

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра подъемно-транспортных, строительных,  
дорожных машин и оборудования**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е. И. Луковникова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПТ СДМиО**

**Б1.В.ДВ.07.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные  
машины и оборудование**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	9
4.3 Лабораторные работы.....	9
4.4 Практические занятия.....	9
4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа.....	10
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>12</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>14</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>14</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>15</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>15</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий.....	16
9.2. Методические указания по выполнению курсовой работы.....	47
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>49</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>49</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>51</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>57</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>58</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- осуществление информационного поиска по эксплуатации ПТ СДМиО;
- участие в составе коллектива исполнителей в разработке технических условий на проектирование и техническое описание ПТ СДМиО;
- участие в составе коллектива исполнителей в проектировании и эксплуатации ПТ СДМиО.

## Задачи дисциплины

- дать общие сведения об основных тенденциях и направлениях в развитии оборудования, используемых на предприятиях строительного комплекса;
- дать общие сведения об основных научно-технических проблемах и перспективах развития науки и техники в области строительной индустрии.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методики исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-проводить исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методиками исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем;</li> </ul>
ПК-4	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-разрабатывать основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-навыками разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.01 Эксплуатация ПТ СДМиО относится к элективной части.

Дисциплина Эксплуатация ПТ СДМиО базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Гидравлика и гидропневмопривод, Грузоподъемные машины.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин Эксплуатация ПТ СДМиО представляет основу для преддипломной практики и подготовки к государственной итоговой аттестации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная	5	-	180	40	12	14	14	131	КР	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по курсам, час
			5
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	40	6	40
Лекции (Лк)	12	4	12
Практические занятия	14	1	14
Лабораторные работы	14	1	14
Курсовая работа	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	131	-	131
Подготовка к практическим занятиям	40	-	40

Подготовка к лабораторным работам	40		40
Подготовка к экзамену в течение семестра	17	-	17
Выполнение курсовой работы	34	-	34
<b>III. Промежуточная аттестация</b> экзамен	9	-	9
Общая трудоемкость дисциплины ..... час. зач. ед.	180	-	180
	5	-	5

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для заочной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	практические занятия	лабораторные работы	
1	2	3	4	5		6
1.	Характеристика действующих нагрузок и их влияние на работу машин, методы измерения нагрузок, применяемая аппаратура и приборы.	16	1	-		15
2.	Виды отказов по критерию прочности, экспериментальные методы исследования напряжённого состояния и прочности машин	22	1	4	4	13
3.	Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических средств.	20	1	3	3	13
4.	Назначение смазывания машин, виды смазочных материалов, их характеристики.	20	1	3	-	16

5.	Монтажно-эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа, организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация.	20	2	-		18
6.	Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт машин на монтажные нагрузки. Виды, содержание и способы выполнения такелажных работ.	18	2	-	-	16
7.	Приёмы сборки наземных транспортно-технологических средств при монтаже. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию. Понятие об организационном обеспечении эффективного использования и оптимизации комплекса машин.	25	2	-	3	20
8.	Организация и содержание технического надзора при эксплуатации машин, правила безопасной работы, требования к обслуживающему персоналу. Планово-предупредительный ремонт. Техническое обслуживание	30	2	4	4	20

	<b>ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МЕХАНИЗМОВ МАШИН.</b>					
	<b>ИТОГО</b>	<b>167</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>131</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам.

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
1.	Характеристика действующих нагрузок и их влияние на работу машин, методы измерения нагрузок, применяемая аппаратура и приборы.	Виды нагрузок. Влияние нагрузок на работу машин. Экстенсивный и интенсивный методы эксплуатации наземных транспортно-технологических средств, критерий оценки рационального и оптимального использования наземных транспортно-технологических средств. Комплекс эксплуатационных свойств наземных транспортно-технологических средств. Производственно-технические, эксплуатационные и ценностные показатели. Методы измерения нагрузок. Аппаратура, применяемая для измерения действующих нагрузок.	Лекция-диспут (1 час.)
2.	Виды отказов по критерию прочности, экспериментальные методы исследования напряжённого состояния и прочности машин	Способы определения, нормирования и оптимизации показателей надёжности. Значение надёжности наземных транспортно-технологических средств. Модель технического состояния объекта. Классификация отказов. Критерии отказов и предельных состояний. Объекты восстанавливаемые и невосстанавливаемые. Резервирование. Показатели безотказности. Долговечности, ремонтпригодности. Комплексные показатели надёжности. Оперативные характеристики. Выбор показателей надёжности. Определение оптимального срока службы. Экономические показатели надёжности.	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
3.	Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических комплексов	Понятие трения и изнашивания. Показатели. Влияние трения и изнашивания на показатели надёжности транспортно-технологических комплексов.	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
4.	Назначение смазывания машин,	Выбор эксплуатационных материалов. Топливо-смазочные материалы,	Разбор конкретных

	виды смазочных материалов, их характеристики.	окружающие и рабочие жидкости, амортизационные и тормозные жидкости: назначение, сорта, маркировка и характеристики. Назначение смазывания машин. Виды смазочных материалов, их характеристики.	ситуаций (1 час.)
5.	Монтажно-эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа, организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация.	Организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация. Проектно-сметная и техническая документация. Организация и подготовка монтажной площадки. Подготовка наземных транспортно-технологических средств к монтажу. Подготовка и приёмка строительных объектов под монтаж. Содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа. Влияние монтажа на сроки строительства и последующую работу наземных транспортно-технологических средств. Развитие средств и методов монтажа и монтажной техники и технологии.	-
6.	Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт машин на монтажные нагрузки. Виды, содержание и способы выполнения такелажных работ.	Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт кранов на монтажные нагрузки. Стальные канаты, стропы, захваты и траверсы. Грузоподъёмные и такелажные приспособления. Монтажные краны. Специальные транспортно-монтажные средства. Проверка и испытание такелажного оборудования. Виды содержание и способы выполнения такелажных работ. Подъём массивных горизонтальных и вертикальных конструкций (мосты, колонны, башни). Подъём кранами. Подъём мачтами. Подъём с использованием строительных конструкций, зданий. Увязка и крепление, строповка и расстроповка.	-
7.	Приёмы сборки наземных транспортно-технологических средств при монтаже. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию. Понятие об организационном обеспечении эффективного использования и оптимизации комплекса машин.	Правило эксплуатации наземных транспортно-технологических средств. Приёмка, обкатка и хранение. Способы транспортирования наземных транспортно-технологических средств. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию. Понятие об организационном обеспечении эффективного использования и оптимизации комплекса машин.	-
8.	Организация и	Понятие о неблагоприятных условиях	-



содержание технического надзора при эксплуатации машин, правила безопасной работы, требования к обслуживаемому персоналу. Планово-предупредительный ремонт. Техническое обслуживание типовых элементов и механизмов машин.	эксплуатации. работоспособности путём снижения интенсивности изнашивания деталей и регулировки узлов. Восстановление работоспособности при проведении технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств. Графики восстановления работоспособности наземных транспортно-технологических средств в эксплуатационных условиях и на ремонтных предприятиях.	Сохранение	
--	--	------------	--

#### 4.3. Лабораторные работы.

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Определение допустимого и предельного уровня потери работоспособности ПТ СДМиО	2	-
2	2.	Обеспечение надежности при проектировании, изготовлении и эксплуатации машин	1	-
3	2.	Основные факторы, влияющие на прочность деталей машин, виды отказов по критерию прочности, направления по снижению напряжений	1	-
4	3.	Расчет прочности деталей машин	3	-
5	7.	Правила эксплуатации ПТ СДМиО	3	-
6	8.	Планирование технического обслуживания и ремонтов ПТ СДМиО	4	исследовательская деятельность (1 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>14</b>	<b>1</b>

#### 4.4. Практические занятия.

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Определение показателей работоспособности ПТ СДМиО	2	-
2	2.	Определение показателей надежности ПТ СДМиО	1	-
3	2.	Определение безотказности систем	1	-
4	3.	Влияние трения и изнашивания на	3	-

		надёжность наземных транспортно-технологических комплексов		
5	4.	Определение расхода топлива ПТ СДМиО	3	-
6	8.	Организация технического обслуживания и ремонтов ПТ СДМиО	4	исследовательская деятельность (1 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>14</b>	<b>1</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа.

