

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Крюков Вадим Николаевич  
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике  
Дата подписания: 24.06.2026 10:02:17  
Уникальный программный ключ:  
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Заплярный государственный университет им. Н. М. Федоровского»  
ЗГУ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине

**«Динамика и прочность машин»**

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

Направленность (профиль): «Подъемно-транспортные, строительные машины и оборудование»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»  
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

\_\_\_\_\_ (должность, степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № 11 от «10» 06 2026 г.

ИО заведующий кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
ПК-2.3 Способен проводить осмотры и проверки технического состояния подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования	ПК-2.1: Обладает знаниями о конструкциях подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования ПК-2.2 Способен проводить осмотры и проверки технического состояния подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Содержание дисциплины. Статические и динамические нагрузки. Основания для построения динамических моделей механизмов	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Определение и приведение масс и моментов инерции масс при построении динамических моделей	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Определение и приведение коэффициентов жёсткости упругих элементов при построении расчётных моделей	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Приведение сил и моментов сил при построении расчётных схем	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Составление и преобразование уравнений движения в соответствии с расчётной схемой	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста

Свободные колебания без затухания и с затуханием (на примере одномассовой модели)	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Вынужденные колебания одномассовой системы без учёта сил трения при действии внезапной и гармонической нагрузки	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Вынужденные колебания одномассовой системы с учётом вязкого трения при действии гармонической нагрузки	ПК-2.3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Зачет	ПК-2.3	Решение всех тестовых заданий по темам	Решение всех тестовых заданий по темам

**2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<i>Промежуточная аттестация в 7 семестре в форме «зачет»</i>				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
	ИТОГО:	-	___ баллов	-

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

## Задания для текущего промежуточной аттестации

### Контролируемая компетенция ПК-2

Способен проводить осмотры и проверки технического состояния подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий)

#### 1. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между видом нагрузки, действующей на металлоконструкцию строительной машины, и характером её изменения во времени:

Вид нагрузки	Характер изменения во времени
1. Статическая (собственный вес)	А. Изменяется с высокой частотой, вызывает циклические напряжения и усталость материала
2. Динамическая (пусковые задержки)	Б. Остается постоянной или меняется крайне медленно в течение всего срока службы
3. Знакопеременная (вибрационная)	В. Возникает резко в моменты пуска, торможения или ударов, значительно превышая номинальные значения

Ответ:

1 – Б

2 – В

3 – А

#### 2. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы процесса усталостного разрушения элементов стрелы крана под действием циклических нагрузок в правильном порядке:

1. Развитие макротрещины и постепенное сокращение живого поперечного сечения детали.
2. Внезапный хрупкий лом оставшейся части сечения при очередном пике нагрузки.
3. Накопление микроповреждений в зонах концентрации напряжений.
4. Образование первичной микротрещины усталости.

Ответ: 3 → 4 → 1 → 2

#### 3. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех и обоснованием

Какую физическую величину учитывает коэффициент динамичности при расчете прочности металлоконструкций подъемно-транспортных машин?

1. Скорость коррозии металла под действием влаги
2. Дополнительные инерционные нагрузки, возникающие при ускорениях механизмов
3. Твердость поверхностного слоя деталей после термообработки
4. Геометрические погрешности при изготовлении профилей

Ответ: 2

Обоснование: При пуске и торможении механизмов возникают силы инерции масс, которые суммируются со статическими силами. Коэффициент динамичности показывает, во сколько раз полные нагрузки превышают статические.

#### 4. Задание открытого типа (краткий ответ)

### Что такое концентрация напряжений в деталях машин и чем она опасна?

Ответ: Локальное резкое увеличение напряжений в местах резких изменений формы детали (отверстия, галтели, надрезы, сварные швы), которое значительно снижает усталостную прочность и провоцирует развитие трещин.

### 5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа и обоснованием Какие эксплуатационные факторы напрямую вызывают рост динамических нагрузок в элементах подвески и стрелы экскаватора? (выбрать все верные)

1. Внезапный упор ковша в непреодолимое препятствие (скальный грунт) при копании
2. Резкое торможение механизма поворота платформы с полным ковшом
3. Работа машины при оптимальной температуре гидравлического масла
4. Движение машины по глубоким неровностям грунтовой площадки с грузом

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Резкие остановки, удары о препятствия и колебания при движении по неровностям создают пиковые силы инерции, превосходящие расчетные статические режимы. Равномерный тепловой режим гидравлики на динамику конструкций не влияет.

