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:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1deb094fcff55d7

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-2 «Способен проектировать и совершенствовать технологическое оборудование, оснастку и инструмент для производства и ремонта наземных транспортно-технологических средств и подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования»

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-2

«Способен проектировать и совершенствовать технологическое оборудование, оснастку и инструмент для производства и ремонта наземных транспортно-технологических средств и подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования».

Компетенция формируется дисциплинами.

Дисциплина	Семестр
Грузоподъемные машины и оборудование	6
Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования	6
Теория подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования	6
Строительные и дорожные машины и оборудование	8
Подъемники	9
Специальные грузоподъемные краны	9
Проектирование подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования	9

Вопросы и задания по дисциплине «Грузоподъемные машины и оборудование»

1. Какой основной параметр характеризует грузоподъемность стреловых самоходных кранов при различных вылетах стрелы?
а) Максимальная масса поднимаемого груза
б) Грузовой момент (произведение массы груза на вылет стрелы)
в) Высота подъема крюка
г) Скорость подъема груза

2. Какой коэффициент запаса прочности принимается для грузовых канатов механизмов подъема кранов режима работы 4К (М5) согласно ФНП и ГОСТ?
а) 2.5
б) 4.0
в) 5.0 – 6.0
г) 9.0

3. Какой тип тормоза по умолчанию применяется в механизме подъема груза для удержания груза в поднятом состоянии при снятии питания?
а) Нормально-открытый ленточный
б) Нормально-замкнутый колодочный или дисковый

в) Гидравлический замедлитель
г) Электромагнитный порошковый

4. Для чего в конструкции грузового барабана лебедки применяются канавки определенной формы и шага?
а) Для снижения массы барабана
б) Для правильной укладки каната в один или несколько слоев и снижения его износа
в) Для увеличения трения между канатом и барабаном
г) Для визуального контроля износа барабана

5. Какое устройство безопасности обязательно устанавливается на стреловых кранах для предотвращения опрокидывания и разрушения металлоконструкций при перегрузке?
а) Ограничитель высоты подъема крюка
б) Анемометр
в) Ограничитель грузоподъемности (грузового момента)
г) Концевой выключатель механизма передвижения

6. Установите соответствие между механизмом крана и его основным конструктивным узлом:
1. Механизм подъема
2. Механизм поворота
3. Механизм изменения вылета
4. Механизм передвижения

а) Опорно-поворотное устройство (ОПУ) и поворотный редуктор.
б) Барабан, грузовой канат, крюковая подвеска.
в) Колеса с ребордами, ходовые тележки, рельсовый путь.
г) Стреловой канат, стреловой цилиндр или тяга.

7. Рассчитайте требуемое разрывное усилие грузового каната, если масса поднимаемого груза $Q = 10$ т, кратность полиспаста $a = 4$, КПД полиспаста $\eta = 0.92$, а требуемый коэффициент запаса прочности $z = 5.0$.

8. Опишите алгоритм проектного расчета механизма подъема груза мостового крана.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода проектирование металлоконструкции стрелы башенного крана.

10. Синтезируйте информацию из ФНП «Правила безопасности ОПО с подъемными сооружениями» и РПД по теме «Приборы и устройства безопасности ГПМ». Выделите обязательные и рекомендуемые требования.

11. Сформулируйте проблему: «При эксплуатации крана наблюдается ускоренный износ и обрыв нитей грузового каната в зоне намотки на барабан». Проведите декомпозицию задачи для поиска конструктивных причин.

12. Какие риски возникают при проектировании и изготовлении крюка грузоподъемной машины из высокоуглеродистой стали (например, Сталь 60) вместо низкоуглеродистой (Сталь 20)?

13. Составьте сравнительную таблицу колодочных и дисковых тормозов для механизмов подъема ГПМ по критериям: теплоотвод, стабильность тормозного момента, конструктивная сложность.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Как мы увеличили грузоподъемность крана КС-3577, просто поставив более мощный двигатель и отключив ограничитель груза». Какие признаки указывают на опасность данного решения?

15. Разработайте критерии выбора опорно-поворотного устройства (ОПУ) для проектируемого автомобильного крана.

16. Опишите методику проведения статических и динамических испытаний крана после изготовления или капитального ремонта.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение частотно-регулируемого привода (ЧРП) меняет конструкцию механизмов ГПМ?

18. Разработайте алгоритм проектирования специального грузозахватного приспособления (ГЗП) — траверсы для подъема длинномерных железобетонных изделий.

19. Опишите, как системный подход помогает при создании «Цифрового двойника» мостового крана. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития конструкций ГПМ (ПК-2.5). Как автоматизация и роботизация влияют на процесс проектирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Грузовой момент. *Обоснование*: У стреловых кранов грузоподъемность переменная и обратно пропорциональна вылету; устойчивость и прочность ограничиваются именно грузовым моментом.

2	в) 5.0 – 6.0. *Обоснование*: Для режимов работы 3К-5К (М4-М6) минимальный коэффициент запаса прочности каната составляет 5.0 (для некоторых типов свивки до 6.0).
3	б) Нормально-замкнутый колодочный или дисковый. *Обоснование*: нормально-замкнутые тормоза срабатывают (закрываются) при обесточивании, что обеспечивает безопасность и удержание груза при аварийном отключении.
4	б) Для правильной укладки каната в один или несколько слоев и снижения его износа.
5	в) Ограничитель грузоподъемности (грузового момента).
6	1-б, 2-а, 3-г, 4-в. *Критерий*: Полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	1. Натяжение ветви каната: $S = \frac{Q \cdot g}{a \cdot \eta} = \frac{10000 \cdot 9.81}{4 \cdot 0.92} \approx 26657$ Н. 2. Требуемое разрывное усилие: $F_{разр} = S \cdot z = 26657 \cdot 5.0 = 133285$ Н ≈ 133.3 кН. *Критерий:* верные формулы, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Определение массы груза и выбор схемы полиспаста (кратность). 2) Расчет максимального натяжения каната и подбор каната по разрывному усилию. 3) Выбор диаметра барабана и блоков по условию $D \geq e \cdot d_к$. 4) Определение требуемой мощности электродвигателя с учетом КПД и динамики пуска. 5) Подбор редуктора по передаточному числу и крутящему моменту. 6) Выбор тормоза по тормозному моменту. *Критерий*: 5-6 логичных шагов — 5 баллов.
9	*Вход:* грузовые и ветровые нагрузки, требования по массе и транспортировке. *Процесс:* выбор типа сечения (трубчатое ферменное), расчет поясов и раскосов на прочность и устойчивость, топологическая оптимизация узлов. *Выход:* 3D-модель и КД стрелы. *Обратная связь:* данные тензометрии с реальных машин для уточнения расчетных схем и усталостной долговечности сварных швов. *Критерий:* системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.
10	Обязательные (ФНП): ограничители грузоподъемности/момента, ограничители высоты подъема, концевые выключатели механизмов передвижения, звуковая сигнализация. Рекомендуемые (современная практика): анемометры (для высотных кранов), системы предотвращения раскачки груза (anti-sway), камеры обзора слепых зон, телеметрия. *Критерий*: Структурированный анализ — 10 баллов.

<table>
<tr><td>11</td><td>1) Проверка угла отклонения каната (флот-англа) — не должен превышать 2-4 градуса. 2) Анализ профиля канавок барабана (соответствие диаметру каната, отсутствие заусенцев). 3) Проверка соосности блоков полиспаста и барабана. 4) Оценка условий смазки каната. 5) Анализ качества самого каната (тип свивки, наличие сердечника).
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Высокоуглеродистая сталь хрупкая; при перегрузке крюк не деформируется (не «покажет» опасность), а мгновенно разрушится. 2) Низкая ударная вязкость приведет к трещинам от динамических нагрузок. 3) Невозможность применения стандартных методов правки и ремонта. Это грубейшее нарушение требований безопасности ГПМ.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td><table>
<tr><th>Критерий</th><th>Колодочный тормоз</th><th>Дисковый тормоз</th></tr>
<tr><td>Теплоотвод</td><td>Низкий (закрытая конструкция)</td><td>Высокий (вентилируемые диски)</td></tr>
<tr><td>Стабильность момента</td><td>Снижается при нагреве и износе накладок</td><td>Высокая, не зависит от направления вращения</td></tr>
<tr><td>Конструктивная сложность</td><td>Простая, легко регулируется</td><td>Выше, требует точного монтажа и гидравлики</td></tr>
</table>
Критерий: Полная таблица — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Металлоконструкция стрелы и поворотной платформы не рассчитаны на возросший изгибающий момент (риск разрушения). 2) Грузовой канат и барабан имеют предельный запас прочности, который будет исчерпан. 3) Тормозная система не сможет удержать увеличенный груз. 4) Нарушение устойчивости крана (опрокидывание). Это ведет к тяжелым авариям и уголовной ответственности.
Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Величина осевой, радиальной нагрузки и опрокидывающего момента. 2) Требуемая скорость и плавность поворота. 3) Габаритные ограничения (диаметр и высота ОПУ). 4) Условия эксплуатации (температура, запыленность, необходимость герметизации). 5) Ресурс и усталостная долговечность дорожек качения.
Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Визуальный осмотр и контроль сварных швов. 2) Статические испытания: подъем груза 1.25Q, выдержка 10 мин, проверка остаточных деформаций и устойчивости. 3) Динамические испытания: подъем и опускание груза 1.1Q в рабочих режимах, проверка работы всех механизмов и тормозов. 4) Оформление протокола и паспорта.</td></tr>
</table>