Цель: углубление и расширение познаний студентов в области строительной индустрии, научить их правильно принимать инженерные решения, обоснованные расчетами, а также научить пользоваться соответствующей научно-технической литературой, подготовить студента к выполнению выпускной квалификационной работы.

Структура.

Отчёт по курсовой работе должен иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- задание на отдельном листе;
- содержание;
- список использованных сокращений и обозначений;
- введение [1-2 стр.];
- основная часть;
- заключение [1 стр.];
- список использованных источников.

Основная тематика. Организация проведения технического обслуживания и ремонта конкретной ПТСДМ (согласно варианту).

Обучающийся может предложить свою тему курсовой работы, но обосновав при этом целесообразность ее разработки.

Рекомендуемый объем. Оформление курсовой работы: объем отчёта должен составлять 20-30 страниц печатного текста. Следует придерживаться следующих параметров оформления отчёта: формат листа отчёта – А4, размеры полей: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Абзацный отступ – 1,5 см, выравнивание абзаца – по ширине, межстрочный интервал – полуторный. Текст печатается только на одной стороне листа. Страницы должны быть пронумерованы внизу страницы справа. Нумерация страниц – сквозная для всего отчёта, на первом (титульном) листе номер не ставится.

Выдача задания, прием и защита КР проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки курсовой работы
отлично	Обучающийся продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков: умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их при выполнении практического задания; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя. Структура оформления курсовой работы соблюдена.
хорошо	При защите курсовой работы обучающийся допустил небольшие пробелы, не искажившие логического и информационного содержания ответа: один-два недочета при освещении основного содержания, исправленные по замечанию преподавателя; при ответе

	на дополнительные вопросы допущено не более 2-3 ошибок. Структура оформления курсовой работы соблюдена.
удовлетворительно	Содержание материала раскрыто не полностью, но показано общее понимание темы курсовой работы, продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала, обучающийся продемонстрировал затруднения или допустил ошибки в определении понятий, использовании терминологии, блок-схем и выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя; при проверке знаний теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков. При оформлении курсовой работы допущены ошибки.
неудовлетворительно	Не раскрыто основное содержание курсовой работы, обнаружено незнание или непонимание обучающимся большей или наиболее важной части учебного материала. При дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения курсовой работы

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ПК</i>	<i>ОПК</i>				
			<i>4</i>	<i>2</i>				
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>1.</b> Характеристика действующих нагрузок и их влияние на работу машин, методы измерения нагрузок, применяемая аппаратура и приборы.		<b>16</b>	+	+	2	8	Лк, СР	экзамен, КР
<b>2.</b> Виды отказов по критерию прочности, экспериментальные методы исследования напряжённого состояния и прочности машин		<b>22</b>	+	+	2	11	Лк, ЛР, ПЗ, СР	экзамен, КР
<b>3.</b> Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических средств.		<b>20</b>	+	+	2	10	Лк, ЛР, ПЗ, СР	экзамен, КР
<b>4.</b> Назначение смазывания машин, виды смазочных материалов, их характеристики.		<b>20</b>	+	+	2	10	Лк, ПЗ, СР	экзамен, КР
<b>5.</b> Монтажно-эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа, организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация.		<b>20</b>	+	+	2	10	Лк, СР	экзамен, КР
<b>6.</b> Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт машин на монтажные нагрузки. Виды, содержание и способы выполнения		<b>18</b>	+	+	2	9	Лк, СР	экзамен, КР

такелажных работ.							
<b>7.</b> Приёмы сборки наземных транспортно-технологических средств при монтаже. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию. Понятие об организационном обеспечении эффективного использования и оптимизации комплекса машин.	<b>25</b>	+	+	2	12,5	Лк, ЛР, СР	экзамен, КР
<b>8.</b> Организация и содержание технического надзора при эксплуатации машин, правила безопасной работы, требования к обслуживающему персоналу. Планово-предупредительный ремонт. Техническое обслуживание типовых элементов и механизмов машин.	<b>30</b>	+	+	2	15	Лк, ЛР, ПЗ, СР	экзамен, КР
<i><b>всего часов</b></i>	<b>167</b>	<b>83,5</b>	<b>83,5</b>	<b>2</b>	<b>83,5</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Кобзов, Д.Ю. Строительные машины и оборудование. Методические указания для самостоятельной работы студентов / Кобзов Д.Ю., Жмуров В.В., Черезов С.А. – Братск: ФГОУ ВПО «БрГУ». – 2014.-15 с.
2. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных дорожных машин и оборудования. Методические указания по выполнению курсовой работы / Кобзов Д.Ю., Плеханов Г.Н., Герасимов С.Н., Жмуров В.В., С.А. Черезов. - Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ». – 2015. – 36 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания (автор, заглавие, выходные данные)	Ви д зан я- ти я	Количе ство экземп ляров в библио теке, шт.	Обеспечен ность, (экз./ чел.)
<b>Основная литература</b>				
1.	Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование. [Электронный ресурс] / Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгакова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/2781">http://e.lanbook.com/book/2781</a>	Лк ЛР ПЗ КР СР	ЭР	1
2.	Глаголев, С.Н. Строительные машины, механизмы и оборудование : учебное пособие / С.Н. Глаголев. – М. : Директ-Медиа, 2014. – 396 с. – ISBN 978-5-4458-5282-7 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=235423">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=235423</a>	Лк ЛР ПЗ КР СР	ЭР	1
3.	Рогожкин, В.М. Эксплуатация машин в строительстве. В.3 ч. Ч.1-3 : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" направления подготовки "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" / В. М. Рогожкин. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - ISBN 978-5-94178-117-1. Ч. 1 : Основы эффективной эксплуатации машин. - 2016. - 288 с.	Лк ЛР ПЗ КР СР	9	1
4.	Компьютерная графика в САПР [Электронный ресурс] : учеб. пособие/ А.В. Приемышев [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 196 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/90060">http://e.lanbook.com/book/90060</a>	КР СР	ЭР	1
5.	Крестин, Е.А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ Е.А. Крестин, И.Е. Крестин. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург.: Лань, 2018. – 320 с. – Режим доступа <a href="http://e.lanbook.com/book/98240">http://e.lanbook.com/book/98240</a>	КР СР	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
6.	Волков, Д. П. Строительные машины : учебное пособие / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2002. - 376 с.	Лк ЛР ПЗ	24	1

		КР СР		
7.	Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин : учебник / А. В. Рубайлов, Ф. Ю. Керимов, В. Я. Дворковой и др.; Под ред. Е. С. Локшина. - Москва : Академия, 2007. - 512 с.	ПЗ ЛР КР СР	30	1
8.	Сергеев, В.П. Строительные машины и оборудование: учебное пособие / В.П. Сергеев. - М.; Высшая школа, 1987. - 375с.	ЛР ПЗ КР СР	77	1
9.	Строительные машины. Справочник. Под общей редакцией В.А. Баумана и Ф.А. Лапира. М.; М.; Машиностроение. Т. I (для 1 части курса). 1976. -480с., Т II (для II части курса). 1977. - 496с.	КР СР	12	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ  
<http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Работа на лекциях: ведение конспекта лекционного материала для успешного использования его при подготовке к экзамену, закрепления и расширения теоретических знаний. После проработки лекционного материала обучающийся должен четко владеть следующими аспектами по каждой лекции:

- знать тему;
- четко представлять план лекции;
- уметь выделять основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций.