### 6. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом деформации элемента машины и возникающими в его сечении внутренними напряжениями:

Тип деформации элемента	Вид возникающих напряжений
1. Растяжение грузового каната лебедки	А. Чистые касательные напряжения по всему сечению
2. Изгиб главной балки мостового крана	Б. Чистые нормальные напряжения растяжения
3. Кручение приводного вала редуктора	В. Комбинация нормальных напряжений растяжения в одних волокнах и сжатия в других

Ответ:

- 1 – Б
- 2 – В
- 3 – А

### 7. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы возникновения опасного явления резонанса в металлоконструкции дорожной машины в правильной цепочке:

1. Совпадение частоты внешнего возмущения с частотой собственных колебаний машины.
2. Резкое лавинообразное нарастание амплитуды колебаний конструкции.
3. Работа навесного виброоборудования с определенной рабочей частотой.
4. Достижение напряжениями критических значений и разрушение несущих элементов рамы.

Ответ: 3 → 1 → 2 → 4

### 8. Задание открытого типа (краткий ответ)

С какой целью при расчете прочности элементов грузоподъемных машин вводится нормативный коэффициент запаса прочности?

Ответ: Для компенсации неизбежных неточностей расчета, неоднородности свойств металла, возможных перегрузок в процессе эксплуатации и обеспечения абсолютной безопасности работы.

**9. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех и обоснованием**

**Какое деформационное явление происходит с высокой тонкой стрелой крана при потере устойчивости под действием продольной сжимающей силы?**

1. Растяжение материала вдоль оси
2. Внезапное резкое боковое искривление формы (продольный изгиб) при нагрузке ниже предела прочности
3. Абразивное истирание опорного узла
4. Равномерное пластическое сжатие без изменения формы

Ответ: 2

Обоснование: Потеря устойчивости (по Эйлеру) характеризуется тем, что длинный стержень теряет первоначальную прямолинейную форму под действием критической сжимающей силы, что приводит к мгновенному обрушению стрелы.

**10. Задание закрытого типа на установление соответствия**

**Установите соответствие между механическим свойством стали металлоконструкции и его техническим смыслом:**

Механическое свойство	Технический смысл
1. Предел текучести	А. Способность стали сопротивляться хрупкому разрушению при динамических ударных воздействиях
2. Предел прочности (временное сопротивление)	Б. Уровень напряжения, выше которого в металле возникают необратимые пластические деформации
3. Ударная вязкость	В. Максимальное условное напряжение, которое выдерживает материал до полного разрушения

Ответ:

- 1 – Б  
2 – В  
3 – А

---

Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул)

**11. Задание закрытого типа на установление последовательности**

**Укажите правильный порядок действий инженера при проведении проверочного расчета вала редуктора хода на совместное действие изгиба и кручения:**

1. Построение эпюр изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.
2. Построение эпюры крутящих моментов по длине вала.
3. Определение эквивалентного момента по выбранной теории прочности.
4. Расчет действующих эквивалентных напряжений и их сравнение с допускаемыми.

Ответ: 2 → 1 → 3 → 4

**12. Задание открытого типа (расчетное)**

Стальная тяга исполнительного механизма дорожной машины имеет круглое поперечное сечение диаметром  $d = 20$  мм (площадь сечения  $A = 314$  квадратных миллиметров). Тяга работает на чистое растяжение силой  $F = 31400$  Н. Вычислите действующее нормальное напряжение в теле детали и сделайте вывод о прочности, если допускаемое напряжение для этой марки стали равно 120 МПа. (Формула напряжения: Струна =  $F / A$ ).

Ответ: Действующее напряжение равно:  $31400 / 314 = 100$  Н/кв.мм (что равно 100 МПа). Вывод: так как действующее напряжение (100 МПа) меньше допускаемого (120 МПа), прочность тяги обеспечена.

**13. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа и обоснованием**  
**Как изменится величина изгибающих напряжений в опасном сечении консольной балки стрелы погрузчика, если длину консоли увеличить в 2 раза при неизменной массе поднимаемого груза на конце?**

1. Уменьшится в 2 раза
2. Увеличится в 2 раза
3. Увеличится в 4 раза
4. Не изменится

Ответ: 2

Обоснование: Изгибающий момент в опасном сечении жесткой заделки прямо пропорционален длине плеча консоли ( $M = F * L$ ). Изгибающие напряжения линейно зависят от величины момента, следовательно, увеличатся в 2 раза.

**14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и развернутым обоснованием**

**Какие параметры определяют жесткость и величину упругого прогиба главной балки мостового крана под действием веса тележки с грузом? (выбрать все верные)**

1. Модуль упругости (модуль Юнга) материала конструкции
2. Геометрическая форма и момент инерции поперечного сечения балки
3. Длина пролета балки между опорами
4. Цвет защитного лакокрасочного покрытия металлоконструкции

Ответ: 1, 2, 3

Обоснование: Согласно формулам сопротивления материалов, прогиб балки обратно пропорционален жесткости сечения (произведению модуля упругости материала на момент инерции сечения) и прямо пропорционален длине пролета в кубической степени. Лакокрасочное покрытие на жесткость не влияет.