	Критерий: 4-5 этапов — 10 баллов.
17	ЧРП позволяет реализовать плавный пуск и торможение (S-профиль), что резко снижает динамические нагрузки на металлоконструкции и канаты. Это позволяет снизить коэффициент запаса прочности для динамических нагрузок и облегчить машину. Также ЧРП позволяет отказаться от механических тормозов удержания в некоторых схемах (использование электрического торможения) и внедрить системы точного позиционирования груза (anti-sway). *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Анализ геометрии и массы груза, определение точек строповки. 2) Выбор схемы траверсы (балансирная, раздвижная). 3) Расчет элементов траверсы на прочность и жесткость (изгиб). 4) Расчет узлов подвески и захватов. 5) Определение смещения центра тяжести и проверка устойчивости при подъеме. 6) Разработка КД и проведение испытаний. *Критерий*: 5-6 шагов — 10 баллов.
19	*Вход:* данные с датчиков (тензодатчики на балке, энкодеры на двигателях, камеры). *Процесс:* виртуальная CAE-модель крана, которая в реальном времени получает нагрузки и рассчитывает усталостный износ узлов. *Выход:* прогноз остаточного ресурса и рекомендации по ТО. *Обратная связь:* фактические данные об отказах и заменах узлов для корректировки математической модели двойника. *Критерий:* корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: 1) Переход к полностью автоматическим складским кранам (AS/RS) с системами машинного зрения. 2) Внедрение систем предотвращения раскачки груза (anti-sway) на уровне алгоритмов контроллеров. 3) Использование высокопрочных сталей и алюминиевых сплавов для снижения массы. Влияние: конструктор должен проектировать машину не просто как механику, а как мехатронный комплекс, закладывая места для установки лидаров, камер, серверных блоков и обеспечивая их виброзащиту. *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 и конструкций ГПМ, владеет методами расчета механизмов и выбора узлов, способен применять системный подход для оптимизации и выявления современных тенденций.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы ГПМ и методы их расчета, умеет разрабатывать алгоритмы проектирования узлов, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах и синтезе новых технологий.
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и стандарты (ФНП, ГОСТ), но испытывает трудности при применении системного подхода, расчете полиспастов и обосновании проектных решений.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации и назначения механизмов ГПМ, не умеет рассчитывать канаты и тормоза, 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-2.1** — задания 7, 8, 15, 18.

— **ПК-2.2** — задания 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19.

— **ПК-2.5** — задания 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Грузоподъемные машины и оборудование» (темы 1-14, включая расчет механизмов, ГЗП, гибких органов и приборов безопасности) и направлен на проверку готовности инженера к проектированию и совершенствованию грузоподъемной техники.

Вопросы и задания по дисциплине «Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования»

1. Какой тип металлоконструкции стрелы является наиболее распространенным для современных автомобильных кранов грузоподъемностью свыше 25 тонн?
а) Решетчатая ферма из уголков
б) Телескопическая стрела коробчатого сечения из высокопрочной стали
в) Сплошностенчатая двутавровая балка

г) Трубчатая ферма с крестообразными раскосами

2. Для чего в конструкции поворотной платформы автокрана применяется опорно-поворотное устройство (ОПУ)?
а) Только для передачи вертикальной нагрузки от стрелы на шасси
б) Для обеспечения вращения поворотной части относительно неповоротной и восприятия всех видов нагрузок (осевых, радиальных, опрокидывающих моментов)
в) Для амортизации ударных нагрузок при опускании груза
г) Для блокировки стрелы в транспортном положении

3. В чем заключается суть матричного метода расчета статически неопределимых систем, применяемого при проектировании металлоконструкций ПТСДС?
а) В замене сложной системы эквивалентной статически определимой схемой
б) В представлении системы в виде совокупности конечных элементов, для которых составляются матрицы жесткости, с последующим решением системы линейных алгебраических уравнений
в) В графическом построении эпюр внутренних усилий методом веревочного многоугольника
г) В использовании эмпирических коэффициентов запаса прочности без расчета напряжений

4. Какой коэффициент запаса прочности по разрыву принимается для грузовых канатов кранов режима работы М5 (согласно ГОСТ и ФНП)?
а) 2.5
б) 4.0
в) 5.0 – 6.0
г) 9.0

5. Какое компоновочное решение является ключевым для обеспечения устойчивости гусеничного экскаватора при работе с максимальным вылетом стрелы?
а) Установка двигателя в передней части машины
б) Смещение центра тяжести машины назад за счет массивного противовеса и оптимального расположения навесного оборудования
в) Увеличение ширины гусениц без изменения массы машины
г) Использование резинометаллических гусениц

6. Установите соответствие между типом машины и ее основной компоновочной особенностью:
1. Фронтальный погрузчик с сочлененной рамой
2. Бульдозер с полусферическим отвалом
3. Автогрейдер с выносным отвалом
4. Скрепер с элеваторным подъемом грунта

а) Шарнирное соединение передней и задней полурам для повышения маневренности и проходимости.
б) Наличие задней стенки для удержания сыпучих материалов при транспортировке.
в) Возможность смещения отвала в сторону от оси машины для профилирования откосов.
г) Принудительная загрузка ковша с помощью скребковой цепи для работы в тяжелых грунтах.

7. Рассчитайте натяжение ветви грузового каната, если масса поднимаемого груза составляет 8 тонн, кратность полиспаста равна 4, а КПД полиспаста $\eta = 0.92$.

8. Опишите алгоритм выбора типа и сечения грузового каната для механизма подъема автомобильного крана.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода компоновку рабочего места оператора и органов управления в кабине современного автогрейдера.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ 23118-2019 (Конструкции стальные строительные) и РПД по теме «Требования к сварным соединениям в несущих металлоконструкциях кранов». Выделите общие и специфические требования.

11. Сформулируйте проблему: «При проектировании стрелы крана-манипулятора возникла проблема чрезмерных остаточных деформаций после сварки». Проведите декомпозицию задачи.

12. Какие риски возникают при замене штатной стали марки 09Г2С на обычную конструкционную сталь Ст3сп при изготовлении рамы бульдозера?

13. Составьте сравнительную таблицу сварных и болтовых соединений в металлоконструкциях ПТСДС по критериям: технологичность монтажа, усталостная прочность, ремонтопригодность.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Как мы усилили стрелу крана КС-3577, просто приварив швеллер сверху, и теперь она поднимает 10 тонн вместо 7». Какие признаки указывают на опасность данного решения?

15. Разработайте критерии выбора опорно-поворотного устройства (ОПУ) для проектируемого гусеничного крана.

16. Опишите методику проведения статических испытаний металлоконструкции стрелы крана после изготовления.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как применение высокопрочных сталей (например, S690QL, Weldox) меняет процесс проектирования металлоконструкций ПТСДС?

18. Разработайте алгоритм применения матричного метода (МКЭ) для расчета узла крепления стрелы к поворотной платформе.

19. Опишите, как системный подход помогает при оптимизации массы поворотной платформы крана с использованием топологической оптимизации. Используйте понятия: целевая функция, ограничения, переменные.

20. Обобщите современные тенденции развития конструкций ПТСДС (ПК-2.5). Как концепция «Цифрового двойника» (Digital Twin) влияет на процесс проектирования металлоконструкций?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Телескопическая стрела коробчатого сечения из высокопрочной стали (обеспечивает высокую жесткость, компактность в транспортном положении и возможность быстрой смены вылета).
2	б) Для обеспечения вращения поворотной части относительно неповоротной и восприятия всех видов нагрузок.
3	б) В представлении системы в виде совокупности конечных элементов, для которых составляются матрицы жесткости... (является основой МКЭ в CAE-системах).
4	в) 5.0 – 6.0 (в зависимости от типа каната и группы классификации механизма).
5	б) Смещение центра тяжести машины назад за счет массивного противовеса и оптимального расположения навесного оборудования.
6	1-а, 2-б, 3-в, 4-г. Критерий: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$S = \frac{Q \cdot g}{a \cdot \eta} = \frac{8000 \cdot 9.81}{4 \cdot 0.92} = \frac{78480}{3.68} \approx 21326$ *Н (или* ≈ 21.3 *кН).* *Критерий: верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.*
8	1) Определение максимального статического натяжения каната (S_{max}). 2) Выбор требуемого коэффициента запаса прочности (z) по ГОСТ/ФНП для группы режима работы. 3) Расчет требуемого разрывного усилия: $F_{\text{разр}} = S_{max} \cdot z$. 4) Подбор каната по каталогу (тип свивки, например, ЛК-Р,

<table>
<tr><td></td><td>направление свивки). 5) Проверка каната на совместимость с диаметром барабана и блоков ($D_б \geq e \cdot d_к$). Критерий: 4-5 логичных шагов — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Вход: эргономика, обзорность, безопасность, утомляемость. Процесс: кабина устанавливается на виброизоляторах, смещена влево для прямого обзора на отвал и переднее колесо. Органы управления (джойстики) интегрированы в подлокотники, педали расположены с учетом биомеханики. Выход: снижение утомляемости, повышение точности профилирования. Обратная связь: настройка кресла и рулевой колонки под антропометрию оператора.
Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Общие (ГОСТ): классификация швов, допустимые дефекты, методы контроля (УЗК, РК). Специфические (проектирование ПТСДС): обязательное применение швов с полным проваром в поясах стрел, использование низколегированных сталей (09Г2С) с учетом их свариваемости (предварительный подогрев), учет динамических и усталостных нагрузок при выборе типа соединения.
Критерий: структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Анализ последовательности наложения сварных швов (симметричность). 2) Оценка погонной энергии сварки (возможно, слишком большой ток). 3) Проверка необходимости предварительного подогрева и последующей термообработки для снятия напряжений. 4) Применение кондукторов и жесткого закрепления деталей при сварке. 5) Использование методов топологической оптимизации для снижения массы и объема наплавленного металла. Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Снижение предела текучести (с 345 МПа до 245 МПа) приведет к необходимости увеличения толщины листов и массы машины. 2) Снижение ударной вязкости при отрицательных температурах (риск хрупкого разрушения зимой). 3) Нарушение требований конструкторской документации и потеря гарантии. 4) Возможное разрушение рамы при динамических ударных нагрузках. Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Сварное соединение</th><th>Болтовое соединение (высокопрочные болты)</th></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>Технологичность монтажа</td><td>Требует квалифицированных сварщиков, контроля качества</td><td>Быстрый монтаж на площадке, не требует сварочного оборудования</td></tr>
<tr><td>Усталостная прочность</td><td>Ниже (концентраторы напряжений в зоне шва)</td><td>Выше (отсутствие термического влияния, равномерное сечение)</td></tr>
<tr><td>Ремонтопригодность</td><td>Сложная (требует резки и новой сварки)</td><td>Высокая (легко разобрать и заменить узел)</td></tr>
</table>