Самостоятельная работа выполняет функцию закрепления, повторения изученного материала. Выполнение самостоятельной работы способствует углублению знаний и более успешному формированию умений и навыков, связанных с изучением конкретных тем.

Характер самостоятельной работы: решение задач, которые выполняются по заданию и при методическом руководстве преподавателя, а также без его непосредственного участия. Правильное выполнение заданий по самостоятельной работе развивает способности самостоятельно работать с информацией, используя учебную и научную литературу.

Самостоятельная работа дисциплинирует обучающихся, развивает произвольное внимание и совершенствует навыки целесообразного восприятия.

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ и практических занятий.

Лабораторные работы выполняются группами из 2-3 человек.

Отчеты по лабораторным работам и практическим занятиям должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Принципиальная схема работы лабораторной установки.
4. Поэтапное выполнение задания.
5. Заключение.

#### **Лабораторная работа №1.**

Тема: Определение допустимого и предельного уровня потери работоспособности ПТ СДМиО

Цель работы: Изучение показателей допустимого и предельного уровня потери работоспособности ПТ СДМиО и методика их расчета.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет параметров допустимого и предельного уровня потери работоспособности ПТ СДМиО

Предельный уровень работоспособности машины характеризуется значениями параметров, при которых дальнейшая эксплуатация машины должна быть прекращена. Работа деталей в машине сопровождается неизбежным и непрерывным во времени процессом изнашивания трущихся поверхностей. Этот процесс можно представить в виде классической кривой (рис. 1).

Зона *Oa* характеризует приработку сопряженных пар. Для некоторых деталей (резиновых и пластмассовых, подшипников качения) эта зона полностью отсутствует, а для других период приработки настолько мал, что им можно пренебречь.

Зона нормальной эксплуатации деталей характеризуется интервалом наработки *ab*. Изменение параметра оценки работоспособности деталей можно описать зависимостью:

$$\Delta I = Kt^\alpha$$

где *K* -- коэффициент пропорциональности;  $\alpha$  — степенной показатель, характеризующий интенсивность изменения параметра.

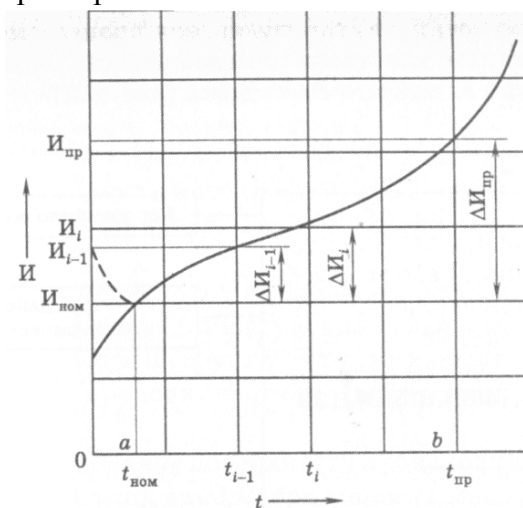


Рис. 1 - Зависимость контролируемых параметров наработки

Участок *ab* характеризует постепенное увеличение значения параметра в условиях нормальной эксплуатации. После того как контролируемый параметр достигнет значения  $I_{пр}$ , интенсивность изменения его резко возрастает. Ордината  $I_{пр}$  характеризует предельное значение параметра, при достижении которого дальнейшая эксплуатация изделий должна быть прекращена для исключения отказов, устранение которых сопряжено с большими



затратами. Предельные значения параметров служат ориентирами для выбраковки или определения остаточного ресурса.

Значения коэффициента  $a$  для различных сопряжений различны. Так, для трущихся поверхностей с большими контактными напряжениями (подшипники качения, зубчатые передачи)  $a = 1,5$ , для валиков, пальцев и осей  $a = 1,4$ , а для плунжерных пар и шлицевых соединений  $a = 1,1$ . Износ посадочных гнезд корпусных деталей, гусеничных движителей, режущей кромки рабочего оборудования и накладок фрикционов, тормозов и сцеплений характеризуется линейной зависимостью, т.е.  $a = 1,0$ .

#### Форма отчетности:

Отчет.

#### Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

#### Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какими параметрами характеризуется предельный уровень работоспособности ПТ СДМиО?
2. Начертить график зависимости контролируемых параметров наработки и охарактеризовать его?

#### Лабораторная работа №2.

Тема: Обеспечение надежности при проектировании, изготовлении и эксплуатации машин

Цель работы: Изучение показателей повышающих качество ПТ СДМиО.

Задание: По заданным характеристикам произвести поиск решений повышающих качество ПТ СДМиО.

При создании новых машин производят поиск решений, повышающих ее качество, обеспечивающее эффективное функциональное назначение и конкурентоспособность. Любая машина, находящаяся в эксплуатации, в процессе взаимодействия с окружающей средой, человеком, управляющим ею, и объектом теряет свою работоспособность. Для сохранения и восстановления работоспособности за период их эксплуатации затрачивается средств на порядок больше, чем на изготовление новых. Особенно велики потери при непредвиденных внешних воздействиях на машину, значительно превышающих уровень установленного ТУ. Поэтому целесообразно рассматривать затраты на повышение качества при создании с учетом затрат при эксплуатации машин.

Для повышения качества машин информацию об их надежности необходимо учитывать с этапа ее проектирования и до окончания эксплуатации установлением надежной обратной связи между фирмой, эксплуатирующей технику, и производящей.

На стадии проектирования информацию о надежности получают расчетным путем. Здесь необходимо максимально приблизить создаваемый алгоритм расчета к фактическому нагружению создаваемой машины. Достоверность расчетов позволит уже на стадии проектирования заложить необходимый уровень надежности. С этой целью используется информация о надежности аналогичных машин в целом, ее сборочных единиц и сопряжений.

На стадии проектирования создается опытный образец с возможной отдельной проверкой работоспособности ответственных сборочных единиц, отдельных элементов конструкции и материалов сопряжений. Созданный опытный образец проходит, стендовые испытания или проверяется работоспособность условиях эксплуатации.

Программу испытаний строят на последовательной проверке работоспособности сборочных единиц, механизмов, систем и машины в целом.

Разработка проектной документации сложной техники происходит в 5 этапов: разработка технических предложений; эскизное проектирование; техническое проектирование; изготовление опытных образцов; экспериментальной отработка.

Недостатки, вскрытые на любом из этапов проектирования, устраняют путем корректировки конструкторской и эксплуатационной документации.

Создание принципиально новой конструкции машин связано с большими изменениями технологического процесса производства, а также с заменой оборудования, обеспечивающими необходимую точность изготовления. С целью отладки технологического процесса выпускается установочная партия изделий, по которой проводится тщательный контроль соответствия документации выпускаемым изделиям и их качества.

Качество изготавливаемого изделия определяется методом и режимами обработки, применяемым оборудованием, уровнем автоматизации и методами контроля. Отклонения в изготавливаемых деталях от назначенных величин влияют на эксплуатационные свойства изделий. Так, износостойкость разработанной поверхности будет зависеть от химического состава и структуры материала, его твердости, пределов усталости и прочности, связанных технологией получения металла и термохимическими процессами его обработки, а также от рельефа поверхности и остаточных напряжений, зависящих от методов и режимов обработки.

Усталостная прочность зависит от характеристики материала, состояния поверхностных слоев и наличия технологических дефектов (трещины, раковины, твердые включения, задиры и др.).

При изготовлении машины необходимое качество обеспечивается не только качеством изготовления деталей, но и качеством сборки машины и ее сборочных единиц, методов доводки и других показателей технологического процесса.

При эксплуатации машины реализуется ее надежность, заложенная при проектировании и изготовлении. Причем ее работоспособность зависит от методов и условий эксплуатации, выполнения принятой системы технического обслуживания и ремонтов, применяемых режимов работы и других факторов воздействия.