**15. Задание закрытого типа на установление соответствия**

**Установите соответствие между формой поперечного сечения балки металлоконструкции машины и её преимущественным силовым сопротивлением:**

Форма поперечного сечения	Силовое сопротивление
1. Двутавровое сечение	А. Идеально сопротивляется кручению и изгибу во всех направлениях (замкнутый профиль)
2. Коробчатое (замкнутое прямоугольное)	Б. Отлично работает на изгиб в плоскости стенки, плохо сопротивляется кручению

Форма поперечного сечения	Силовое сопротивление
3. Круглое сплошное сечение	В. Оптимально для валов, работающих на чистое кручение

Ответ:

- 1 – Б
- 2 – А
- 3 – В

**16. Задание закрытого типа на установление последовательности**

**Укажите правильную последовательность изменения динамических параметров моста крана по мере перемещения грузовой тележки от опоры (стены) к середине пролета:**

1. Плавное снижение частоты собственных вертикальных колебаний системы «мост-тележка».
2. Максимальное увеличение упругого прогиба конструкции в центральной точке пролета.
3. Рост плеча изгиба и постепенное увеличение изгибающего момента в балке.
4. Нахождение тележки в исходной точке непосредственно над опорной колонной.

Ответ: 4 → 3 → 1 → 2

**17. Задание открытого типа (расчетное)**

**Вал механизма лебедки передает крутящий момент  $T = 400 \text{ Н*м}$ . Момент сопротивления вала кручению составляет  $W = 40$  кубических сантиметров (переводим в метры:  $40 * 10^{-6}$  куб.м). Рассчитайте максимальные касательные напряжения в поверхностных слоях вала по формуле:  $\text{Напряжение} = T / W$ . Переведите ответ в Мегапаскали (МПа).**

Ответ:  $\text{Напряжение} = 400 / (40 * 10^{-6}) = 10 * 10^6 \text{ Па} = 10 \text{ МПа}$ .

**18. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа и обоснованием**  
**В процессе работы автокрана произошел резкий обрыв одного из двух грузовых канатов, удерживающих траверсу. К какому изменению динамического состояния стрелы это приведет в первый момент времени?**

1. Стрела мгновенно остановится без колебаний
2. Возникнет резкий динамический рывок, сопровождающийся упругой отдачей стрелы назад и автоколебаниями высокой амплитуды
3. Напряжения в элементах стрелы упадут до нуля
4. Кран автоматически повернется на 180 градусов

Ответ: 2

Обоснование: Мгновенное снятие части нагрузки вызывает высвобождение накопленной энергии упругой деформации металлоконструкции, что приводит к сильному обратному динамическому удару и колебаниям стрелы.

**19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием**

**Какие конструктивные решения позволяют повысить усталостную прочность (выносливость) сварных узлов рам дорожно-строительных машин? (выбрать все верные)**

1. Механическая зачистка (шлифовка) переходов от сварного шва к основному металлу для ликвидации подрезов
2. Применение накладок с плавными обводами, избегая резких изменений сечений элементов
3. Увеличение катета шва в 5 раз выше расчетного с образованием наплывов металла
4. Проведение термического отпуска конструкции после сварки для снятия остаточных внутренних напряжений

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Шлифовка швов, устранение резких переходов геометрии и термический отпуск ликвидируют очаги концентрации напряжений. Чрезмерное увеличение катета шва с наплывами, наоборот, ухудшает структуру шва и создает новые концентраторы.

**20. Задание закрытого типа на установление соответствия**

Установите соответствие между характером деформации и критерием жесткости, проверяемым при техническом контроле машин:

Характер деформации	Критерий жесткости при контроле
1. Изгиб моста крана	А. Величина угла закручивания на один метр длины вала редуктора
2. Кручение приводного вала	Б. Величина относительного стрелового прогиба балки под номинальной нагрузкой
3. Сжатие колонны	В. Величина абсолютной осадки или укорочения элемента

Ответ:

1 – Б

2 – А

3 – В

Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства)

**21. Задание открытого типа с развернутым ответом**

**Опираясь на законы динамики конструкций, проанализируйте физический процесс влияния пульсирующей ветровой нагрузки на высотную башню строительного крана. Объясните механизм накопления усталостных повреждений.**

Ответ (эталон): Ветровой поток обладает турбулентностью и вызывает пульсации давления на металлоконструкцию башни крана. Это порождает вынужденные циклические изгибные колебания башни. Если частота срыва вихрей ветра совпадает с низшей частотой собственных колебаний башни, амплитуда деформаций резко возрастает. В узлах примыкания поясов и раскосов (особенно у сварных швов) возникают знакопеременные циклические напряжения. Со временем в зонах микродефектов металла происходит сдвиговая деформация кристаллической решетки, зарождаются усталостные микротрещины, которые постепенно развиваются в макротрещины, приводя к потере прочности и внезапному разрушению башни без видимых пластических деформаций.