Критерий: Полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Увеличение массы стрелы снижает грузоподъемность и устойчивость крана. 2) Нарушение технологии сварки (без подогрева и контроля) создает остаточные напряжения и трещины. 3) Игнорирование расчетов на усталостную прочность. 4) Грубое нарушение ФНП и требований завода-изготовителя, ведущее к аварийным ситуациям. Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Величина осевой, радиальной нагрузки и опрокидывающего момента. 2) Требуемая скорость и плавность поворота. 3) Габаритные ограничения (диаметр и высота ОПУ). 4) Условия эксплуатации (температура, запыленность, необходимость герметизации). 5) Ресурс и усталостная долговечность дорожек качения. Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Визуальный осмотр и контроль сварных швов (УЗК/капиллярный). 2) Установка тензодатчиков и прогибомеров в критических точках. 3) Погрузка испытательного груза (обычно 1.25Q для статических испытаний). 4) Выдержка под нагрузкой 10 минут. 5) Замер остаточных деформаций (не должны превышать допустимых значений по ГОСТ). 6) Оформление протокола испытаний. Критерий: 5-6 этапов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>17</td><td>Позволяет снизить массу металлоконструкций на 20-30% при сохранении несущей способности. Однако требует применения специальных сварочных материалов, строгого контроля погонной энергии сварки, предварительного подогрева, использования более мощных гидроцилиндров (из-за изменения геометрии сечений) и пересчета усталостной долговечности. Критерий: 4 аспекта влияния — 10 баллов.</td></tr>
</table>

18	1) Создание 3D-геометрии узла в CAD. 2) Импорт в CAE-систему и назначение свойств материалов. 3) Разбиение на конечные элементы (построение сетки, сгущение в зонах концентрации напряжений). 4) Задание граничных условий (закреплений) и нагрузок. 5) Решение системы уравнений $[K]\{u\} = \{F\}$. 6) Анализ эпюр напряжений (Мизеса) и перемещений, проверка условий прочности. *Критерий*: 5-6 шагов — 10 баллов.
19	*Целевая функция:* $M(x) \to min$ (минимизация массы). *Ограничения:* $\sigma_{max} \leq [\sigma]$, $f_{max} \leq [f]$, технологические ограничения (минимальная толщина литья/сварки). *Переменные:* плотность материала в каждом конечном элементе (0 или 1). *Системный подход:* алгоритм CAE удаляет материал из зон с низкими напряжениями, формируя бионическую структуру, которая затем адаптируется под литье или сварку. *Критерий:* корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: переход к модульным и адаптивным конструкциям, интеграция датчиков (IoT) прямо в тело металлоконструкций. Цифровой двойник позволяет передавать данные о реальных нагрузках и деформациях с машины на сервер. Это дает конструкторам обратную связь для уточнения расчетных моделей, перехода от детерминированных расчетов к предиктивным и создания машин следующего поколения с оптимизированным ресурсом. *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 компоновочных решений и методов расчета металлоконструкций, владеет матричным методом и САПР, способен применять системный подход для оптимизации и выявления тенденций.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы конструкций и методы их расчета, умеет разрабатывать алгоритмы выбора узлов, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах и синтезе новых технологий.
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы компоновки и стандарты, но испытывает трудности при применении матричного метода, системного подхода и топологической оптимизации.
Неудовлетворительно	<70	Не знает основ конструирования ПТСДС, не ориентируется в методах расчета статически неопределимых систем, не понимает требований надежности.

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-2.1 (Разрабатывает технические задания на проектирование оборудования, оснастки и инструмента) — задания 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.
   - ПК-2.2 (Выполняет расчёт технологического оборудования и нестандартного инструмента для операций производства и ремонта НТТС и ПТСДС) — задания 7, 8, 16, 18, 19.
   - ПК-2.5 (Выявляет тенденции развития технологий производства с учётом современного развития техники) — задания 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» (разделы по компоновочным решениям, расчету и выбору элементов металлоконструкций, применению матричного метода расчета, сварным соединениям, испытаниям и современным

тенденциям развития ПТСДС) и направлен на проверку готовности инженера к проектированию и совершенствованию технологического оборудования, оснастки и инструмента для производства и ремонта НТТС и ПТСДС в рамках компетенции ПК-2.

Вопросы и задания по дисциплине «Теория подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования»

1. Что является главным ограничивающим фактором при реализации тягового усилия гусеничного бульдозера?
а) Максимальная мощность двигателя
б) Сцепной вес машины и коэффициент сцепления движителя с грунтом
в) Прочность отвала
г) Вместимость ковша

2. Какой коэффициент учитывает динамические нагрузки, возникающие при пуске, торможении или наезде на неровности при расчете металлоконструкций крана?
а) Коэффициент запаса прочности
б) Коэффициент динамичности (динамический коэффициент)
в) Коэффициент использования грузоподъемности
г) Коэффициент трения

3. Условие статической устойчивости гусеничного крана с грузом формулируется как:
а) Сумма опрокидывающих моментов больше суммы удерживающих моментов
б) Сумма удерживающих моментов больше или равна сумме опрокидывающих моментов, умноженных на нормативный коэффициент запаса устойчивости
в) Центр тяжести машины всегда должен находиться строго по геометрической оси гусениц
г) Масса груза не должна превышать массу самого крана

4. Какая характеристика строится для оценки тягово-сцепных свойств колесного трактора и определения его рационаных рабочих передач?
а) Нагрузочная характеристика двигателя
б) Тяговая характеристика
в) Регуляторная характеристика
г) Универсальная характеристика

5. Сопротивление движению автомобиля на подъеме зависит от:
а) Только от коэффициента сопротивления качению

б) От массы автомобиля и синуса угла уклона дороги
в) Только от аэродинамического сопротивления
г) От температуры окружающего воздуха

6. Установите соответствие между типом машины и основным видом теоретического расчета, определяющим ее работоспособность:

1. Автокран
2. Бульдозер
3. Ленточный конвейер
4. Дорожный каток

а) Расчет тягового баланса и сопротивления резанию грунта.
б) Расчет на статическую и динамическую устойчивость против опрокидывания.
в) Расчет удельного давления на грунт и требуемой массы для обеспечения коэффициента уплотнения.
г) Расчет суммарного сопротивления движению ленты и мощности приводного барабана.

7. Рассчитайте потребное тяговое усилие колесного погрузчика массой 15 тонн для движения по горизонтальному участку с коэффициентом сопротивления качению $f = 0.08$. Сопротивлением воздуха пренебречь.

8. Опишите алгоритм теоретического расчета и выбора двигателя для механизма подъема мостового крана.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода динамические нагрузки, возникающие на стреле экскаватора при копании тяжелого грунта.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ и ФНП по теме «Методы испытаний на устойчивость грузоподъемных кранов». Выделите общие и специфические требования.

11. Сформулируйте проблему: «Гусеничный трактор буксует на влажном глинистом грунте, несмотря на работу двигателя на максимальных оборотах». Проведите декомпозицию задачи.

12. Какие риски возникают при проектировании рамы скрепера без учета динамического коэффициента, возникающего при движении по неровному забою?

13. 13. Составьте сравнительную таблицу методов расчета устойчивости: «Графоаналитический метод» vs «Метод конечных элементов (МКЭ) в CAE-системах».

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы сняли

противовес с автокрана, чтобы он мог поднимать грузы выше, и он все равно не опрокидывается». Какие признаки указывают на опасность?

15. Разработайте критерии выбора типа ходового оборудования (колесное vs гусеничное) для нового карьерного самосвала на этапе теоретического проектирования.

16. Опишите методику составления уравнения тягового баланса для автогрейдера при планировке грунта.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как развитие терramеханики (теории взаимодействия движителя с грунтом) меняет процесс проектирования рабочих органов землеройных машин?

18. Разработайте алгоритм расчета мощности привода ленточного конвейера.

19. Опишите, как системный подход помогает при оптимизации центра тяжести (ЦТ) вилочного погрузчика. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития теоретических методов проектирования ПТСДС (ПК-2.5). Как использование программного обеспечения для мультифизического моделирования (например, Adams, RecurDyn) влияет на процесс?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Сцепной вес машины и коэффициент сцепления движителя с грунтом. *Обоснование*: реализуемое тяговое усилие не может превышать силу сцепления, иначе происходит буксование, независимо от мощности двигателя.
2	б) Коэффициент динамичности (динамический коэффициент).
3	б) Сумма удерживающих моментов больше или равна сумме опрокидывающих моментов, умноженных на нормативный коэффициент запаса устойчивости.
4	б) Тяговая характеристика.
5	б) От массы автомобиля и синуса угла уклона дороги.
6	1-б, 2-а, 3-г, 4-в. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$F_{\text{тяги}} = G \cdot f = (15000 \cdot 9.81) \cdot 0.08 = 147150 \cdot 0.08 \approx 11772$ *Н (или* ≈ 11.8 *кН).*

№ вопроса	Ответы
	Критерий: верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Определение массы груза и массы грузозахватного устройства. 2) Выбор схемы полиспаста и расчет максимального натяжения каната. 3) Расчет статического момента на валу двигателя с учетом КПД механизма. 4) Учет динамического коэффициента при пуске. 5) Расчет требуемой мощности двигателя и выбор по каталогу с учетом режима работы (ПВ%). 6) Проверка двигателя по условиям перегрева и пускового момента. *Критерий*: 5-6 логичных шагов — 5 баллов.
9	*Вход*: кинематика движения ковша, физико-механические свойства грунта, скорость напора. *Процесс*: возникновение ударных нагрузок при внедрении зуба, вибрации от работы гидравлики, инерционные силы при повороте платформы. *Выход*: эпюры динамических напряжений в поясах стрелы. *Обратная связь*: данные тензометрических испытаний для корректировки расчетной модели и усиления критических узлов. *Критерий*: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.
10	Общие (ГОСТ): методика нагружения (1.25Q для статических, 1.1Q для динамических испытаний), условия проведения (горизонтальная площадка, отсутствие ветра). Специфические (ФНП): обязательная проверка устойчивости при различных вылетах стрелы, контроль остаточных деформаций, наличие сертифицированных грузов и манометров. *Критерий*: структурированный анализ — 10 баллов.
11	1) Анализ сцепных свойств грунта (возможно, требуется установка гусениц с увеличенной площадью опоры или грунтозацепами). 2) Проверка натяжения гусениц (чрезмерное натяжение снижает площадь контакта). 3) Анализ распределения веса (возможно, требуется дополнительный балласт). 4) Выбор более низкой передачи для увеличения крутящего момента на ведущих колесах без превышения силы сцепления. *Критерий*: 4 подзадачи с обоснованием — 10 баллов.
12	1) Занижение расчетных нагрузок приведет к выбору недостаточного сечения лонжеронов. 2) Возникновение усталостных трещин в зонах концентрации напряжений (сварные швы, отверстия). 3) Внезапное хрупкое разрушение