Для реализации заложенного в конструкцию изделия ресурса необходимо выполнять ТУ по их эксплуатации и отслеживать изменение выходных параметров в процессе изменения наработки с начала эксплуатации. Определение остаточного ресурса при проведении плановых мероприятий по обслуживанию и ремонту позволит исключить отказы машин на объекте.

К другим новым направлениям повышения надежности с целью повышения эффективности эксплуатации относятся: прогнозирование надежности по расчетным схемам, максимально приближенным к реальным объектам, методология проектирования технических объектов, устойчивых по отношению человеческих ошибок, расчетная оценка безопасности объектов к редким природным и техногенным воздействиям. Приведенные направления являются наиболее перспективными в научных исследованиях. Полученные результаты найдут применение при обосновании норм показателей надежности на стадии проектирования и эксплуатации машин.

Одно из перспективных направлений повышения работоспособности применение технических средств, позволяющих отслеживать техническое состояние машины, оптимизировать режимы ТО и ремонтов и своевременно переходить на оптимальные режимы, прогнозировать работоспособность в зависимости от уровня повреждений, фиксировать перегрузки на конструкцию и т.д.

Современный уровень развития науки и техники позволяет достичь любых показателей надежности машин. Принятие решения о необходимости повышения качества изделий должно опираться на экономический анализ.

Имеются широкие возможности повышения качества машин за счет изменения конструкции, применения качественных материалов и различных вариантов технологического процесса, а также использования прогрессивных методов и средств при сохранении и восстановлении их работоспособности.

Однако затраты на эти мероприятия могут быть значительны и эффект от повышенной возможности их не возместит. Целесообразность принимаемого решения должно обеспечивать наибольший экономический эффект от использования машины по назначению с учетом затрат в сфере производства и эксплуатации машины.

В общем случае изменение суммарного экономического эффекта ( $\mathcal{E}_{(t)}$ ) можно представить выражением

$$\mathcal{E}_{(t)} = C_{(t)} - (C_{II} + C_{\mathcal{E}(t)}), \quad (1)$$

где  $C_{(t)}$  — стоимость выполняемой работы машиной в соответствии с ее целевым назначением за время  $t$ ;  $C_{II}$  — затраты на изготовление новой машины, включая ее проектирование, изготовление, испытание, отладку и доставку к месту работы;  $C_{\mathcal{E}(t)}$  — затраты, связанные с эксплуатацией машины с учетом сохранения и восстановления ее работоспособности.

Анализируя зависимость (1), можно выделить четыре периода при эксплуатации машины. Первый период продолжительностью  $t$  от 0 до  $t_{OK}$  связан с минимальными эксплуатационными затратами и отрицательным экономическим эффектом (период окупаемости  $t_{OK}$ ). За этот период стоимость выполненных работ сравнивается с суммой затрат на приобретение машины и суммой эксплуатационных затрат за этот период.

Второй период начинается при  $t = t_{OK}$ , когда работа машины начинает давать доход, и заканчивается, когда интенсивность роста эксплуатационных затрат сравнивается с интенсивностью роста  $C_{(t)}$ . Здесь  $(\Delta C_{(t)}) > \Delta C_{\mathcal{E}(t)}$  что способствует росту прибыли). Однако при выполнении машиной своих функций по назначению снижаются ее выходные параметры (количество производимой продукции в единицу времени падает при снижении времени нахождения машины в работоспособном состоянии. Процесс снижения выходных параметров машины сопровождается ростом интенсивности затрат на поддержание и восстановление ее работоспособности и наступает момент времени  $t_{онт}$  после которого  $\Delta C_{\mathcal{E}(t)} > \Delta C_{(t)}$ , что приводит к снижению прибыли.

Наступает третий период времени  $t > t_{онт}$ , при котором машину эксплуатировать нецелесообразно (при наличии возможности замены новой или модернизированной), поскольку рост затрат на сохранение и восстановление работоспособности превышает прибыль от стоимости выполняемых работ.

Использование машины при  $t > t_{онт}$  приведет к снижению суммарного экономического эффекта и при  $t$ , соответствующем равенству  $C_{(t)} = C_{II} + C_{\mathcal{E}(t)}$ , заканчивается третий период и начинается период эксплуатации, при котором суммарный экономический эффект будет иметь отрицательное значение, т.е. убыточное производство. Изменение суммарного экономического эффекта во времени  $\mathcal{E}_{(t)}$  является основной характеристикой для оценки целесообразности использования машины по назначению.

Решение по повышению надежности принимают на основании снижения удельных суммарных затрат:

$$Z_{y\partial} = \frac{C_{II} + C_{\mathcal{E}}}{t_{онт}} \longrightarrow \min \quad (2)$$

В большинстве случаев целесообразно повышать затраты на изготовление и снижать на сохранение и восстановление работоспособности машин. Однако при увеличении затрат на изготовление новых машин необходимо экономическое обоснование по рациональному их распределению на повышение выходных характеристик и надежности.

Увеличение затрат на повышение выходных технических характеристик машины способствует росту  $\Delta C_{(t)}$  и  $\Delta C_{\mathcal{E}(t)}$  (с увеличением интенсивности работы машины увеличиваются расходы на поддержание и восстановление ее работоспособности). Если дополнительные средства при создании новой машины будут направлены только на повышение надежности, то  $\Delta C_{(t)}$  возрастет, а  $\Delta C_{\mathcal{E}(t)}$  соответственно снизится, но при

неизменных выходных технических характеристиках получение высокой прибыли будет ограничено. Здесь важно распределять дополнительные затраты на повышение выходных технических характеристик машины и на повышение ее надежности, чтобы  $\mathcal{E}_{(t_{\text{опт}})}$  приняло мало максимальное значение при условии  $\Delta C_{(t)} > \Delta C_{\mathcal{E}(t)}$

Существенное влияние на получение максимальной прибыли от создания и эксплуатации машины имеет продолжительность цикла ее создания. Сокращение его гарантирует повышение эффективности при изготовлении и эксплуатации новых машин.

Форма отчетности:

Отчет.

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите три метода оценки надежности СДМиО.
2. Каким требованиям должна удовлетворять информация при статистической оценке надежности объекта?

**Лабораторная работа №3.**

Тема: Основные факторы, влияющие на прочность деталей машин, виды отказов по критерию прочности, направления по снижению напряжений

Цель работы: Изучение факторов, влияющих на прочность деталей машин, виды отказов по критерию прочности, направления по снижению напряжений

Задание: Изучить факторы, влияющих на прочность деталей машин, виды отказов по критерию прочности, направления по снижению напряжений

Прочность деталей машин зависит от условий их нагружения и поведения соответствующих конструкционных материалов в этих условиях.

Условия нагружения характеризуются: уровнем общей и местной напряженности, температурой поверхности, числом и формой циклов нагружения, наличием ударных нагрузок, характером распределения и величиной остаточных напряжений, накоплением коррозионных, усталостных и других повреждений. С учетом анализа перечисленных факторов нагружения выбирается материал и методы определения их эксплуатационных свойств. К числу основных характеристик материала относятся сопротивление деформациям и разрушению. Учитывая постоянную тенденцию к снижению массы конструкции и повышению надежности, важное значение приобретает анализ и обоснование сопротивления неупругим деформациям.

В зависимости от условий нагружения и характеристик материала по условиям прочности отказы могут быть при усталостном разрушении, пластической деформации, хрупком разрушении и нарушении сцепления в соединениях с натягом, приводах и передачах трения и резьбовых соединениях.

Наиболее опасным является усталостное разрушение деталей, возникающее при переменных напряжениях и превышающее предельное значение для данных условий.

Пластическая деформация сопровождается образованием местной или общей ползучести металла из малоуглеродистой и низколегированных сталей. При увеличении нагрузки, вызвавшей пластическую деформацию, может произойти общее разрушение изделия.