**22. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и развернутым обоснованием**

**При испытаниях нового асфальтоукладчика зафиксирована опасная вибрация рамы с частотой 25 Гц, совпадающей с частотой работы вибрационного бруса рабочего органа (явление резонанса). Какие конструктивные изменения прочности и жесткости рамы позволят безопасно ликвидировать это явление? (выбрать все верные)**

1. Введение дополнительных ребер жесткости и раскосов в конструкцию рамы для повышения ее жесткости
2. Изменение массы рамы путем установки дополнительных балансировочных грузов (изменение инерционных характеристик)
3. Замена материала рамы на сталь с аналогичным модулем упругости без изменения геометрии сечений

4. Применение резиновых виброизоляторов в местах крепления вибробруса к раме для снижения передаваемой динамической силы

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Частота собственных колебаний рамы зависит от ее жесткости и массы (корень из отношения жесткости к массе). Изменение жесткости (1), изменение массы (2) сдвигают собственную частоту рамы выходя из зоны 25 Гц. Виброизоляторы (4) гасят вынуждающую силу. Простая замена марки стали без изменения геометрии сечения не изменит частоту, так как модуль упругости у всех конструкционных сталей практически одинаков.

### **23. Задание открытого типа с развернутым ответом**

**Докажите, почему применение сталей высокой прочности при изготовлении решетчатых стрел кранов требует значительно более строгого контроля геометрических отклонений (прямолинейности стержней) при осмотрах, чем при использовании обычных углеродистых сталей.**

Ответ (эталон): Высокопрочные стали имеют высокий предел текучести, что позволяет уменьшить толщину стенок и площадь поперечного сечения элементов стрелы для снижения ее веса. Однако модуль упругости (способность сопротивляться упругому изгибу) у высокопрочных и обычных сталей одинаков. Из-за уменьшения сечения элементы становятся более тонкими и гибкими. Критическая сила потери устойчивости (по Эйлера) зависит от жесткости сечения и геометрии, а не от предела текучести стали. Любая начальная кривизна или эксцентриситет приложения нагрузки в тонком стержне вызывают дополнительный изгибающий момент, который резко снижает критическую силу. Стрела из высокопрочной стали потеряет устойчивость задолго до того, как напряжения достигнут высокого предела текучести материала, что делает контроль прямолинейности критически важным.

### **24. Задание закрытого типа на установление последовательности**

**Расположите этапы развития аварийной ситуации в металлоконструкции стрелы экскаватора, вызванной резким закрытием гидрораспределителя при быстром опускании стрелы (гидроудар), в причинно-следственную цепочку:**

1. Мгновенная остановка поршня гидроцилиндра и возникновение пикового давления в запертой полости цилиндра.
2. Передача огромного динамического усилия от штока гидроцилиндра на проушины и металлоконструкцию стрелы.
3. Возникновение изгибающих напряжений в стреле, существенно превышающих предел текучести стали.
4. Развитие необратимой пластической деформации (изгиба) или разрушение силового короба стрелы.

Ответ: 1 → 2 → 3 → 4

### **25. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех и обоснованием**

**При осмотре подкранового рельса тяжело нагруженного технологического крана обнаружены продольные трещины и выкрашивание металла на рабочей головке рельса. Какой физический тип напряжений в сопряжении «колесо-рельс» является первопричиной разрушения структуры металла?**

1. Равномерные напряжения чистого растяжения по всему рельсу
2. Местные контактные напряжения (напряжения Герца), возникающие в зоне микроскопической площадки контакта колес
3. Напряжения свободного кручения рельса
4. Термические напряжения от трения тормозных колодок

Ответ: 2

Обоснование: В зоне контакта колеса и рельса нагрузка передается через ничтожно малую площадь, что вызывает появление колоссальных локальных контактных напряжений сжатия и сдвига. Под действием циклических проходов колес в металле развиваются усталостные трещины смятия (питтинг), ведущие к выкрашиванию головки рельса.

