Вопросы и задания по дисциплине «Тюнинг наземных транспортно-технологических средств»

1. Что понимается под «тюнингом» НТТС в инженерном (а не бытовом) смысле применительно к компетенции конструирования и модернизации?
а) Исключительно декоративное оформление кузова и салона
б) Инженерная модернизация конструкции и дооснащение машины с целенаправленным изменением её технических и эксплуатационных характеристик
в) Любое самостоятельное вмешательство владельца без расчётов и документации
г) Замена расходных материалов при ТО

2. Какой нормативный правовой акт устанавливает в РФ порядок внесения изменений в конструкцию зарегистрированного транспортного средства и их регистрации?
а) Постановление Правительства РФ № 413 (в ред. действующей)
б) Постановление Правительства РФ № 1008 о техосмотре
в) Приказ Минтранса о тахографах
г) ГОСТ 2.105-2019

3. Что фактически изменяется в силовом агрегате при «чип-тюнинге» дизельного двигателя НТТС?
а) Механическая геометрия цилиндро-поршневой группы
б) Программное обеспечение ЭБУ — калибровки (карты) впрыска топлива, давления наддува, углов опережения и ограничений
в) Тип применяемого моторного масла
г) Передаточное число главной передачи

4. Какой параметр в первую очередь необходимо пересчитать при «лифте» подвески и установке колёс увеличенного диаметра на внедорожной машине с точки зрения безопасности?

а) Цвет кузова
б) Высоту центра тяжести и статическую/динамическую устойчивость (риск опрокидывания)
в) Ёмкость топливного бака
г) Число посадочных мест

5. Какой технический регламент ЕАЭС устанавливает требования безопасности к колёсным транспортным средствам, в том числе после внесения изменений в конструкцию (тормоза, рулевое управление, светотехника, устойчивость)?
а) ТР ТС 010/2011
б) ТР ТС 018/2011 «О безопасности колёсных транспортных средств»
в) ТР ТС 031/2012
г) ISO 9001

6. Установите соответствие между видом тюнинга НТТС и его инженерной сутью/расчётной задачей:
1. Чип-тюнинг ДВС
2. Лифт подвески + колёса большего диаметра
3. Установка лебёдки/гидроманипулятора на раму
4. Модернизация тормозной системы (суппорты, диски, колодки)

а) Изменение передаточных отношений «колесо-кузов», смещение центра тяжести, пересчёт устойчивости и клиренса, проверка углов поворота и зазоров.
б) Перепрограммирование ЭБУ с пересчётом тепловых и прочностных режимов ЦПГ/турбины и проверкой ресурса трансмиссии под возросший момент.
в) Проверка и повышение тормозного момента и теплового баланса под возросшую массу/скорость, пересчёт тормозного пути.
г) Расчёт нагрузок на раму и точки крепления, проверка устойчивости при работе навесного оборудования, интеграция гидроконтуров.

7. Рассчитайте изменение статического коэффициента устойчивости $k = B/(2h_{\text{цт}})$ внедорожной машины после тюнинга: лифт подвески на $\Delta h = 0{,}3$ м и установка надстройки массой $m_d = 500$ кг на высоте $h_d = 2{,}0$ м. Исходные данные: колея $B = 2{,}0$ м, масса $M = 10\,000$ кг, исходная высота ЦТ $h_0 = 1{,}0$ м. Сделайте вывод о допустимости изменений без дополнительных мер.

8. Опишите алгоритм инженерного проекта функционального тюнинга колёсного погрузчика (увеличение грузоподъёмности и установка дополнительного гидравлического контура для навесного оборудования) от ТЗ до регистрации изменений.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода интеграцию дополнительной лебёдки и усиленного бампера в переднюю часть рамы карьерного самосвала при тюнинге.

10. Синтезируйте требования ТР ТС 018/2011, Постановления Правительства № 413 и ГОСТ 33670 по теме «Легальность и безопасность тюнинга НТТС». Выделите обязательные процедуры и технические условия.

11. Сформулируйте проблему: «После чип-тюнинга и повышения мощности/момента дизеля внедорожной машины вырос расход топлива, появилась детонация/перегрев и ускоренный износ сцепления». Проведите декомпозицию задачи для поиска причин.

12. Какие риски возникают при неконтролируемом тюнинге (без расчётов, испытаний и регистрации изменений конструкции) НТТС?

13. Составьте сравнительную таблицу направлений тюнинга НТТС: «Функциональный (инженерный)» vs «Косметический/декоративный» vs «Спортивный/экстремальный».