Хрупкое разрушение деталей происходит при однократном воздействии больших нагрузок, или изменении структуры металла (охрупчивание) под влиянием температурного и (или) радиационного воздействия, или в результате постоянного накопления остаточных напряжений высокого уровня.

Нарушение сцепления вызывается нагрузками, превышающими предельно допустимые значения. Этот вид отказа недопустим в грузоподъемных машинах, т.к. нарушение прессовых соединений в них может вызвать падение груза, самопроизвольное движение тележки или крана и др.

Проворот валиков или втулок приводит к быстрому изнашиванию в сопряжениях этих деталей. Значительную опасность представляет и самоотвинчивание резьбовых соединений.

При сложном нагруженном состоянии номинальные нагрузки распределяются неравномерно как по длине детали, так и по ее сечению. Выравниванием и уменьшением номинальных напряжений можно существенно повысить несущую способность детали. При проектировании машины это можно сделать различными способами: заменой элементов, работающих на изгиб, равномерно нагруженными растянутыми и сжатыми элементами; оптимизацией формы опасных сечений элементов и детали в целом; обеспечением равной прочности по длине; параллельной передачей нагрузки несколькими элементами; созданием начальных напряжений обратного знака и др.

При нагружении изделий в отдельных зонах происходит концентрация напряжений, которые называют местными. Концентрация напряжений может быть вызвана резким изменением формы детали, прессовыми посадками, концентрацией нагрузок, неоднородностью материала, дефектами при изготовлении детали и другими причинами.

Местные напряжения оцениваются коэффициентом их концентрации  $\alpha$ , который определяется по формуле

$$\alpha = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{ном}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{max}$  и  $\sigma_{ном}$  — максимальное и номинальное напряжение в данном сечении.

Влияние местных напряжений на снижение предела выносливости деталей оценивается коэффициентом концентрации напряжений  $K$ , определяем по формуле

$$K = 1 + q(\alpha - 1), \quad (2)$$

Где  $q$  — коэффициент чувствительности материала к концентрации напряжений.

Конструктивные способы снижения концентрации напряжений могут повысить прочность более чем в 1,5 раза.

#### Форма отчетности:

Отчет.

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные факторы, влияющие на прочность деталей машин.
2. Какие виды отказов по критерию прочности вы знаете?
3. Какие конструктивные мероприятия могут снизить степень загруженности деталей машин и элементов конструкций?
4. Как влияют на прочность деталей местные напряжения?

## Лабораторная работа №4.

Тема: Расчет прочности деталей машин

Цель работы: Изучение порядка расчета прочности деталей машин

Задание: Рассчитать прочность деталей машин по заданным характеристикам

Традиционные инженерные расчеты на прочность деталей машин основываются на статическом анализе нагрузок, обосновании выбора расчетных нагрузок и их сочетаний, механических свойств материалов и методологии выбора коэффициента запаса. При преобладании статических нагрузок условие прочности записывается в виде

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T}, \quad (1)$$

где  $n_T$  — нормативный коэффициент безопасности, учитывающий местные концентрации напряжений и другие неучтенные факторы ( $n_T = 1,4-1,6$ ).

При действии переменных нагрузок инженерные методы оценки усталостной прочности основаны на стандартных испытаниях и простейших моделях накопления усталостных повреждений. Общий запас прочности определяется по формуле

$$n_0 = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{ЭКВ}}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{-1}$  — предел выносливости стандартных лабораторных образцов при симметричном цикле;  $\sigma_{ЭКВ}$  — эквивалентное напряжение, определяющее усталостную прочность.

При действии ударных нагрузок развитие и распространение пластических деформаций в образце затруднено, поэтому происходит повышение пределов текучести и прочности материала (по величине практически совпадают) при резком уменьшении относительного удлинения.

Инженерные расчеты на прочность при ударе принято проводить не по динамическим, построенным на основе приближенной теории упругого удара, а по статическим предельным характеристикам материала. Однако величина коэффициента безопасности принимается большей ( $n_T = 2$ ) по сравнению с нормативным значением при статическом действии нагрузок. Кроме того, для деталей, работающих на ударную нагрузку, необходимо принимать материал более высокого качества по однородности и пластическим свойствам. Целесообразно также проводить высокотемпературное термодиффузионное хромирование, значительно повышающее сопротивляемость ударным нагрузкам.

Повышение работоспособности машин связано с усовершенствованием расчетов на прочность.

В настоящее время разрабатываются новые направления повышения эффективности оценки работоспособности машин. Среди них: оценка показателей работоспособности и остаточного ресурса технического объекта с целью принятия решения об его дальнейшей эксплуатации; методы прогнозирования надежности по расчетным схемам, максимально приближенным к реальным; методология проектирования технических объектов, устойчивых по отношению к человеческим ошибкам и др.

Для прогнозирования работоспособности деталей машин и элементов конструкций необходимо рассматривать процессы деформирования, изнашивания, накопления повреждений и разрушений при переменных нагрузках, температурные, коррозионные и другие внешние воздействия при эксплуатации машин. Особую актуальность приобретает процесс появления и накопления микротрещин и их влияние на работоспособность объекта при переменных нагрузках.

При наличии зависимостей изменения трещин в процессе наработки можно шире использовать эксплуатацию конструкций и сооружений по техническому состоянию, назначая допустимую наработку до следующей проверки по оценке их работоспособности.

В настоящее время получают все большее значение приборы по оценке нагруженности, поврежденности и ресурса. Некоторые из них фиксируют перегрузки на конструкцию, перерабатывают ее и дают прогноз остаточного ресурса, предупреждают о недопустимых перегрузках.

Использование информационных технологий позволяет создавать базу данных по изменению показателей надежности в процессе наработки и учитывать историю их изменения и влияние практически всех факторов нагружения при оценке работоспособности каждого объекта в отдельности.

Решение прочностных задач с помощью компьютера позволяет избежать сложных вычислений и сосредоточиться на анализе факторов нагружения и выбора оптимальных параметров. Наиболее просты и наглядны инженерные расчеты в системе Mathcad. Широко используется прикладная программа расчетов на прочность COSMOS/M, позволяющая создать систему нагружения - СДПТМ, адекватную реальным условиям их эксплуатации.

#### Форма отчетности:

Отчет.

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

### **Лабораторная работа №5.**

Тема: Правила эксплуатации ПТ СДМиО

Цель работы: Изучение правил эксплуатации ПТ СДМиО

Задание: Рассказать об этапах эксплуатации ПТ СДМиО

Для приемки машин, поступающих с завода-изготовителя или завода по капитальному ремонту, в эксплуатирующих организациях создается постоянно действующая комиссия. Состав комиссии утверждает руководитель организации.

По прибытии новой машины комиссия производит наружный осмотр машины и отгруженных с ней мест, проверяет наличие пломб. При обнаружении повреждений или отсутствии пломбы составляется акт с предъявлением претензий транспортирующей организации. После наружного осмотра проверяется комплектность поставки с учетом наличия эксплуатационной и ремонтной документации, а также техническое состояние машины. При некомплектности машины или наличии неисправностей составляется акт-рекламация и предъявляется заводу-изготовителю (ремонтному заводу) для устранения обнаруженных отклонений от технических условий за счет поставщика. В конце приемки машины составляется приемосдаточный акт по соответствующей форме.

При вводе в эксплуатацию грузоподъемные машины регистрируются в органах Проматомнадзора. Результаты осмотра и испытания записывают в специальный журнал с указанием сроков следующих проверок.

Эксплуатация грузоподъемных кранов регламентируется пятым разделом нормативного источника «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

Самоходные машины, передвигающиеся по дорогам со скоростью более 30 км/ч, регистрируют, где им присваиваются государственные номерные знаки и оформляются технические паспорта.

Для Российской Федерации регистрация автотранспортных средств и других видов самоходной техники с рабочим объемом двигателя более 50 см<sup>3</sup> и имеющих максимальную скорость более 50 км/ч проводится Государственной инспекцией безопасности дорожного движения.