**Контролируемая компетенция ПК-2**

Способен проводить осмотры и проверки технического состояния подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов

**1. Задание закрытого типа на установление соответствия**

**Установите соответствие между внешним признаком нарушения прочности элементов металлоконструкций машин и физической природой дефекта, определяемой при осмотре:**

Внешний признак дефекта	Физическая природа дефекта
1. Сеть мелких ветвящихся линий с ржавчиной в зоне сварного шва	А. Остаточная пластическая деформация от статического перегруза
2. Местный прогиб или остаточное искривление полки балки	Б. Абразивный износ и смятие поверхностных слоев металла
3. Шелушение краски и глубокие риски на поверхности качения	В. Усталостное разрушение материала от циклических нагрузок

Ответ:

1 – В

2 – А

3 – Б (характеризует механическое истирание сопряженных элементов)

**2. Задание закрытого типа на установление последовательности**

**Расположите этапы проведения визуально-инструментальной проверки прочности стрелы подъемного крана на наличие усталостных трещин в правильном порядке:**

1. Очистка исследуемой зоны шва от грязи, ржавчины и отслоившейся краски.
2. Осмотр шва с использованием лупы сильного увеличения при достаточном освещении.
3. Применение методов неразрушающего контроля (капиллярного или магнитного) для подтверждения наличия трещины.
4. Измерение длины и глубины выявленного дефекта линейкой или штангенциркулем.

Ответ: 1 → 2 → 3 → 4

**3. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора**

**Какое явление в динамике машин проверяется при осмотре работающего редуктора ходовой части экскаватора с помощью электронного стетоскопа?**

1. Изменение химического состава сплава шестерен
2. Частота и амплитуда ударных импульсов при зацеплении дефектных зубьев
3. Удельный вес залитого трансмиссионного масла
4. Геометрическая длина промежуточного вала

Ответ: 2

Обоснование: Стетоскоп улавливает акустические волны и удары, возникающие при циклическом контакте поврежденных (выкрошенных) профилей зубьев шестерен.

**4. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора**

**Какие из перечисленных дефектов металлоконструкций, выявляемые при внешнем осмотре дорожных машин, свидетельствуют о критической потере прочности? (выбрать все верные)**

1. Сквозная трещина в основном металле силового пояса рамы
2. Срез или отсутствие двух и более высокопрочных болтов фланцевого соединения
3. Небольшое выцветание заводской маркировочной таблички на корпусе
4. Разрыв сварного шва в узле крепления гидроцилиндра подъема

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Трещины в поясах, срез болтов и разрывы швов нарушают целостность несущего каркаса, перераспределяют внутренние напряжения и создают прямую угрозу мгновенного разрушения под нагрузкой. Изменение цвета таблички на прочность не влияет.

**5. Задание открытого типа с развернутым ответом**

**Что такое остаточная деформация металлоконструкции, как она выявляется в процессе проверки технического состояния крана и о чем свидетельствует?**

Ответ: Остаточная деформация — это необратимое изменение геометрической формы или размеров элемента, сохраняющееся после полного снятия внешней нагрузки. Выявляется путем замера линейных размеров или прогибов металлоконструкции до и после приложения испытательного груза. Наличие остаточной деформации свидетельствует о том, что действующие в элементах напряжения превысили предел текучести материала, и конструкция потеряла расчетную несущую способность.

**6. Задание закрытого типа на установление соответствия**

**Установите соответствие между диагностическим прибором контроля прочности и измеряемым им параметром при проверке машин:**

Контрольный прибор	Измеряемый параметр
1. Ультразвуковой толщиномер	А. Величины линейных деформаций и напряжений в металле под действием сил
2. Тензодатчик сопротивления	Б. Амплитуда, частота и виброскорость колебаний корпусов механизмов
3. Виброанализатор	В. Остаточная толщина стенок коробов балок, поврежденных коррозией

Ответ:

1 – В

2 – А

3 – Б (служит для оценки динамического состояния и балансировки роторов)

**7. Задание закрытого типа на установление последовательности**

**Укажите правильную последовательность действий эксперта при контроле динамической устойчивости стрелового крана против опрокидывания:**

1. Установка крана на выносные опоры на ровной и жесткой испытательной площадке.
2. Поворот стрелы в наименее устойчивое положение (согласно паспорту крана).

3. Подъем контрольного груза, соответствующего номинальной грузоподъемности с коэффициентом 1.10.
4. Оценка величины отрыва опорных элементов от основания при резком торможении механизма подъема.

Ответ: 1 → 2 → 3 → 4

**8. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора**

**Какое деформационное состояние проверяется инженером при инструментальном измерении величины раскрытия зева грузового крюка подъемной машины?**

1. Чистый сдвиг хвостовика
2. Изгиб и растяжение опасных сечений крюка под действием веса груза
3. Свободное кручение траверсы подвески
4. Термическое расширение гайки крюка

Ответ: 2

Обоснование: Крюк работает в условиях сложного сопротивления (совместный изгиб и растяжение); увеличение зева более чем на 5% от первоначального доказывает пластическую деформацию изгиба от перегруза.