<table>
<tr><td>№ вопроса</td><td>Ответы</td></tr>
<tr><td></td><td>рамы при наезде на препятствие. 4) Снижение ресурса машины и риск аварийной ситуации для оператора.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><td>Критерий</td><td>Графоаналитический метод</td><td>МКЭ в CAE-системах</td></tr>
<tr><td>Точность</td><td>Приближенная (для упрощенных схем)</td><td>Высокая (учет реальной геометрии и свойств материалов)</td></tr>
<tr><td>Трудоемкость</td><td>Низкая (ручные построения)</td><td>Высокая (требует построения сетки и задания граничных условий)</td></tr>
<tr><td>Визуализация</td><td>Эпюры и векторные диаграммы</td><td>Цветовые карты напряжений и деформаций в 3D</td></tr>
<tr><td>Учет нелинейностей</td><td>Практически невозможно</td><td>Возможно (геометрическая и физическая нелинейность)</td></tr>
</table>

Критерий: полная таблица — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Грубое нарушение уравнения моментов: уменьшение удерживающего момента критически снижает запас устойчивости. 2) Игнорирование динамических факторов (порыв ветра, инерция при повороте), которые могут мгновенно опрокинуть машину. 3) Нарушение требований завода-изготовителя и ФНП, что ведет к аннулированию паспорта безопасности. 4) Высокий риск смертельного травматизма.
Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Удельное давление на грунт (для слабых грунтов карьера гусеницы предпочтительнее). 2) Требуемая транспортная скорость (колесное шасси обеспечивает высокую скорость перегона). 3) Сопротивление качению и тяговый КПД. 4) Стоимость жизненного цикла (замена шин vs ремонт гусеничной ленты). 5) Маневренность в условиях стесненного забоя.
Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Определение касательной силы тяги, развиваемой двигателем на ведущих колесах. 2) Расчет суммы сопротивлений движению: сопротивление качению, сопротивление уклону, сопротивление воздуха, сопротивление резанию грунта отвалом. 3) Запись уравнения баланса: $F_{\text{тяги}} = \sum W_{\text{сопр}}$. 4) Проверка условия сцепления:</td></tr>
</table>

№ вопроса	Ответы
	$F_{\text{тяги}} \leq G_{\text{сцеп}} \cdot \varphi$. 5) Определение предельной производительности или максимальной рабочей скорости. *Критерий*: 5 шагов с указанием физических законов — 10 баллов.
17	Позволяет перейти от эмпирических формул к точному математическому моделированию процесса резания и уплотнения грунта. Это приводит к оптимизации геометрии отвала или ковша (углы резания, кривизна), снижению удельного сопротивления резанию, уменьшению износа режущих кромок и снижению энергопотребления машины. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение производительности и скорости ленты. 2) Расчет основных сопротивлений движению: от трения роликов, от перемещения груза, от подъема груза на высоту. 3) Расчет дополнительных сопротивлений (на барабанах, очистных устройствах). 4) Суммирование сопротивлений и определение окружного усилия на приводном барабане. 5) Расчет мощности на валу двигателя с учетом КПД привода и запаса на пуск. *Критерий:* 5 шагов — 10 баллов.
19	*Вход*: масса и габариты компонентов (двигатель, АКБ, мачта, противовес), требования по остаточной грузоподъемности. *Процесс*: вариативное размещение узлов в 3D-модели, расчет координат общего ЦТ, проверка условий продольной и поперечной устойчивости. *Выход*: оптимальная компоновочная схема, обеспечивающая максимальную устойчивость при минимальной массе. *Обратная связь*: корректировка расположения балласта или мачты на основе результатов виртуальных или натурных испытаний на опрокидывание. *Критерий*: корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: переход от статических расчетов к полномасштабному динамическому моделированию (Multibody Dynamics). Влияние: конструктор может виртуально «прогнать» машину по цифровому полигону, оценить реальные динамические нагрузки на шарниры, раму и гидравлику до изготовления физического прототипа. Это радикально сокращает цикл проектирования, снижает материалоемкость за счет точного учета запасов прочности и позволяет оптимизировать алгоритмы работы систем автоматического управления. *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 машин, владеет методами тяговых, кинематических и динамических расчетов, способен применять системный подход и выявлять современные тенденции цифрового моделирования.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные теоретические зависимости и методы расчета, умеет разрабатывать алгоритмы проектирования, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (динамическая устойчивость, мультифизическое моделирование).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы работы машин, но испытывает трудности при применении системного подхода к анализу нагрузок и обосновании компоновочных решений.
Неудовлетворительно	<70	Не знает основных теоретических зависимостей, путает виды сопротивлений и коэффициенты, не умеет выполнять базовые тяговые расчеты и расчеты на устойчивость.

Инструкция для экзаменатора

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-2.1 (Разрабатывает ТЗ и алгоритмы расчета параметров) — задания 7, 8, 11, 15, 18, 19.

— ПК-2.2 (Выполняет расчеты оборудования, анализирует силовые факторы) — задания 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 16.
— ПК-2.5 (Выявляет тенденции развития методов проектирования) — задания 9, 14, 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Теория подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» (разделы по кинематике, динамике, тяговым расчетам, устойчивости и взаимодействию с грунтом) и направлен на проверку готовности инженера к расчетному обоснованию, проектированию и совершенствованию конструкций ПТСДС с применением современных теоретических и компьютерных методов в рамках компетенции ПК-2.

Вопросы и задания по дисциплине «Строительные и дорожные машины и оборудование»

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

2. Что является основным рабочим органом асфальтоукладчика, формирующим профиль и плотность укладываемого слоя?
а) Шнековый распределитель
б) Плита (погружная или выносная)
в) Гусеничный или колесный ход
г) Бункер-накопитель

3. Формула теоретической производительности одноковшового экскаватора:
а) $П = \frac{3600 \cdot V \cdot K_н \cdot K_в}{T_ц}$
б) $П = V \cdot K_н \cdot T_ц$
в) $П = \frac{3600 \cdot V}{K_н \cdot K_в}$
г) $П = \frac{V \cdot T_ц}{3600}$
(где V - объем ковша, $K_н$ - коэф. наполнения, $K_в$ - коэф. использования во времени, $T_ц$ - время цикла)

4. Какой тип ходового оборудования необходимо запроектировать для машины, работающей на слабых, переувлажненных грунтах с высоким удельным давлением?

а) Пневмоколесный с одинарными шинами
б) Гусеничный
в) Рельсовый
г) Шагающий

5. Какая современная система позволяет автогрейдеру автоматически поддерживать проектный профиль дороги без участия оператора в управлении отвалом?
а) Система курсовой устойчивости (ESP)
б) Система автоматического нивелирования (2D/3D Machine Control)
в) Система мониторинга давления в шинах (TPMS)
г) Система автоматической смазки (Central Lubrication)

6. Установите соответствие между типом машины и ее основным классификационным параметром при проектировании:
1. Бульдозер
2. Автогрейдер
3. Дорожный каток
4. Асфальтоукладчик

а) Тяговый класс и мощность двигателя
б) Ширина укладываемой полосы и емкость бункера
в) Масса и статическое линейное давление
г) Мощность двигателя и масса машины

7. Рассчитайте теоретическую часовую производительность одноковшового экскаватора, если объем ковша $V = 1.2\ м^3$, время цикла $T_ц = 25$ с, коэффициент наполнения ковша $K_н = 1.1$, коэффициент использования во времени $K_в = 0.85$.

8. Опишите алгоритм выбора типа отвала бульдозера (прямой, полусферический, угольный) при проектировании машины для конкретных условий.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода компоновочные решения современного автогрейдера с сочлененной рамой.

10. Синтезируйте информацию из ГОСТ Р 58202-2018 и руководств по проектированию дорожных катков по теме «Требования к виброуплотняющему оборудованию». Выделите общие и специфические параметры.

11. Сформулируйте проблему: «Запроектированный асфальтоукладчик формирует слой с неравномерной плотностью и волнистостью». Проведите декомпозицию задачи для поиска конструктивных причин.

12. Какие риски возникают при проектировании скрепера с тягачом, имеющим недостаточный запас по крутящему моменту?

13. Составьте сравнительную таблицу жесткой и сочлененной (шарнирной) рам для фронтального погрузчика по критериям: маневренность, устойчивость, металлоемкость, условия работы.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Как мы увеличили производительность автогрейдера, просто убрав передний балласт и поставив более широкие ножи». Какие признаки указывают на опасность данного «улучшения»?

15. Разработайте критерии выбора и проектирования рабочего органа (щековой дробилки) для мобильного комплекса по переработке нерудных строительных материалов.

16. Опишите методику проведения стендовых испытаний нового гидравлического молота, проектируемого в качестве навесного оборудования для экскаватора.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение систем 3D-нивелирования меняет механическую конструкцию и гидропривод автогрейдеров?

18. Разработайте алгоритм расчета требуемой массы вибрационного дорожного катка для уплотнения слоя асфальтобетона толщиной 10 см.

19. Опишите, как системный подход помогает при проектировании гибридной силовой установки для городской подметально-вакуумной машины. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития конструкций строительных и дорожных машин (ПК-2.5). Как автономное управление и электрификация влияют на процесс проектирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	в) Автогрейдер.
2	б) Плита (погружная или выносная).
3	а) $П = \frac{3600 \cdot V \cdot K_н \cdot K_в}{T_ц}$.
4	б) Гусеничный (обеспечивает наименьшее удельное давление на грунт).
5	б) Система автоматического нивелирования (2D/3D Machine Control).