Ввод машины в эксплуатацию производится приказом (распоряжением) руководителя организации после нанесения опознавательной надписи и установки номерных знаков. В приказе указывается подразделение и фамилия машиниста, отвечающего за эксплуатацию.

## **Обкатка машин перед эксплуатацией**

Для увеличения работоспособности машины в обязательном порядке производят ее обкатку, во время которой происходит приработка трущихся поверхностей за счет постепенного увеличения нагрузки до максимального значения. Примерный нагрузочный режим: на холостом ходу и с нагрузкой до 20 % номинальной машина работает 15-30 % общей продолжительности; с нагрузкой от 20 до 50 % номинальной — 50—70 %; остальное время нагрузка постепенно увеличивается до номинальной. Общая продолжительность обкатки составляет 10-100 ч (для транспортных машин до 1000 км пробега) и зависит от сложности конструкции машины.

Начинают обкатку машины с двигателя. После запуска он должен работать не менее 5 мин с минимальной частотой вращения, а затем ее постепенно увеличивают до максимальной в течение 15-20 мин. В режиме холостого хода двигатель контролируется прослушиванием и показаниями приборов.

После работы двигателя на холостом ходу для машин с гидроприводом производят обкатку гидронасосов 30-60 мин. При частоте вращения двигателя не более 1100 об/мин кратковременно (5-10 с) включают насос 4 раза до заполнения его маслом. На минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала двигателя насос работает в течение 10 мин, на максимальной — 15-30 мин. Контролируется насос по шуму и температуре нагрева.

Убедившись в нормальной работе двигателя и гидронасосов, приступают к обкатке машины на холостом ходу в течение 4-5 ч при плавном включении рабочего органа. Обкатку машин на пневмоколесном ходу производят по дорогам с твердым покрытием на расстояние до 5 км. Начальная скорость движения не превышает 10 км/ч. При отсутствии неисправностей ее постепенно увеличивают до максимальной. Во время обкатки периодичность смазочных и контрольно-регулирующих работ сокращают в 2 раза. Обкатка производится под контролем механика. Свидетельством нормальной обкатки является устойчивая работа всех сборочных единиц и систем машины при допустимых уровнях температуры.

После обкатки производят замену смазочных материалов, и в течение 100 ч работы машина должна находиться под особым контролем механика.

## **Транспортировка машин к месту их эксплуатации**

В зависимости от условий транспортировки, массы и габаритов машин применяются следующие методы доставки их в пункт назначения: своим ходом, на буксире, на трейлерах (прицепах-тяжеловозах), железнодорожным, водным и воздушным транспортом.

Перемещение своим ходом машин с гусеничным движителем по грунтовым дорогам ограничивается 30 км на базе тракторов и 10 км для экскаваторов.

Перед движением машины проверяется ее техническое состояние, движитель смазывается в соответствии с картой смазки, изучается путь следования. Если на нем имеется железнодорожный переезд, то необходимо согласовать время его прохождения, подав заявку не позднее чем за 24 ч.

Экскаватор может перемещаться с продольным уклоном менее 20° и поперечным менее 6°, причем при уклоне более 5° развороты его не допускаются. Во время движения экскаватора ковш поднимается над землей на высоту не более 0,7 м, ведущее колесо движителя должно быть сзади, а поворотная платформа заторможена.

Перед транспортировкой своим ходом машин на пневмоколесном ходу производится проверка системы управления машиной (рулевое управление, тормоза), движителя (состояние шин и давление в камерах), системы управления рабочим оборудованием и электрооборудования.

Скорость буксирования машин на жесткой сцепке не должна превышать 20 км/ч с неподрессоренной и 40 км/ч с поддрессоренной подвеской. Буксирное устройство страхуется канатами, а тормозные и электрические системы тягача и буксируемой машины должны работать параллельно.

При транспортировке СДМ по сети дорог следует руководствоваться «Правилами дорожного движения», которые устанавливают следующие ограничения: по высоте 4 м от



поверхности дороги, по ширине 2,5 м, по длине 20 м, причем груз не должен выступать за заднюю точку габарита транспортного средства более чем на 2 м.

Погрузка машины на прицеп или платформу производится с соблюдением следующих требований: наклон трапа не должен превышать  $10^\circ$  при его надежном закреплении; запрещается включать повороты машины на трапе и прицепе (выравнивание машины производится только около трапа); необходимо закреплять машину на платформе упорными брусками и растяжками из проволоки диаметром 5—6 мм в 4 нити для рабочего оборудования и в 7 нитей для движителя.

Транспортировку машин по железной дороге целесообразно производить при расстоянии более 200 км. На платформе машину следует закреплять проволокой диаметром 3,5-6,0 мм. Количество растяжек и нитей определяется из расчета, что продольную силу инерции следует принимать 2,3-3,8 кН, а центральную в поперечном направлении — 1,7 кН на 1 т массы машины.

### **Монтаж и демонтаж машин в условиях эксплуатации**

Машины, размеры которых выходят за габариты железнодорожного и автомобильного транспорта, демонтируются при доставке их с завода или на участок работы.

Демонтаж и последующий монтаж машины требуют значительного времени и влияют на ее работоспособность. Трудоемкость этих работ определяется способом и условием транспортировки, конструкцией машины и уровнем механизации демонтажно-монтажных работ.

В зависимости от степени укрупнения собираемых элементов различают следующие методы монтажно-демонтажных работ: поэлементный, узловой и блочный. Поэлементный монтаж машины и оборудования производится из отдельных деталей, узловой предусматривает последовательный монтаж сборочных единиц на базовую часть машины, блочный — монтаж крупными блоками, состоящими из нескольких сборочных единиц. Для демонтажа и монтажа машин и оборудования в эксплуатационных условиях применяют самоходные краны, экскаваторы с крановым оборудованием, лебедки, треноги с подвешенными к ним полиспастами или таями, домкраты и т.д. В настоящее время проектируются машины с возможностью их самоподъема при минимальном применении вспомогательных монтажных средств.

Процесс демонтажа и монтажа машины состоит из подготовительных, основных и заключительных операций. Подготовительные операции включают: разработку и подбор документации, подготовку машины и ее сборочных единиц к демонтажу, подготовку площадки для монтажа и демонтажа машины, подбор оборудования и рабочей силы. Основные работы заключаются в непосредственном демонтаже и монтаже машины. К заключительным операциям при демонтаже относится подготовка сборочных единиц и блоков машины к транспортировке, а при монтаже — регулировка сборочных единиц, испытание машины и сдача ее в эксплуатацию. После транспортировки проверяется комплектность, снимаются консервационные смазки, поверхности очищаются от пыли и ржавчины. Перед монтажом сложных металлических конструкций проводят подготовку стыковочных поверхностей. При соединении сборочных единиц вначале соединяют их симметрично несколькими болтами с последующей установкой и затяжкой всех болтов. Если элементы конструкции соединяются сваркой, то предварительно прихватывают все элементы и выверяют металлоконструкцию. Монтаж передаточных механизмов производится с сохранением заданных при изготовлении положений.

Перед началом монтажных работ проводят инструктаж рабочих по технике безопасности, выдают защитные средства и спецодежду, установленную для данного вида работ.

При газопламенном нанесении противокоррозионных покрытий рабочие должны надевать спецодежду, очки с цветными защитными стеклами и респиратор.

### **Хранение и консервация машин**

Различают хранение кратковременное (продолжительность нерабочего периода от 10 дней до двух месяцев) и долговременное (продолжительность хранения более двух месяцев).

На кратковременное хранение машины ставятся сразу после прекращения их применения с последующей проверкой технического состояния не реже одного раза в месяц. При этом

машина хранится комплектно, без снятия отдельных сборочных единиц и деталей. Хранение может осуществляться на рабочей площадке.