**9. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора**

**Какие параметры контролируются при проверке динамического состояния зубчатых передач приводов строительных машин в процессе ходовых испытаний? (выбрать все верные)**

1. Уровень среднеквадратичного значения виброскорости корпусов подшипников
2. Плотность прилегания резиновых брызговиков ходовой части
3. Температура нагрева опорных узлов валов редуктора
4. Характер и стабильность шума зацепления во всем диапазоне скоростей

Ответ: 1, 3, 4

Обоснование: Вибрация, температура и шум являются прямыми динамическими индикаторами качества зацепления и соосности валов; брызговики к динамике передач отношения не имеют.

**10. Задание открытого типа с развернутым ответом**

**В чем заключается цель проведения проверочных динамических испытаний грузоподъемной машины нагрузкой, превышающей номинальную на 10% (коэффициент 1.10)?**

Ответ: Целью динамических испытаний является проверка прочности и работоспособности механизмов крана (лебедки, тормозов, муфт), фрикционных элементов, а также прочности стрелы и башни в условиях действия совместных статических и инерционных (динамических) нагрузок при повторных пусках и остановках.

---

Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов

**11. Задание закрытого типа на установление последовательности**

**Расположите этапы контроля соосности и динамической балансировки валов двигателя и насоса строительной машины в логический порядок выполнения операций:**

1. Очистка полумуфт от грязи и проведение предварительного замера радиального смещения осей валов.
2. Регулировка положения двигателя с помощью калиброванных прокладок под лапами до достижения соосности.
3. Запуск агрегата и проведение замера общего уровня вибрации в радиальном направлении.

4. Установка балансировочных грузов на полумуфты при наличии остаточного динамического дисбаланса.

Ответ: 1 → 2 → 3 → 4

#### 12. Задание открытого типа (расчетное)

При осмотре коробчатой балки portalного крана ультразвуковым толщиномером установлено, что из-за коррозии толщина вертикального листа уменьшилась с первоначальных  $t_0 = 12$  мм до  $t = 9.6$  мм. Действующее статическое напряжение в этом листе обратно пропорционально толщине стенки ( $\sigma = \sigma_0 * (t_0 / t)$ ). Вычислите действующее напряжение, если исходное напряжение составляло  $\sigma_0 = 100$  МПа.

Сделайте вывод, если допускаемое напряжение равно 120 МПа.

Ответ: Действующее напряжение равно:  $100 * (12 / 9.6) = 100 * 1.25 = 125$  МПа. Вывод: так как действующее напряжение (125 МПа) превышает допускаемое (120 МПа), прочность стенки балки не обеспечена; требуется усиление элемента металлопрокатом.

#### 13. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

В ходе инструментальной проверки вала лебедки индикатором часового типа зафиксировано радиальное биение в средней части вала величиной 0.8 мм при допуске 0.15 мм. Какую причину дефекта и вывод должен зафиксировать инженер?

1. Недостаточное количество смазки в редукторе
2. Наличие остаточного пластического прогиба вала (искривление оси вала от динамического удара)
3. Износ уплотнительного сальника вала
4. Ошибочный выбор модуля зубьев шестерни

Ответ: 2

Обоснование: Стабильное радиальное биение цилиндрического вала при вращении в центрах прямо доказывает геометрическое искривление его продольной оси, вызванное изгибным перегрузом.

#### 14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора

При вибродиагностике конического редуктора поворота стрелы зафиксирован резкий рост амплитуды вибрации на частоте вращения вала (оборотная частота) и на частоте, равной произведению оборотов вала на число зубьев шестерни. Какие выводы о дефектах динамики сопряжений верны? (выбрать все верные)

1. Наличие динамического дисбаланса или перекоса вала в подшипниковых опорах
2. Повышенный износ или сколы профилей зубьев конической пары шестерен
3. Использование зимнего масла вместо летнего в картере
4. Нарушение точности регулировки бокового зазора в зацеплении колес

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Рост вибрации на оборотной частоте доказывает расцентровку/дисбаланс вала, а на зубцовой частоте — дефекты профиля зубьев и нарушение геометрии зацепления. Кинематическая вязкость масла такие локальные частотные пики не вызывает.