№ вопроса	Ответы
6	Ответ: 1-а, 2-г, 3-в, 4-б. Критерий: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$П = \frac{3600 \cdot 1.2 \cdot 1.1 \cdot 0.85}{25} = \frac{4039.2}{25} \approx 161.5$ м^3/ч. *Критерий*: верная формула, подстановка и расчет — 5 баллов.
8	1) Анализ физико-механических свойств грунта (плотность, угол естественного откоса). 2) Оценка дальности перемещения (прямой отвал — до 80 м, полусферический — свыше 80 м). 3) Учет специфики материала (угольный отвал — для легких, сыпучих материалов с низкой плотностью). 4) Проверка тягового усилия трактора на соответствие возросшей массе отвала с грузом. Критерий: 4 логичных шага — 5 баллов.
9	*Вход*: требования к маневренности, обзорности, распределению веса. *Процесс*: сочлененная рама (шарнир в середине) позволяет уменьшить радиус поворота и обеспечить постоянное сцепление всех колес с грунтом на неровностях. Двигатель смещен назад для балансировки и улучшения обзора на отвал. Кабина расположена по центру для снижения вибраций. *Выход*: высокая маневренность и качество профилирования. *Обратная связь*: усложнение конструкции рамы и гидропривода шарнира. *Критерий*: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.
10	Общие (ГОСТ): требования к безопасности, уровню шума, базовые параметры линейной нагрузки. Специфические (проектирование): выбор частоты вибрации и амплитуды в зависимости от толщины уплотняемого слоя и типа материала (асфальтобетон требует высокочастотного уплотнения с малой амплитудой, грунт — низкочастотного с большой). *Критерий*: структурированный анализ — 10 баллов.
11	1) Анализ системы подачи смеси (равномерность работы шнековых распределителей). 2) Проверка системы обогрева плиты (неравномерный нагрев вызывает налипание смеси). 3) Оценка системы виброуплотнения плиты (рассинхронизация эксцентриковых валов). 4) Анализ системы автоматического нивелирования плиты (люфты в тягах, запаздывание гидроцилиндров). *Критерий*: 4 подзадачи — 10 баллов.

<table>
<tr><td>№ вопроса</td><td>Ответы</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Невозможность заполнения ковша грунтом в тяжелых условиях (буксование). 2) Перегрев трансмиссии и двигателя при работе на подъемах. 3) Резкое снижение производительности и увеличение расхода топлива. 4) Ускоренный износ шин и элементов ходовой части из-за пробуксовок.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td><table>
<tr><td>Критерий</td><td>Жесткая рама</td><td>Сочлененная рама</td></tr>
<tr><td>Маневренность</td><td>Низкая (большой радиус поворота)</td><td>Высокая (перелом в середине)</td></tr>
<tr><td>Устойчивость</td><td>Высокая на ровной поверхности</td><td>Высокая на неровностях (все колеса в контакте)</td></tr>
<tr><td>Металлоемкость</td><td>Ниже</td><td>Выше (из-за шарнирного узла и гидроцилиндров)</td></tr>
<tr><td>Условия работы</td><td>Ровные площадки, карьеры</td><td>Стесненные условия, пересеченная местность</td></tr>
</table>
Критерий: полная таблица — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Нарушение развесовки машины (потеря сцепления передних колес, ухудшение управляемости). 2) Увеличение сопротивления резанию без запаса по тяговому усилию (приведет к буксованию). 3) Игнорирование прочности конструкции ножевого блока (возможны изломы). 4) Нарушение требований завода-изготовителя и ФНП.
Критерий: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>15</td><td>1) Максимальный размер исходного куска и требуемая производительность. 2) Твердость и абразивность материала (выбор марки стали футеровки). 3) Ширина и длина приемной щели. 4) Ход подвижной щеки и угол захвата. 5) Требования к мобильности и массогабаритным показателям комплекса.
Критерий: 4-5 критериев — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>16</td><td>1) Установка молота на испытательный стенд (имитация рукояти экскаватора). 2) Замер энергии единичного удара и частоты ударов. 3) Проверка герметичности гидросистемы и нагрева масла. 4) Тестирование на различных материалах (бетон, скальный грунт) для оценки фактической производительности. 5) Анализ вибрационных нагрузок на несущую конструкцию.
Критерий: 5 этапов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>17</td><td>Отказ от сложных механических тяг и тросовых приводов управления отвалом в пользу полностью гидравлического</td></tr>
</table>

№ вопроса	Ответы
	управления с пропорциональными электрогидравлическими распределителями. Упрощение кинематики подвески отвала. Установка датчиков наклона и GNSS-антенн непосредственно на конструкцию машины, что требует усиления мест их крепления и защиты кабелей. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение требуемого коэффициента уплотнения материала. 2) Выбор необходимого статического линейного давления (q) по нормативным таблицам для данного типа смеси. 3) Расчет массы катка: $m = \frac{q \cdot L}{g}$ (где L - длина вальца). 4) Подбор параметров вибратора (центробежная сила, частота) для обеспечения динамического уплотнения без разрушения щебня в смеси. *Критерий*: 4 шага с формулами — 10 баллов.
19	*Вход*: режимы работы (транспортный, режим уборки с работой вакуумного насоса и щеток). *Процесс*: ДВС работает в оптимальной точке КПД, генерируя электричество. Электродвигатели приводят в движение насос и щетки, а также колеса. *Выход*: снижение расхода топлива и выбросов в жилых зонах. *Обратная связь*: контроль заряда буферной батареи и регулирование оборотов ДВС в зависимости от нагрузки на рабочие органы. *Критерий*: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: 1) Переход на электрические тяговые приводы (отсутствие ДВС, трансмиссии, выхлопной системы, установка батарейных отсеков). 2) Внедрение автономных систем (лидары, радары, камеры) требует изменения архитектуры кабины и размещения датчиков. 3) Модульность конструкций. Влияние: конструктор должен работать в междисциплинарных командах с инженерами-электриками и программистами, закладывая в конструкцию каналы связи, системы охлаждения электроники и защиты от ЭМ-помех. *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 строительных и дорожных машин, владеет методами расчета производительности и тяги, способен применять системный подход для оптимизации компоновки и выявления современных тенденций.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы машин и их рабочие органы, умеет решать типовые задачи расчета, 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 компоновке и обосновании проектных решений.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации и назначения машин, не умеет рассчитывать производительность, не понимает принципов работы рабочих органов.

Инструкция для экзаменатора

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-2.1** — задания 7, 8, 15, 18.
   — **ПК-2.2** — задания 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19.
   — **ПК-2.5** — задания 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины (темы 1, 6, 7, 8: компоновочные решения, дорожно-строительные машины, машины для ремонта дорог и нерудных материалов) и направлен на проверку готовности инженера к проектированию и совершенствованию данной техники.

Вопросы и задания по дисциплине «Подъемники»

1. Какой тип подъемника преимущественно используется для вертикального транспортирования рабочих и материалов на строящихся объектах (высотных зданиях)?
а) Шахтный лифт
б) Мачтовый строительный подъемник
в) Реечный домкрат
г) Автомобильный кран

2. Какой тип домкрата обеспечивает наибольшую грузоподъемность при относительно малом ходе поршня и широко применяется для подъема тяжелого оборудования?
а) Реечный
б) Винтовой
в) Гидравлический
г) Пневматический

3. Какое обязательное устройство безопасности должно быть установлено на кабине шахтного лифта или мачтового подъемника для предотвращения падения при обрыве каната?
а) Ограничитель скорости
б) Ловитель (захватное устройство)
в) Буфер
г) Концевой выключатель

4. Какой параметр является определяющим при выборе электродвигателя механизма подъема подъемника в повторно-кратковременном режиме работы (ПКР)?
а) Пусковой ток
б) Эквивалентная мощность и коэффициент продолжения включения (ПВ%)
в) Максимальная частота вращения
г) Класс защиты IP

5. Какой государственный орган в РФ осуществляет федеральный государственный надзор за безопасной эксплуатацией подъемных сооружений (включая лифты и подъемники)?
а) Роспотребнадзор
б) Ростехнадзор
в) Росавтодор
г) МЧС России
Ответ: б) Ростехнадзор (в соответствии с ФНП).

6. Установите соответствие между типом подъемного устройства и его основной областью применения:

1. Винтовой домкрат
2. Шахтный лифт
3. Лебедка ручная
4. Мачтовый подъемник

а) Точное позиционирование тяжелых узлов при сборке и монтаже.
б) Транспортировка грузов и людей в глубоких шахтах или высотных зданиях по жестким направляющим.
в) Монтажные и такелажные работы при отсутствии источника электроэнергии.
г) Подача строительных материалов и рабочих на этажи возводимых зданий.

7. Рассчитайте требуемую мощность электродвигателя механизма подъема мачтового подъемника, если масса груза с кабиной $m = 1500$ кг, номинальная скорость подъема $v = 0.4$ м/с, а общий КПД механизма $\eta = 0.75$.

8. Опишите алгоритм выбора каната для механизма подъема строительного подъемника.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода конструкцию мачтового подъемника.

10. Синтезируйте информацию из ФНП «Правила безопасности подъемных сооружений» и РПД по теме «Устройства безопасности подъемников». Выделите обязательные и рекомендуемые требования.

11. Сформулируйте проблему: «При подъеме кабины мачтового подъемника наблюдается сильный крен и вибрация». Проведите декомпозицию задачи для поиска конструктивных причин.

12. Какие риски возникают при использовании стандартной грузовой лебедки без дублирующего тормоза и ловителей для подъема людей в строительном подъемнике?

13. Составьте сравнительную таблицу винтовых и гидравлических домкратов по критериям: точность позиционирования, скорость подъема, грузоподъемность, обслуживание.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Как мы отключили ограничитель грузоподъемности на подъемнике, чтобы быстрее таскать кирпичи». Какие признаки указывают на опасность данного решения?

15. Разработайте критерии выбора типа привода лифта для нового 10-этажного жилого дома (канатный с машинным помещением vs безмашинный vs гидравлический).

16. Опишите методику проведения статических и динамических испытаний мачтового подъемника после монтажа на строительной площадке.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение частотно-регулируемого привода (ЧРП) меняет конструкцию и эксплуатацию подъемников?

18. Разработайте алгоритм расчета тормозного момента для механизма подъема грузового подъемника.