14. Проанализируйте достоверность источника: запись в блоге «Мы подняли самосвал проставками на 30 см, поставили колёса +4 размера, тормоза и раму не трогали — стало круто». Какие признаки указывают на катастрофическую опасность?

15. Разработайте критерии выбора компонентов для модернизации тормозной системы НТТС после увеличения массы и мощности при тюнинге.

16. Опишите методику испытаний и валидации тюнингованной внедорожной машины перед допуском к эксплуатации.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как концепция «цифровой двойник» меняет процесс тюнинга НТТС?

18. Разработайте алгоритм расчёта допустимого увеличения грузоподъёмности/мощности тюнингуемой машины по запасам узлов.

19. Опишите, как системный подход помогает при управлении жизненным циклом тюнингованной НТТС (включая обслуживание и повторные изменения). Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития тюнинга/модернизации НТТС (ПК-3.3). Как электрификация (ретрофит на электропривод), модульные платформы и ИИ-настройка влияют на конструирование и легализацию изменений?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Инженерная модернизация конструкции и дооснащение машины с целенаправленным изменением её технических и эксплуатационных характеристик
2	а) Постановление Правительства РФ № 413
3	б) Программное обеспечение ЭБУ — калибровки (карты) впрыска топлива, давления наддува, углов опережения и ограничений
4	б) Высоту центра тяжести и статическую/динамическую устойчивость (риск опрокидывания)
5	б) ТР ТС 018/2011 «О безопасности колёсных транспортных средств»
6	1-б, 2-а, 3-г, 4-в. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	Исходный коэффициент: $k_0 = 2{,}0/(2 \cdot 1{,}0) = 1{,}0$. После лифта весь исходный массив поднимается на Δh, надстройка добавляется на h_d: $h_{\text{цт}}^{new} = \frac{M(h_0+\Delta h)+m_d h_d}{M+m_d} = \frac{10\,000 \cdot 1{,}3+500 \cdot 2{,}0}{10\,500} = \frac{13\,000+1\,000}{10\,500} \approx 1{,}333$ м. $k_{new} = 2{,}0/(2 \cdot 1{,}333) \approx 0{,}75$. Вывод: запас устойчивости снизился примерно на 25 % (с 1,0 до 0,75), что существенно повышает риск опрокидывания, особенно при работе на уклоне/с грузом. Изменения недопустимы без компенсирующих мер (расширение колеи, ограничение скорости/угла крена, пересчёт допустимых режимов и отражение их в документации). *Критерий*: верные формулы, точный расчёт и обоснованный вывод — 5 баллов.
8	1) Формулирование ТЗ на модернизацию (целевые характеристики, условия эксплуатации). 2) Инвентаризация исходной конструкции и расчёт действующих запасов по раме, мостам, тормозам, шинам, гидроприводу. 3) Определение лимитирующего узла и допустимого прироста характеристик. 4) Проектирование изменений (усиление рамы/точек крепления, доп. гидронасос/распределитель, пересчёт устойчивости). 5) Разработка КД и расчётной записки. 6) Моделирование последствий (МКЭ/цифровой двойник). 7) Изготовление, монтаж и испытания. 8) Оформление документов для регистрации изменений конструкции (заключение предварительной тех. экспертизы, протокол проверки, СКТС) по Постановлению № 413 и ТР ТС 018.