#### 15. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между величиной измеренного виброускорения подшипникового узла машины и экспертным решением о техническом состоянии:

Величина виброускорения а	Экспертное решение о состоянии
1. а находится в пределах от 0 до 2.5 м/с <sup>2</sup>	А. Опасная зона (предаварийное состояние), немедленный останов и ремонт
2. а находится в пределах от 2.5 до 4.5 м/с <sup>2</sup>	Б. Зона нормы (исправное состояние), эксплуатация без ограничений
3. а превышает значение 11.2 м/с <sup>2</sup>	В. Зона предупреждения, требуется усиленный контроль параметров в динамике

Ответ:

1 – Б

2 – В

3 – А (свидетельствует о глубоком разрушении дорожек качения подшипника)

#### 16. Задание закрытого типа на установление последовательности

Укажите правильную последовательность действий при инструментальном замере величины строительного выгиба (жесткости металлоконструкции) мостового крана нивелиром:

1. Установка оптического нивелира на жесткое основание и снятие первичной отсчетной метки по рейке в середине пролета пустого крана.
2. Перемещение крановой тележки с номинальным грузом в центр пролета моста балки.
3. Снятие второй отсчетной метки по рейке под нагрузкой.
4. Вычисление величины упругого прогиба как разности отсчетов и сопоставление с паспортным лимитом.

Ответ: 1 → 2 → 3 → 4

#### 17. Задание open-ended (расчетное)

При проверке прочности сварного стыка рамы дорожной машины ультразвуковым дефектоскопом обнаружен внутренний дефект. Расчетное напряжение в сечении без дефекта составляет 80 МПа. Из-за наличия поры площадь живого сечения уменьшилась на 20% (коэффициент ослабления сечения равен 0.8). Вычислите фактическое напряжение в ослабленном сечении по формуле:  $\sigma_{\text{факт}} = \sigma / 0.8$ . Допускается ли эксплуатация, если предел текучести стали равен 240 МПа, а требуемый коэффициент запаса прочности должен быть не менее 2.0 (допускаемое напряжение =  $240 / 2 = 120$  МПа)?

Ответ: Фактическое напряжение равно:  $80 / 0.8 = 100$  МПа. Так как фактическое напряжение (100 МПа) меньше допускаемого предела (120 МПа), прочность рамы обеспечена, эксплуатация временно допускается под контролем.

#### 18. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа и обоснованием

В ходе осмотра кулачкового механизма управления рабочим органом зафиксирован интенсивный волнообразный износ и раковины на рабочем профиле кулачка. Какая динамическая причина сопряжения вызвала данное разрушение конструкции?

1. Недостаточный вес самого толкателя
2. Жесткие удары и высокие контактные напряжения из-за отрыва толкателя от кулачка при слабой возвратной пружине
3. Замена материала толкателя на пластик
4. Снижение частоты вращения кулачка ниже проектной

Ответ: 2

Обоснование: При потере упругости пружины толкатель совершает колебания с отрывом от профиля; последующие замыкания происходят с динамическим ударом, что вызывает усталостное выкрошивание (питтинг) металла.

**19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием**  
**Какие геометрические параметры и допуски контролирует инженер при проверке технического состояния рельсового пути козлового крана для исключения риска заклинивания и излома ходовых колес? (выбрать все верные)**

1. Отклонение размера ширины колеи подкранового пути от номинала
2. Разность уровней головок рельсов в одном поперечном сечении
3. Величина волнообразного износа рабочей головки рельса по длине
4. Химический состав гранитного щебня балластной призмы

Ответ: 1, 2, 3

Обоснование: Отклонения колеи, перепады высот и износ рельса напрямую вызывают рост динамических боковых и вертикальных сил, способных вызвать излом реборд колес или потерю устойчивости крана. Щупать химсостав щебня при проверке колес не требуется.

**20. Задание закрытого типа на установление соответствия**

**Установите соответствие между характером деформации элемента машины, обнаруженным при проверке, и проверяемым критерием прочности:**

Характер деформации детали	Критерий прочности при проверке
1. Образование шейки и разрыв образца каната при испытании	А. Прочность при циклических знакопеременных напряжениях
2. Скручивание и срез шлицев вала гидромотора	Б. Предел прочности при статическом растяжении (разрушающая сила)
3. Растрескивание сварного шва рамы после 10 000 циклов	В. Прочность материала на чистый сдвиг (срез) под действием момента

Ответ:

1 – Б

2 – В

3 – А

---

Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) – 5 вопросов

**21. Задание открытого типа с развернутым ответом**

**Разработайте комплексную инженерную методику инструментальной проверки и обоснуйте критерии оценки прочности и жесткости металлоконструкции стрелы портального крана после проведения её аварийного ремонта (заварки трещины силового коробчатого пояса).**

Ответ (эталон): Методика включает четыре этапа:

1. *Контроль качества шва*: Проведение ультразвукового контроля (УЗК) или радиографии выполненного шва для исключения внутренних несплошностей и пор (очагов концентрации напряжений).