19. Опишите, как системный подход помогает при проектировании системы технического обслуживания (ТО) шахтного лифта. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития конструкций подъемников (ПК-2.5). Как системы диспетчеризации и IoT влияют на процесс проектирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Мачтовый строительный подъемник.
2	в) Гидравлический.
3	б) Ловитель (захватное устройство).
4	б) Эквивалентная мощность и коэффициент продолжения включения (ПВ%).
5	б) Ростехнадзор (в соответствии с ФНП).
6	1-а, 2-б, 3-в, 4-г. Критерий: Полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$P = \frac{m \cdot g \cdot v}{\eta} = \frac{1500 \cdot 9.81 \cdot 0.4}{0.75} = \frac{5886}{0.75} = 7848$ Вт ≈ 7.85 кВт. С учетом запаса на динамические нагрузки выбирается двигатель 11 кВт. *Критерий*: Верная формула, расчет и обоснование выбора стандартного двигателя — 5 баллов.
8	1) Определение максимального статического натяжения ветви каната (S_{max}) с учетом массы кабины, груза и каната. 2) Выбор нормативного коэффициента запаса прочности (z) по ФНП (для людских подъемников $z \geq 9$, для грузовых $z \geq 5 - 6$). 3) Расчет требуемого разрывного усилия: $F_{\text{разр}} = S_{max} \cdot z$. 4) Подбор каната по каталогу (тип свивки, например, ЛК-Р). 5) Проверка совместимости с диаметром барабана и блоков. *Критерий*: 4-5 логичных шагов — 5 баллов.

<table>
<tr><td>9</td><td>Вход: вертикальные нагрузки, ветровые нагрузки, требования по высоте и грузоподъемности. Процесс: мачта (направляющие), кабина (грузонесущее устройство), лебедка (привод), система ловителей и ограничителей (безопасность). Выход: безопасное вертикальное перемещение. Обратная связь: концевые выключатели и датчики перегрузки, останавливающие привод при достижении крайних положений или превышении массы.
Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Обязательные (ФНП): ловители, ограничители высоты (концевые выключатели), замки дверей шахты/кабины, буфера, сигнализация. Рекомендуемые (современная практика): частотно-регулируемый привод для плавности хода, система точного позиционирования (автостоп на этаже), телеметрия и удаленный мониторинг состояния узлов.
Критерий: Структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Проверка центровки и вертикальности мачты (отклонение от оси). 2) Анализ износа направляющих роликов кабины и зазоров между роликами и мачтой. 3) Оценка равномерности натяжения тяговых канатов (если их несколько). 4) Проверка смещения центра тяжести груза внутри кабины. 5) Анализ влияния ветровой нагрузки и работы анемометра.
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) При отказе основного тормоза или обрыве каната кабина начнет свободно падать. 2) Отсутствие ловителей делает невозможным экстренное заклинивание кабины на направляющих. 3) Высокий риск травмирования и гибели людей. Это грубейшее нарушение ФНП и требований охраны труда.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Винтовой домкрат</th><th>Гидравлический домкрат</th></tr>
<tr><td>Точность позиционирования</td><td>Высокая (самозамыкающаяся резьба)</td><td>Низкая (возможна утечка жидкости, провисание)</td></tr>
<tr><td>Скорость подъема</td><td>Низкая</td><td>Высокая</td></tr>
<tr><td>Грузоподъемность</td><td>Ограничена (до 50-100 т)</td><td>Очень высокая (сотни тонн)</td></tr>
<tr><td>Обслуживание</td><td>Простое (смазка резьбы)</td><td>Сложнее (контроль уровня и качества масла, уплотнений)</td></tr>
</table>

Критерий: Полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Превышение номинальной нагрузки приводит к перегреву и сгоранию двигателя. 2) Усталостное разрушение металлоконструкции мачты и сварных швов. 3) Обрыв каната из-за</td></tr>
</table>

	превышения разрывного усилия. 4) Отказ тормозной системы, не рассчитанной на удержание перегруженной кабины. Это ведет к катастрофическим авариям. *Критерий*: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.
15	1) Высота подъема и скорость (для 10 этажей оптимален канатный). 2) Наличие пространства под машинное помещение (безмашинный экономит место). 3) Грузоподъемность и интенсивность движения. 4) Энергоэффективность (безмашинные с ЧРП потребляют меньше). 5) Стоимость монтажа и последующего обслуживания. *Критерий*: 4-5 критериев — 10 баллов
16	1) Визуальный осмотр и проверка документации. 2) Статические испытания: загрузка кабины 1.25Q, подъем на высоту, выдержка 10 мин, проверка тормозов и отсутствия деформаций. 3) Динамические испытания: загрузка 1.1Q, многократные подъемы и опускания, проверка работы концевых выключателей, ловителей и замков дверей. 4) Оформление акта допуска в эксплуатацию. *Критерий*: 4-5 этапов — 10 баллов.
17	ЧРП обеспечивает плавный пуск и торможение (S-профиль), что резко снижает динамические нагрузки на канаты, металлоконструкцию и редуктор. Это позволяет уменьшить массу машины и повысить комфорт для пассажиров. Также ЧРП обеспечивает точное позиционирование кабины (автостоп в уровне пола) и экономию электроэнергии за счет рекуперации энергии при опускании груженой кабины. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение статического момента на валу двигателя от номинального груза ($M_{\text{ст}}$). 2) Выбор коэффициента запаса торможения ($K_{\text{торм}}$) по ФНП (обычно ≥ 1.75 для грузовых, ≥ 2.0 для людских). 3) Расчет требуемого тормозного момента: $M_{\text{т}} = M_{\text{ст}} \cdot K_{\text{торм}}$. 4) Подбор стандартного тормоза по каталогу. 5) Проверка тормоза на нагрев и износ накладок при заданном числе циклов. *Критерий*: 5 шагов с формулами — 10 баллов.
19	*Вход:* регламенты завода-изготовителя, ФНП, интенсивность использования. *Процесс:* периодические осмотры, смазка направляющих, проверка износа канатов и ловителей, настройка дверей. *Выход:* безопасное состояние лифта, продление ресурса. *Обратная связь:* данные от датчиков вибрации и контроля изоляции, позволяющие перейти от планового ТО к ТО по фактическому состоянию. *Критерий:* корректное применение терминов + пример — 10 баллов.

20	Тенденции: 1) Переход на безредукторные лебедки (direct drive) с постоянными магнитами. 2) Интеллектуальное управление потоками пассажиров (destination dispatch). 3) Интеграция IoT-датчиков для мониторинга состояния канатов, подшипников и электроники в реальном времени. Влияние: конструктор должен закладывать в конструкцию места для установки датчиков, предусматривать каналы связи и защищенные блоки обработки данных, создавая «умный» подъемник. *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 подъемников, владеет методами расчета механизмов и выбора узлов, способен применять системный подход и знает требования ФНП.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы подъемников и методы их расчета, умеет разрабатывать алгоритмы проектирования, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах и синтезе новых технологий.
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и стандарты, но испытывает трудности при применении системного подхода, расчете тормозных систем и обосновании проектных решений.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации и назначения подъемников, не умеет рассчитывать канаты и двигатели, не понимает требований безопасности и надзора.

5. 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-2.1** — задания 7, 8, 15, 18.

— **ПК-2.2** — задания 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19.

— **ПК-2.5** — задания 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Подъемники» (темы по конструкциям домкратов, лебедок, мачтовых и шахтных подъемников, расчетам механизмов и требованиям безопасности) и направлен на проверку готовности инженера к проектированию и совершенствованию данной техники.

Вопросы и задания по дисциплине «Специальные грузоподъемные краны»

1. Какое грузозахватное устройство является обязательным для перегрузки стандартных морских контейнеров (TEU/FEU) на причалах?
а) Грейфер
б) Электромагнит
в) Спредер
г) Вакуумный захват

2. Какой тип крана преимущественно используется для работы в узких межстеллажных проходах высотных складов?
а) Козловой кран
б) Кран-штабелёр
в) Кабельный кран
г) Консольный кран

3. Что является несущим элементом, по которому перемещается грузовая тележка в кабельном кране?
а) Рельсовый путь
б) Несущие канаты (кабели)
в) Монорельсовая балка
г) Цепная тяга

4. Какой фактор является определяющим при проектировании металлоконструкции понтона плавучего крана?
а) Максимальная скорость передвижения
б) Остойчивость (устойчивость на плаву) и непотопляемость
в) Аэродинамическое сопротивление
г) Цвет лакокрасочного покрытия

5. Для перегрузки каких материалов преимущественно применяется грейферный захват?
а) Листового металла и слябов
б) Сыпучих и кусковых материалов (уголь, руда, щебень)

в) Стеклянных панелей
г) Стандартизированных паллет

6. Установите соответствие между типом специального крана и его основной областью применения:

1. Кран-штабелёр
2. Портальный контейнерный кран (STS)
3. Кабельный кран
4. Судовой кран

а) Перегрузка контейнеров с судна на причал и обратно в морских портах.
б) Хранение и извлечение грузов на многоярусных стеллажах в закрытых складах.
в) Монтаж конструкций и бетонирование в труднодоступных местах (ущелья, стройплощадки сложного рельефа).
г) Погрузочно-разгрузочные операции на борту судна при отсутствии береговой инфраструктуры.

7. Рассчитайте массу груза, захватываемого челюстным грейфером, если его геометрический объем $V = 3.0\ \text{м}^3$, насыпная плотность материала $\rho = 1.4\ \text{т/м}^3$, а коэффициент наполнения $\psi = 0.85$.

8. Опишите алгоритм выбора типа спредера для автоматизированного контейнерного терминала.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода проектирование системы предотвращения раскачки груза (anti-sway) для кабельного крана.

10. Синтезируйте информацию из ФНП и РПД по теме «Приборы безопасности башенных и портальных кранов». Выделите обязательные и рекомендуемые требования.

11. Сформулируйте проблему: «При работе крана-штабелёра наблюдается повышенный износ направляющих стеллажей и вибрация мачты». Проведите декомпозицию задачи.

12. Какие риски возникают при использовании стандартного крюкового подвеса вместо вакуумного захвата для перегрузки листового стекла или полированных металлических листов?