	Критерий: 7-8 логичных шагов с привязкой к расчётам и легализации — 5 баллов.
9	*Вход*: масса и тяговое усилие лебёдки, геометрия бампера, исходная прочность и точки крепления рамы, требования к обзору и охлаждению. *Процесс*: расчёт нагрузок на раму при максимальном усилии лебёдки (изгиб/кручение), проектирование закладных/косынок и перераспределение нагрузок, проверка влияния массы бампера на развесовку по осям и управляемость, трассировка троса и электропитания с защитой. *Выход*: узел, выдерживающий расчётное усилие без потери прочности рамы и ухудшения обзорности. *Обратная связь*: данные испытаний и эксплуатации (деформации, трещины), корректировка конструкции усилителей. *Критерий*: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.
10	Общие (ТР ТС 018): соответствие после изменений требованиям к тормозам, рулевому управлению, светотехнике, устойчивости, выбросам и шуму; запрет изменений, ухудшающих безопасность. Специфические (№ 413): последовательность — предварительная техническая экспертиза возможности изменений, выполнение работ на сертифицированном сервисе, проверка безопасности после изменений, получение свидетельства о соответствии конструкции (СКТС), внесение отметок в регистрационные документы. Специфические (ГОСТ 33670): методы и условия оценки единичных ТС после изменений. Общее: документальная прослеживаемость каждого изменения и запрет эксплуатации до регистрации. *Критерий*: структурированный анализ, не менее 4 процедур/условий — 10 баллов.
11	1) Анализ новых калибровок ЭБУ (избыточное давление наддува/угол опережения без учёта качества топлива и температуры). 2) Проверка теплового баланса системы охлаждения и интеркулера под возросшую мощность. 3) Оценка запаса по моменту сцепления и трансмиссии (превышены расчётные значения). 4) Контроль качества топлива и состояния форсунок/ТНВД. 5) Проверка корректности ограничителей (температуры, давления, момента) в прошивке. 6) Формирование корректирующих калибровок либо усиление узлов трансмиссии/охлаждения. *Критерий*: 4-5 подзадач с обоснованием — 10 баллов.
12	1) Снижение устойчивости и прочности узлов → риск опрокидывания, разрушения рамы, отказа тормозов. 2) Сокращение ресурса агрегатов из-за превышения расчётных нагрузок. 3) Несоответствие ТР ТС 018/2011 и отказ в регистрации/эксплуатации, аннулирование сертификации. 4) Юридическая ответственность и отказ страховых выплат при ДТП. 5) Ухудшение экологических показателей (выбросы/шум) при чип-тюнинге. *Критерий*: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.

<table>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Функциональный (инженерный)</th><th>Косметический/декоративный</th><th>Спортивный/экстремальный</th></tr>
<tr><td>Цель</td><td>Повышение рабочих характеристик/функционала</td><td>Внешний вид, комфорт</td><td>Максимальные динамические/проходные свойства</td></tr>
<tr><td>Расчётная база</td><td>Обязательна (прочность, устойчивость, ресурс)</td><td>Обычно не требуется</td><td>Обязательна, часто с выходом за штатные режимы</td></tr>
<tr><td>Влияние на безопасность</td><td>Контролируемое, документируется</td><td>Минимальное</td><td>Может снижать ресурс/комфорт, требует оценки</td></tr>
<tr><td>Легализация</td><td>Регистрация изменений конструкции</td><td>Как правило не требуется</td><td>Часто требуется, возможна невозможность для дорог ОП</td></tr>
</table>
Критерий: полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Рост центра тяжести без пересчёта устойчивости → риск опрокидывания гружёной машины. 2) Увеличение неподрессорных масс и плеча обкатки → ухудшение управляемости и рост нагрузок на ступицы/подшипники. 3) Неадекватность штатных тормозов возросшей массе и инерции колёс → увеличение тормозного пути. 4) Нарушение ТР ТС 018/2011 и отсутствие регистрации изменений → незаконная эксплуатация. 5) Блог не является нормативным документом и пропагандирует опасную халатность.
Критерий: ≥3 инженерно и юридически обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Требуемый тормозной момент с запасом под новую массу/скорость. 2) Тепловой баланс (материал и вентиляция дисков/барабанов, устойчивость к перегреву при длительном торможении). 3) Совместимость с главным тормозным цилиндром и ABS/EBS (диаметры, ходы, пропорциональность). 4) Ресурс и стойкость колодок/накладок к температуре и пыли. 5) Соответствие ТР ТС 018/2011 и возможность подтверждения на испытаниях. 6) Масса и неподрессорные характеристики компонентов.
Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Контроль монтажа и моментов затяжки, проверка отсутствия контакта колёс с элементами подвески/кузова во всём ходе. 2) Измерение развесовки по осям и фактической высоты центра тяжести (методом наклона/взвешивания). 3) Тормозные испытания (тормозной путь, замедление, увод, работа ABS) на стенде и полигоне. 4) Испытания устойчивости (порог опрокидывания, крен на уклоне). 5) Проверка прочности рамы/точек крепления</td></tr>
</table>