2. *Статическая проверка жесткости:* Установка датчиков линейных перемещений (или нивелира). Подъем испытательного груза массой 1.25 от номинала с удержанием 10 минут. Критерий: после снятия груза стрела должна полностью вернуться в исходное состояние (отсутствие остаточных деформаций).
3. *Динамическая проверка:* Повторные подъемы и торможения груза массой 1.10 от номинала. Замер уровней вибрации и амплитуд затухания колебаний стрелы. Критерий: отсутствие тресков, плавность гашения автоколебаний.
4. *Тензометрический контроль:* Измерение действующих напряжений в зоне ремонта с помощью наклеиваемых тензодатчиков при рабочих циклах. Критерий: напряжения не должны превышать допускаемые по ТУ во всех режимах.

## 22. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и развернутым обоснованием

**В процессе проверки башенного крана, эксплуатировавшегося при температуре минус 35 градусов, зафиксирован хрупкий мгновенный излом раскоса башни при подъеме номинального груза без видимых следов пластической деформации. Какие конструктивно-материаловедческие и динамические факторы послужили первопричиной разрушения? (выбрать все верные)**

1. Проявление эффекта хладоломкости стали (резкое падение ударной вязкости материала при отрицательных температурах)
2. Наличие скрытого дефекта шва (подреза), сработавшего как резкий концентратор напряжений в условиях мороза
3. Возникновение динамического удара в металлоконструкции из-за резкого срабатывания колодочного тормоза лебедки
4. Избыток масла в картере редуктора подъема

Ответ: 1, 2, 3

Обоснование: Отрицательные температуры переводят обычные конструкционные стали в хрупкое состояние (хладоломкость). Наличие концентратора напряжений (подреза) и динамический рывок от тормоза создают условия для мгновенного распространения магистральной трещины без пластического течения металла, что ведет к катастрофическому излому. Масло в редукторе на хрупкость раскоса не влияет.

## 23. Задание открытого типа с развернутым ответом

**Опираясь на законы динамики и сопротивления материалов, математически и технически докажете необходимость проведения статических испытаний подъемных машин строго с избыточным весом в 25% (коэффициент 1.25), а не с номинальным грузом.**

Ответ (эталон): В процессе реальной эксплуатации машины подвергаются не только постоянным статическим нагрузкам, но и динамическим (силам инерции масс при разгоне, торможении, вибрациях, ветровых ударах). Полное эксплуатационное напряжение рассчитывается по формуле:  $\sigma_{\text{полн}} = \sigma_{\text{стат}} * K_{\text{дин}}$ , где  $K_{\text{дин}}$  — коэффициент динамичности, составляющий по нормативам для строительных кранов величину 1.15–1.20. Проведение статических испытаний с грузом 1.0 (номинал) проверяет лишь идеальный покой. Введение коэффициента 1.25 позволяет искусственно создать в элементах металлоконструкции в статическом состоянии уровень напряжений, эквивалентный пиковым динамическим нагрузкам, возникающим при реальной работе машины под нагрузкой, гарантируя запас прочности конструкции при непредвиденных рывках.

## 24. Задание закрытого типа на установление последовательности

**Расположите этапы экспертного анализа причин потери устойчивости (продольного изгиба) сжатой стойки стрелы дорожной машины в причинно-следственную цепочку для формирования технического заключения:**

1. Появление начального геометрического отклонения (искривления) оси стойки из-за случайного бокового удара.

2. Рост дополнительного изгибающего момента в сечении стержня, прямо пропорционального величине прогиба ( $M = F \cdot f$ ).
3. Экспоненциальное лавинообразное нарастание бокового прогиба при достижении сжимающей силой критического значения Эйлера.
4. Мгновенное пластическое разрушение и излом профиля стойки с полной потерей несущей способности всей стрелы.

Ответ: 1 → 2 → 3 → 4

**25. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех и обоснованием**

**В ходе инструментального осмотра вала многозвенного зубчатого редуктора обнаружена усталостная трещина, развивающаяся строго под углом 45 градусов к продольной оси вала. Какой тип напряжений и характер динамического нагружения сопряжения вызвал данное специфическое разрушение структуры материала?**

1. Нормальные напряжения от чистого растяжения вала вдоль оси
2. Касательные напряжения от циклического кручения вала, при которых максимальные растягивающие напряжения действуют под углом 45 градусов к образующей
3. Контактные напряжения Герца в зоне подшипников
4. Напряжения от температурного сжатия корпуса редуктора

Ответ: 2

Обоснование: При кручении круглого вала в материале возникают касательные напряжения. Согласно законам сопротивления материалов, на площадках, наклоненных под углом 45 градусов к оси вала, действуют максимальные главные напряжения растяжения. Хрупкие материалы или стали при циклическом кручении (знакопеременном вращении под нагрузкой) разрушаются именно по этим площадкам, образуя характерный спиральный излом под 45 градусов.