Долговременно машины хранятся только на базах управлений механизации и ставятся на хранение не позднее чем 10 дней с момента окончания работы с последующей проверкой ее работоспособности раз в квартал.

Не допускается хранить машины и их сборочные единицы в помещениях, содержащих (выделяющих) пыль, примеси агрессивных паров и (или) газов.

Относительная влажность воздуха в процессе консервации не должна превышать 70 %, а температура должна быть не ниже 15 °С. Перед нанесением защитной смазки (ЗТ<sup>5/5</sup> - 5) ее разогревают до 80-90 °С.

Консервацию и расконсервацию машин производят в соответствии с эксплуатационной документацией.

Учет машин, находящихся на хранении, ведется в специальном журнале, где указываются их названия, марка, инвентарный номер, комплектность, дата постановки и снятия с хранения. Сведения о хранении, консервации и расконсервации заносятся также в формуляр (паспорт) машины.

Особенности эксплуатации машин при низких температурах

Эксплуатация машин при низких температурах снижает их работоспособность в 1,5 раза. При отрицательных температурах ухудшаются условия смесеобразования, сгорания смеси, пусковая надежность двигателя и самочувствие машинистов, увеличивается момент сопротивления вращению всех деталей, возрастает число отказов машин.

Повышение вязкости топлива в 5-10 раз при понижении температуры от 20 до -20 °С приводит к снижению прокачиваемости, степени и однородности распыливания. Хорошее распыливание, испарение и смесеобразование обеспечиваются, если вязкость топлива составляет 2—8 мм<sup>2</sup>/с. Практикуется утепление топливных баков обмазкой такого состава: асбестовая крошка — 35 %, сухие опилки — 40, огнеупорная глина — 20, жидкое стекло — 5 %. Предварительно на бак накладывают арматуру из проволоки и наносят указанный состав слоем 15-25 мм. После сушки бак обертывают матерчатой лентой и покрывают краской. Топливопроводы утепляют лентами из грубошерстной ткани и сверху лентами из парусины с последующим покрытием водомаслостойкой краской.

Затруднение запуска двигателя связано со сложностью создания пусковой частоты и низкой температурой в конце сжатия. Минимальная частота вращения, обеспечивающая запуск, зависит от температуры окружающей среды и типа двигателя (табл. 1).

Температура, необходимая в конце сжатия, для дизеля определяется по формуле

$$T_{сж} = T_0 \varepsilon^{n-1} > T_{св} + 200,$$

где  $T_0$  — температура воздуха на впуске, °С;  $\varepsilon$  — степень сжатия,  $n$  — показатель сжатия, находящийся в пределах 1,30-1,37;  $T_{св}$  — температура самовоспламенения топлива, °С.

При отрицательных температурах ухудшается самочувствие машиниста, наблюдается быстрая утомляемость, замедляется реакция на сложные ситуации. Для повышения его работоспособности утепляется рабочее место и предотвращается обледенение стекол. Для нормальной работы машиниста температура в кабине должна быть в пределах 14-18 °С, поэтому в зимний период кабину герметизируют, стены и полы утепляют, устанавливают обогреватели.

**Необходимая пусковая частота вращения (об/мин) в зависимости от типа двигателя и окружающей среды**

Тип двигателя	Температура окружающей среды, °С	
	5	-20
С искровым зажиганием	40-50	60-70
Дизельный	100-120	160-180

При эксплуатации СДМ можно применять смеси трансмиссионных масел с дизельным топливом, а моторных масел — с бензином. Количество бензина, необходимое для разжижения масла, зависит от температуры окружающей среды и вместимости системы смазки.

На гидрофицированных машинах при отрицательных температурах ухудшается работа гидропривода. Повышение вязкости рабочих жидкостей вызывает разрывы сплошности потока и подсос воздуха, что приводит к гидравлическим ударам в гидросистеме, износу и выходу из строя ее элементов.

В зимний период эксплуатации наблюдаются отказы пневмосистем из-за конденсации влаги, что вызывает образование ледяных пробок в трубопроводах, заклинивание поршней в пневмоцилиндрах.

При отрицательных температурах увеличивается вязкость электролита, что ухудшает проникновение его в поры пластин и приводит к резкому падению емкости аккумуляторной батареи. Особенно отрицательно это явление сказывается при запуске двигателя, когда зимой требуется более высокая частота вращения.

При охлаждении всех резиновых изделий нарушается их уплотняющая способность. В шинах в зимний период теряется упругость, возникает остаточная деформация, которая приводит к появлению трещин и расслоению.

Форма отчетности:

Отчет.

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как производится подготовка и ввод машины в эксплуатацию?
2. Назначение обкатки машин. Как влияет режим обкатки на работоспособность машины?
3. Виды и этапы монтажных и демонтажных работ. Как обеспечивается безопасность производства этих работ?
4. Условия транспортирования машин. Какие ограничения накладываются при транспортировании машин с гусеничным двигателем?
5. Как хранятся машины при кратковременном и долговременном перерыве в работе?
6. Какими документами руководствуются при консервации и расконсервации машин?
7. Чем объясняется трудный запуск при отрицательных температурах?

## Лабораторная работа №6.

Тема: Планирование технического обслуживания и ремонтов ПТ СДМиО

Цель работы: Изучение принципов технического обслуживания и ремонтов ПТ СДМиО

Задание: Построить годовой план и месячный план-график ТО и ремонтов для заданной СДМ

В эксплуатирующихся организациях система ТО и ремонтов реализуется через годовые планы и месячные планы-графики.

Годовой план ТО и ремонтов определяет число плановых мероприятий по каждой машине, утверждается главным инженером или главным механиком вышестоящей организации и является основанием для расчета потребности в материальных и трудовых ресурсах при разработке производственных планов.

Исходными данными для годового плана являются: фактическая наработка в моточасах с начала эксплуатации на начало планируемого года; планируемая наработка машины на год в часах; периодичность выполнения ТО и ремонтов.

Количество ТО и ремонтов ( $K_{ТОР}$  - принимается только целое число) каждого на планируемый год для каждой машины определяется по формуле

$$K_{ТОР} = \frac{H_{\phi} + H_{пл}}{T_{ТОР}} - K_{в.п.}, \quad (1)$$

где  $H_{\phi}$  - фактическая наработка машины на начало планируемого года со времени последнего аналогичного ремонта или ТО (определяется разностью между наработкой машины с начала эксплуатации или после капитального ремонта на начало планируемого года и ее наработкой на день последнего аналогичного мероприятия предшествующего года);  $H_{пл}$  - наработка на планируемый год, определяемая по количеству часов рабочего времени машины в течение года ( $T_{ч}$ ) и коэффициенту перехода от сменного рабочего времени к часам наработки ( $K_{п}$ ), ( $H_{пл} = T_{ч} \cdot K_{п}$ );  $T_{ТОР}$  - периодичность выполнения соответствующего ремонта или технического обслуживания, по которому проводится расчет, ч;  $K_{в.п.}$  - количество ТО и ремонтов более высокого порядка (для капитального ремонта  $K_{в.п.} = 0$ ).

Коэффициент перехода  $K_{в.п.}$  определяется на основе хронометража эксплуатации одного типоразмера машин для конкретных условий работы. Для целей планирования в условиях Республики Беларусь значения можно принимать по таблице.

Определение количества ТО и ремонтов на планируемый год производится и последовательности: капитальный ремонт ( $K_{к}$ ), текущий ремонт ( $K_{т}$ ), техническое обслуживание ( $K_{ТО-3}$ ), второе техническое обслуживание ( $K_{ТО-2}$ ) и первое техническое обслуживание ( $K_{ТО-1}$ ).