	(тензометрия под нагрузкой). 6) Ресурсные/дорожные испытания и контроль тепловых режимов. 7) Оформление протоколов и заключение о соответствии для регистрации изменений. *Критерий*: 6-7 этапов — 10 баллов.
17	Цифровой двойник позволяет до физического вмешательства смоделировать последствия изменений: прирост массы и смещение ЦТ, новые нагрузки на раму и мосты (МКЭ), изменение тормозного пути и устойчивости, тепловые режимы при чип-тюнинге. Это превращает тюнинг из «эмпирической переделки» в инженерный проект с прогнозом запасов прочности и ресурса, снижает число дорогостоящих натурных итераций и даёт обоснование для регистрации изменений конструкции. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Фиксация исходных расчётных нагрузок и действующих запасов по каждому лимитирующему узлу (рама, балки мостов, полуоси, подшипники, тормоза, шины, рама навески). 2) Задание целевого прироста массы/мощности и пересчёт нагрузок в узлах. 3) Определение новых запасов прочности/износостойкости по каждому узлу. 4) Выявление лимитирующего узла (минимальный запас) — он задаёт потолок допустимого прироста. 5) При недостатке запаса — проектирование усиления лимитирующего узла и повторный пересчёт. 6) Фиксация допустимых значений в документации и ограничениях эксплуатации. *Критерий*: 5-6 шагов с указанием логики лимитирующего узла — 10 баллов.
19	*Вход*: исходная машина, проект тюнинга, расчётная записка, регистрационные документы, регламент ТО с учётом изменений. *Процесс*: эксплуатация в установленных ограничениях, обслуживание с контролем усиленных узлов и доп. оборудования, мониторинг телеметрии (нагрузки, температуры, износ). *Выход*: сохранение заданных характеристик и безопасности в течение ресурса. *Обратная связь*: данные отказов/износа и запросы на повторный тюнинг, используемые для корректировки конструкции, регламента ТО и ограничений эксплуатации. *Критерий:* корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: тюнинг через электрификацию/гибридизацию серийных машин (замена/дополнение ДВС электроприводом), использование модульных платформ и стандартизированных интерфейсов для быстрой установки оборудования, ИИ-калибровка ЭБУ и адаптивных систем под конкретные условия. Влияние на ПК-3: конструктор проектирует изменения как модульные и верифицируемые на цифровом двойнике, закладывает интерфейсы телеметрии и безопасности высоковольтных систем; одновременно усложняется легализация — требуется подтверждение электробезопасности и

	соответствия ТР ТС/Правилам ЕЭК для принципиально новых силовых схем. *Критерий*: глубокий синтез тенденций — 10 баллов.

Методика оценки сформированности компетенции

Оценка сформированности компетенции проводится по 100 – бальной системе.

Схема оценивания

Уровень сформированности	Баллы	Описание
Высокий (отлично)	90–100	Демонстрирует глубокие знания методов модернизации НТТС, свободно рассчитывает последствия тюнинга (устойчивость, тормоза, нагрузки, ресурс), владеет нормативной базой регистрации изменений конструкции, применяет системный подход и цифровой двойник.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает виды тюнинга и методы расчёта, умеет обосновывать изменения и оформлять документацию, но допускает неточности в сложных задачах (пересчёт устойчивости, тепловые режимы чип-тюнинга, легализация).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы тюнинга как модернизации, но испытывает трудности при расчёте последствий изменений, оценке рисков и применении системного подхода.
Неудовлетворительно	<70	Не различает инженерный тюнинг и неконтролируемые переделки, не знает требований ТР ТС 018/2011 и Постановления № 413, не умеет рассчитывать устойчивость и тормозные характеристики после изменений.

Рекомендации экзаменатору

1. Задания закрытого типа (1–5) проверяются автоматически (MOODLE) или по ключу.
2. Задания открытого типа (6–20) оцениваются экспертом по приведенным критериям.
3. Результаты заносятся в протокол ВСОКО с привязкой к индикаторам:
   - ПК-3.1 (Применяет методы конструирования и модернизации, расчёт последствий изменений) — задания 1, 3, 4, 7, 8, 13, 15, 18.
   - ПК-3.2 (Разрабатывает КД с учётом нормативных требований и обеспечивает регистрацию изменений) — задания 2, 5, 6, 9, 10, 12, 16.
   - ПК-3.3 (Осуществляет модернизацию и повышение характеристик, живучести и безопасности) — задания 11, 14, 17, 19, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Тюнинг наземных транспортно-технологических средств» (разделы по классификации тюнинга как инженерной модернизации, функциональному/силовому/ходовому/специальному тюнингу, чип-тюнингу, модернизации трансмиссии/подвески/тормозов, установке дополнительного оборудования, расчёту последствий изменений конструкции, правовому регулированию изменений конструкции ТС и безопасности/сертификации тюнингованной техники). Оценочные материалы направлены на проверку готовности инженера к конструированию и модернизации НТТС посредством инженерно обоснованного тюнинга, расчёту последствий изменений и обеспечению легальности и безопасности внесённых изменений конструкции в рамках компетенции ПК-3.