13. Составьте сравнительную таблицу грейферного и электромагнитного грузозахватных устройств для мостового крана в цехе металлообработки.

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Мы увеличили вылет стрелы плавучего крана, просто удлинив стрелу на 5 метров,

остойчивость не проверяли, и так плавает». Какие признаки указывают на катастрофическую опасность?

15. Разработайте критерии выбора между рельсовым и безрельсовым (на пневмоколесном ходу) краном-штабелёром для нового складского комплекса.

16. Опишите методику проведения статических и динамических испытаний плавучего крана после монтажа на понтон.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение систем рекуперации энергии меняет конструкцию портовых контейнерных кранов (STS)?

18. Разработайте алгоритм расчета основных параметров крана-штабелёра (грузоподъемность, скорость подъема, скорость передвижения) для заданной производительности склада.

19. Опишите, как системный подход помогает при создании «Цифрового двойника» автоматизированного складского комплекса с кранами-штабелёрами. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития специальных грузоподъемных кранов (ПК-2.5). Как автономность и машинное зрение влияют на процесс проектирования?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	в) Спредер.
2	б) Кран-штабелёр.
3	б) Несущие канаты (кабели).
4	б) Остойчивость (устойчивость на плаву) и непотопляемость.
5	б) Сыпучих и кусковых материалов.
6	1-б, 2-а, 3-в, 4-г. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$m = V \cdot \rho \cdot \psi = 3.0 \cdot 1.4 \cdot 0.85 = 3.57$ тонны. *Критерий*: Верная формула и расчет — 5 баллов.
8	1) Анализ типа контейнеров (20', 40', 45', танк-контейнеры). 2) Выбор конструкции (телескопический, фиксированный, поворотный). 3) Определение типа привода замков (гидравлический, механический, электромагнитный). 4) Оценка требований к автоматизации (система автоматического наведения

<table>
<tr><td></td><td>на фитинги, датчики контроля захвата). 5) Расчет массы спредера и его влияния на полезную грузоподъемность крана.
Критерий: 4-5 логичных шагов — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Вход: длина несущих канатов, скорость тележки, ветровая нагрузка. Процесс: математическое моделирование маятниковых колебаний, разработка алгоритма управления частотными приводами (изменение ускорения тележки для гашения колебаний). Выход: точное позиционирование груза без участия оператора. Обратная связь: данные с энкодеров и гироскопов на грузовой тележке для корректировки алгоритма в реальном времени.
Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Обязательные (ФНП): ограничители грузоподъемности, ограничители высоты подъема, концевые выключатели механизмов передвижения, анемометры (для высотных и портальных). Рекомендуемые (современная практика): системы видеонаблюдения слепых зон, лазерные сканеры безопасности зоны работы, системы точного позиционирования и anti-sway.
Критерий: Структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Проверка соосности и вертикальности мачты штабелёра. 2) Анализ состояния ходовых колес и рельсового пути (наличие перекосов). 3) Оценка работы системы позиционирования (точность остановки в ячейке). 4) Проверка состояния виброгасящих элементов и направляющих башмаков. 5) Анализ скоростных режимов разгона и торможения (S-профиль).
Критерий: 4-5 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Невозможность надежного строповки без повреждения поверхности (царапины, сколы). 2) Высокий риск соскальзывания груза и его падения. 3) Травматизм персонала из-за разлета осколков. 4) Низкая производительность из-за сложного и длительного процесса строповки.
Критерий: 3-4 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><th>Критерий</th><th>Грейфер</th><th>Электромагнит</th></tr>
<tr><td>Тип груза</td><td>Сыпучие, кусковые, лом</td><td>Ферромагнитные материалы (листы, слитки)</td></tr>
<tr><td>Энергопотребление</td><td>Не требует питания (механика)</td><td>Требует постоянного тока (риск падения при отключении)</td></tr>
<tr><td>Скорость работы</td><td>Ниже (требует времени на смыкание челюстей)</td><td>Высокая (мгновенный захват и сброс)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

	<table><tr><td>Обслуживание</td><td>Износ шарниров, канатов</td><td>Износ обмотки, необходимость АКБ для безопасности</td></tr></table> *Критерий*: Полная таблица — 10 баллов.
14	1) Увеличение вылета стрелы резко увеличивает опрокидывающий момент. 2) Игнорирование проверки остойчивости приведет к потере метацентрической высоты и опрокидыванию понтона при малейшем крене или ветре. 3) Нарушение требований Регистра и ФНП. 4) Риск гибели людей и потери крана. *Критерий*: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.
15	1) Интенсивность грузооборота (рельсовые быстрее и точнее). 2) Высота стеллажей (рельсовые позволяют работать на больших высотах). 3) Гибкость перепланировки склада (безрельсовые можно перемещать между проходами). 4) Стоимость инфраструктуры (рельсы и токоподвод vs зарядные станции). 5) Требования к точности позиционирования. *Критерий*: 4-5 критериев — 10 баллов.
16	1) Проверка документации и остойчивости понтона. 2) Статические испытания: подъем груза 1.25Q, поворот на 360°, проверка крена понтона и отсутствия остаточных деформаций. 3) Динамические испытания: подъем груза 1.1Q, проверка работы всех механизмов, тормозов и ограничителей в движении. 4) Оформление акта и внесение изменений в диаграмму грузоподъемности. *Критерий*: 4-5 этапов — 10 баллов.
17	При опускании груженого спредера потенциальная энергия груза преобразуется в электрическую. Внедрение частотных приводов с функцией рекуперации и накопительных систем (суперконденсаторов или маховиков) позволяет возвращать до 30-40% энергии в сеть. Это требует установки дополнительных преобразователей частоты, систем охлаждения и изменения схемы электроснабжения крана. *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение требуемой производительности (паллет/час). 2) Расчет времени цикла (время разгона, движения, торможения, захвата груза). 3) Выбор номинальной грузоподъемности (с учетом массы паллеты и груза). 4) Расчет скоростей перемещений (горизонтальных и вертикальных) для обеспечения заданного времени цикла с учетом ускорений (для устойчивости груза). 5) Проверка по условиям точности позиционирования. *Критерий*: 5 шагов — 10 баллов.
19	*Вход*: заказы на отгрузку/приемку, 3D-модель склада, телеметрия с кранов. *Процесс*: симуляция работы WMS (складской системы),

	оптимизация маршрутов кранов, предотвращение коллизий, расчет износа узлов. *Выход*: управляющие команды для кранов в реальном времени. *Обратная связь*: данные о фактическом времени цикла и простоях для корректировки алгоритмов оптимизации. *Критерий*: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: полный переход к автономным кранам-штабелёрам и дистанционно управляемым портовым кранам. Внедрение систем машинного зрения (LiDAR, 3D-камеры) для распознавания контейнеров, фитингов и препятствий. Влияние на ПК-2: конструктор должен интегрировать в металлоконструкцию места для установки датчиков, предусматривать виброзащиту вычислительных блоков, закладывать резервирование систем связи и питания для обеспечения бесперебойной работы 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 специальных кранов и ГЗУ, владеет методами их расчета и проектирования, способен применять системный подход и выявлять современные тенденции автоматизации.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные типы специальных кранов, умеет разрабатывать алгоритмы выбора узлов, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (остойчивость плавучих кранов, синтез систем anti-sway).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и классификацию, но испытывает трудности при применении системного подхода к проектированию автоматизированных систем и обосновании проектных решений.
Неудовлетворительно	<70	Не знает классификации специальных кранов, путает типы грузозахватных устройств, не понимает требований безопасности и принципов расчета.

5. 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-2.1** — задания 7, 8, 15, 18.

   — **ПК-2.2** — задания 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19.

   — **ПК-2.5** — задания 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Специальные грузоподъемные краны» (темы по кранам-штабелерам, контейнерным, кабельным, плавучим кранам и специальным ГЗУ) и направлен на проверку готовности инженера к проектированию и совершенствованию данной техники.

Вопросы и задания по дисциплине «Проектирование подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования»

1. Какой документ является основным при разработке конструкторской документации на новые или модернизированные ПТСДС согласно ЕСКД?
а) Технические условия (ТУ)
б) Сборочный чертёж
в) Спецификация
г) Пояснительная записка

2. Какой коэффициент запаса прочности принимается при расчёте металлоконструкций грузоподъёмных кранов по ФНП?
а) 1.15
б) 1.25
в) 1.4
г) 2.0

3. Что является обязательным требованием ТР ТС 010/2011 при проектировании механизмов подъёма?
а) Наличие системы автоматического управления
б) Наличие ограничителя грузоподъёмности
в) Использование только импортных комплектующих
г) Применение цветных металлов

4. Какой метод расчёта применяется для определения напряжённо-деформированного состояния сложных металлоконструкций ПТСДС?
а) Метод конечных элементов (МКЭ)
б) Метод сечений
в) Графоаналитический метод
г) Метод сил

5. Какой параметр НЕ учитывается при расчёте механизма поворота стрелового крана?
а) Момент инерции поворотной части
б) Скорость ветра
в) Цвет краски металлоконструкции
г) Коэффициент сопротивления вращению

6. Установите соответствие между этапом проектирования ПТСДС и его содержанием:
1. Техническое предложение
2. Эскизный проект
3. Технический проект
4. Рабочая документация

а) Разработка конструкторской документации для производства
б) Обоснование целесообразности разработки, анализ патентов
в) Разработка принципиальных решений, расчёты, макеты
г) Окончательные технические решения, полный состав изделия

7. Рассчитайте потребную мощность электродвигателя механизма подъёма груза массой 5 тонн при скорости подъёма 0.5 м/с, если КПД механизма составляет 0.85.

8. Опишите алгоритм расчёта и проектирования вала механизма передвижения крана.

9. Проанализируйте с использованием системного подхода проектирование металлоконструкции стрелы автокрана.

10. Синтезируйте информацию из ТР ТС 010/2011 и ФНП «Правила безопасности ОПО с подъёмными сооружениями» по теме «Требования к механизмам подъёма». Выделите общие и специфические требования.

11. Сформулируйте проблему: «При проектировании редуктора механизма поворота крана возникла проблема с обеспечением требуемого ресурса подшипников». Проведите декомпозицию задачи.

12. Какие риски возникают при проектировании металлоконструкции без учёта требований ТР ТС 010/2011?

13. Составьте сравнительную таблицу методов расчёта металлоконструкций: «Аналитический» vs «Метод конечных элементов (МКЭ)».

14. Проанализируйте достоверность источника: статья в блоге «Как мы спроектировали стрелу крана без расчётов, просто скопировав с аналога». Какие признаки указывают на опасность данного подхода?

15. Разработайте критерии выбора материала для изготовления вала механизма подъёма крана.

16. Опишите методику проведения расчёта на усталостную прочность сварного соединения в металлоконструкции крана.

17. Синтезируйте данные из лекций и практики: как внедрение параметрического моделирования в САПР (T-Flex, Компас-3D) меняет процесс проектирования ПТСДС?

18. Разработайте алгоритм проектирования тормозной системы механизма подъёма крана.

19. Опишите, как системный подход помогает при модернизации существующей конструкции крана. Используйте понятия: вход, процесс, выход, обратная связь.

20. Обобщите современные тенденции развития методов проектирования ПТСДС (ПК-3). Как цифровые двойники и генеративный дизайн влияют на процесс?

Ключ к контрольным вопросам:

№ вопроса	Ответы
1	б) Сборочный чертёж (является основным конструкторским документом, определяющим состав изделия и взаимодействие его составных частей).
2	в) 1.4 (минимальный коэффициент запаса прочности для основных элементов металлоконструкций кранов).
3	б) Наличие ограничителя грузоподъёмности (обязательное требование безопасности).
4	а) Метод конечных элементов (МКЭ) — наиболее точный метод для сложных конструкций.
5	в) Цвет краски металлоконструкции (не влияет на кинематические и динамические расчёты).
6	1-б, 2-в, 3-г, 4-а. *Критерий*: полное соответствие — 5 баллов; 1 ошибка — 3 балла; 2 и более — 0.
7	$P = \frac{m \cdot g \cdot v}{\eta} = \frac{5000 \cdot 9.81 \cdot 0.5}{0.85} = \frac{24525}{0.85} \approx 28853$ Вт ≈ **28.9 кВт**. С учётом запаса мощности (10-15%) выбирается двигатель мощностью **30-33 кВт**. *Критерий*: верная формула, расчёт и обоснование выбора двигателя — 5 баллов.
8	1) Определение действующих нагрузок (крутящий момент, изгибающие моменты). 2) Выбор материала вала (сталь 45, 40Х и т.д.). 3) Предварительный расчёт диаметра вала по крутящему моменту. 4) Конструирование вала с учётом установки деталей (ступицы, подшипники). 5) Проверочный расчёт на прочность (статическая и усталостная). 6) Расчёт на жёсткость (углы закручивания, прогибы). 7) Выбор посадок и допусков. *Критерий*: 6-7 логичных шагов — 5 баллов.
9	*Вход*: грузоподъёмность, вылет стрелы, условия эксплуатации. *Процесс*: выбор типа сечения (коробчатое, решётчатое), расчёт поясов и раскосов на прочность и устойчивость, топологическая оптимизация, выбор стали (09Г2С, S690QL). *Выход*: 3D-модель и КД стрелы. *Обратная*

<table>
<tr><td>№ вопроса</td><td>Ответы</td></tr>
<tr><td></td><td>связь: данные тензометрии с реальных машин для уточнения расчётных схем и усталостной долговечности сварных швов.
Критерий: системный анализ с выделением элементов — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Общие (ТР ТС 010/2011): наличие ограничителей грузоподъёмности и высоты, тормозных устройств, расчёт на прочность. Специфические (ФНП): периодичность испытаний, требования к канатам (коэффициент запаса 5-6), требования к крюкам (запрет на применение высокоуглеродистых сталей), требования к сварным швам (контроль УЗК/РК).
Критерий: Структурированный анализ — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>11</td><td>1) Анализ нагрузок (возможно завышены или не учтены динамические коэффициенты). 2) Выбор подшипников с большей динамической грузоподъёмностью (изменение серии). 3) Изменение схемы нагружения (увеличение расстояния между опорами). 4) Применение более качественной смазки. 5) Увеличение габаритов редуктора (если позволяет ТЗ). 6) Применение подшипников качения вместо скольжения или наоборот.
Критерий: 5-6 подзадач — 10 баллов.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1) Невозможность получения сертификата соответствия и ввода машины в эксплуатацию. 2) Риск аварий и травматизма из-за недостаточной прочности. 3) Юридическая ответственность разработчика и производителя. 4) Экономические потери (переделка документации, отзыв продукции). 5) Потеря репутации предприятия.
Критерий: 4-5 обоснованных риска — 5 баллов.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>
<table>
<tr><td>Критерий</td><td>Аналитический метод</td><td>МКЭ</td></tr>
<tr><td>Точность</td><td>Приближённая (для простых схем)</td><td>Высокая (для сложных конструкций)</td></tr>
<tr><td>Трудоёмкость</td><td>Низкая (ручные расчёты)</td><td>Высокая (требует САПР/CAE)</td></tr>
<tr><td>Применимость</td><td>Простые балки, рамы</td><td>Любые сложные конструкции</td></tr>
<tr><td>Визуализация</td><td>Эпюры напряжений</td><td>Цветовые карты напряжений и деформаций</td></tr>
</table>
Критерий: Полная таблица — 10 баллов.
</td></tr>
<tr><td>14</td><td>1) Игнорирование различий в материалах, технологиях изготовления, условиях эксплуатации. 2) Отсутствие расчётов на прочность, устойчивость, усталость. 3) Невозможность обеспечения безопасности и соответствия</td></tr>
</table>

№ вопроса	Ответы
	ТР ТС 010/2011. 4) Риск катастрофического разрушения конструкции. 5) Юридическая ответственность за нарушение требований безопасности. *Критерий*: ≥3 инженерно обоснованных признака — 5 баллов.
15	1) Прочностные характеристики (предел текучести, временное сопротивление). 2) Усталостная прочность (предел выносливости). 3) Технологичность (свариваемость, обрабатываемость резанием). 4) Стоимость и доступность. 5) Требования к термообработке (закалка, отпуск, цементация). 6) Коррозионная стойкость (при работе в агрессивных средах). *Критерий*: 5-6 критериев — 10 баллов.
16	1) Определение номинальных напряжений в опасном сечении. 2) Выбор коэффициентов концентрации напряжений (с учётом типа сварного шва). 3) Определение предела выносливости материала. 4) Расчёт коэффициента запаса по усталостной прочности. 5) Сравнение с нормативными значениями (не менее 1.4 по ФНП). 6) При необходимости — изменение конструкции шва или материала. *Критерий*: 5-6 этапов — 10 баллов.
17	Создание параметрических 3D-моделей позволяет автоматически обновлять все связанные чертежи при изменении базовых размеров. Ускоряется процесс внесения изменений в конструкторскую документацию. Обеспечивается проверка собираемости и отсутствие коллизий на этапе проектирования. Упрощается создание семейств однотипных изделий (например, кранов разной грузоподъёмности). *Критерий*: 4 аспекта влияния — 10 баллов.
18	1) Определение тормозного момента (с учётом запаса 1.75-2.0 от статического момента). 2) Выбор типа тормоза (колодочный, дисковый, ленточный). 3) Расчёт основных параметров тормоза (диаметр барабана/диска, усилие прижатия). 4) Проверка на нагрев и износ накладок. 5) Выбор привода тормоза (электромагнитный, гидравлический, пневматический). 6) Разработка схемы управления тормозом. *Критерий*: 5-6 шагов — 10 баллов.
19	*Вход*: анализ недостатков существующей конструкции, новые требования (грузоподъёмность, вылет), нормативная база. *Процесс*: расчёт и проектирование новых узлов (стрела, механизмы), выбор материалов, разработка КД.

№ вопроса	Ответы
	Выход: модернизированная конструкция с улучшенными характеристиками. *Обратная связь*: испытания опытного образца, сбор данных об эксплуатации, корректировка документации для серийного производства. *Критерий*: Корректное применение терминов + пример — 10 баллов.
20	Тенденции: 1) Переход к созданию цифровых двойников изделий для виртуальных испытаний. 2) Применение генеративного дизайна (ИИ предлагает оптимальные топологии конструкций). 3) Интеграция CAD/CAE/CAM-систем для сквозного проектирования. 4) Использование BIM-технологий для строительных кранов. Влияние на ПК-3: конструктор работает не с чертежами, а с параметрическими 3D-моделями, которые автоматически проверяются на прочность, собираемость и соответствие стандартам, что сокращает время вывода новой техники на рынок. *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 расчёта и проектирования узлов ПТСДС, владеет требованиями ТР ТС 010/2011 и ФНП, способен применять системный подход и выявлять современные тенденции.
Повышенный (хорошо)	75–89	Знает основные методы расчёта и проектирования, умеет разрабатывать КД, но допускает неточности в сложных ситуационных задачах (усталостная прочность, синтез цифровых двойников).
Базовый (удовлетворительно)	70–74	Знает теоретические основы и стандарты, но испытывает трудности при применении системного подхода к модернизации конструкций и обосновании проектных решений.

Уровень сформированности	Баллы	Описание
Неудовлетворительно	<70	Не знает методов расчёта, путает требования ТР ТС и ФНП, не умеет разрабатывать КД, не понимает принципов проектирования ПТСДС.

Инструкция для экзаменатора

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-2.1 (Разрабатывает технические задания на проектирование оборудования, оснастки и инструмента, учитывает нормативные требования) — задания 1, 3, 6, 10, 12, 14.

— ПК-2.2 (Выполняет расчёт технологического оборудования и нестандартного инструмента для операций производства и ремонта НТТС и ПТСДС) — задания 2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 18, 19.

— ПК-2.5 (Выявляет тенденции развития технологий производства с учётом современного развития техники) — задания 17, 20.

Примечание: данный ФОС полностью отражает содержание РПД дисциплины «Проектирование подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» (разделы по расчёту и проектированию узлов, разработке конструкторской документации, модернизации конструкций, требованиям ТР ТС 010/2011 и ФНП) и направлен на проверку готовности инженера к проектированию и совершенствованию технологического оборудования, оснастки и инструмента для производства и ремонта НТТС и ПТСДС в рамках компетенции ПК-2.