Для годового плана ТО и ремонтов определяется месяц проведения капитального ремонта:

$$M = \frac{12(T_{к} - H_{\phi.к})}{H_{пл}} + 1, \quad (2)$$

где  $T_{к}$  — периодичность выполнения капитального ремонта, ч;  $H_{\phi.к}$  — наработка машины на начало планируемого года от предыдущего капитального ремонта или с начала эксплуатации.

Порядковый рабочий день месяца  $D_{ТОР}$ , в котором начинается ремонт или техническое обслуживание, определяется по формуле

$$D_{ТОР} = \frac{K_{д.р}(nT_{ТОР} - H_{\phi})}{H_{пл.м}} + 1, \quad (3)$$

где  $K_{д.р}$  — число рабочих дней в планируемом месяце;  $n$  — порядковый номер планируемого обслуживания (для ремонтов и технического обслуживания с

периодичностью проведения, превышающей планируемую месячную наработку,  $n = 1$ );  $H_{пл.м}$  — наработка, планируемая на месяц, ч.

Если учесть, что  $H_{пл.м} / K_{д.р.}$  - дневная наработка машины, то формулу можно записать так:

$$D_{ТОР} = \frac{nT_{ТОР} - H_{\Phi}}{t_{ср}} + 1,$$

Где  $t_{ср}$  - средняя наработка машины в день.

Значения коэффициентов перехода сменного рабочего времени к часам наработки (мото-час) строительных и дорожных машин и оборудования  $K_n$

№ п/п	Наименование машин и оборудования	Значение коэффициента
1	Бульдозеры: 3 т 6-10 т	0,7
2	Экскаваторы одноковшовые с ковшом вместимостью до 0,4 м <sup>3</sup> То же с ковшом вместимостью более 0,4 м <sup>3</sup>	0,7 0,8
3	Автогрейдеры	0,7
4	Краны стреловые автомобильные грузоподъемностью до 6,3 т включительно То же свыше 6,3 т до 10 т включительно То же свыше 10 т	0,7 0,72 0,74
5	Краны стреловые пневмоколесные	0,72
6	Краны стреловые гусеничные	0,73
7	Скреперы	0,74
8	Краны башенные	0,57
9	Трубоукладчики	0,55
10	Погрузчики одноковшовые	0,6
11	Тракторы колесные	0,7
12	Тракторы гусеничные	0,7
13	Тракторы-рыхлители	0,7
14	Тракторы трелевочные	0,75
15	Компрессоры	0,5
16	Катки моторные	0,55
17	Сварочные агрегаты	0,5
18	Автопогрузчики	0,6
19	Ямобуры: на базе тракторов на базе автомобилей	0,4 0,5
20	Машины бурильные	0,4
21	Асфальтоукладчики	0,43
22	Автовышки, автогидроподъемники	0,75
23	Экскаваторы многоковшовые, траншейные, роторные и цепные	0,5
24	Автобетоносмесители	0,5
25	Стационарные бетоносмесители	0,35

№ п/п	Наименование машин и оборудования	Значение коэффициента
26	Растворосмесители стационарные	0,5
	То же передвижные	0,35
27	Автобетононасосы	0,42
28	Растворонасосы производительностью до 2 м <sup>3</sup> /ч	0,25
	» » 4–6 м <sup>3</sup> /ч	0,3
29	Вышки самоходные на базе трактора	0,55
30	Сваебойные установки	0,7
31	Автогудронаторы	0,7
32	Автоцементовозы	0,7
33	Гидрокраны	0,75
34	Планировщики	0,4
35	Подъемники мачтовые	0,2
36	Дробилки стационарные	0,6
37	Грохоты	0,55
38	Корчеватели, кусторезы	0,32
39	Молоты дизельные и паровоздушные	0,3
40	Штукатурные агрегаты	0,3
41	Насосы жидкостные	0,65
42	Автосамосвалы	0,8

Планируемая годовая наработка  $H_{пл}$  может определяться по месяцам в соответствии с количеством рабочих дней или за счет коэффициента сменности и организации работы в выходные дни по скользящему графику, что значительно увеличивает наработку машины в летний период.

При определении  $K_{ТОР}$ ,  $M$ ,  $D_{ТОР}$  результаты расчетов округляются до целых чисел в меньшую сторону.

Продолжительность проведения ТО или ремонта определяется по рекомендациям завода-изготовителя с учетом фактического времени ожидания и транспортировки машин.

**Пример.** Построить годовой план и месячный план-график ТО и ремонтов для самоходного скрепера ДЗ-11 с наработкой с начала эксплуатации 2490 ч (рис. 1).

Решение. Планируемая годовая наработка

$$H_{пл} = 3039 \cdot 0,74 = 2248 \text{ (ч)}$$

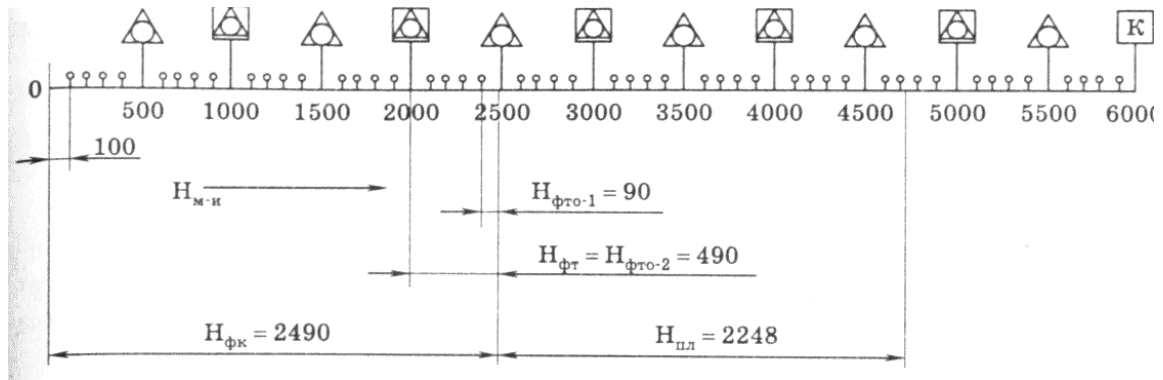
Принимаем следующую периодичность проведения ТО и ремонтов:  $T_K$  - 6000 ч,  $T_T$  — 1000 ч,  $T_{ТО-2}$  — 500 ч,  $T_{ТО-1}$  — 100 ч.

Капитальный ремонт скрепера в планируемом году не производится, так как сумма наработки с начала эксплуатации на начало года и планируемой наработки на расчетный год меньше периодичности его проведения:

$$K_K = (2490 + 2248) / 6000 = 0$$

Нарботка после последнего текущего ремонта в предшествующем году на начало расчетного года

$$H_T = 2490 - 2000 = 490 \text{ ч}$$



тогда количество текущих ремонтов

$$K_T = \frac{490 + 2248}{1000} - 0 = 2.$$

Наработка после последнего ТО-2 в предшествующем году на начало расчетного года также равна 490 ч, так как его проведение совпало со временем проведения текущего ремонта ( $T_{ТО-2} = 500 > Y_{ТО-2} = 490$ ).

Тогда

$$K_{ТО-2} = \frac{490 + 2249}{500} - (0 + 2) = 3.$$

Наработка после последнего ТО-1 на начало расчетного года  $H_{ТО-1} = 490 - 400 = 90$  (ч),

$$K_{ТО-1} = \frac{90 + 2248}{100} - (0 + 2 + 3) = 18.$$

Самоходный скрепер работает с толкачом на базе бульдозера ДЗ-27 с наработкой с начала расчетного года 5220 ч и планируемой годовой наработкой 2300 ч. Количество ТО и ремонтов рассчитываем аналогично и составляем годовой план (таблица)

Так как капитальный ремонт производится для толкача в планируемом году, определяем месяц его проведения:

$$M = \frac{12 \cdot (5760 - 5228)}{2300} + 1 = 3,$$

т.е. март.

Примерное число месяца постановки машины на капитальный ремонт определяется по фактической наработке с начала эксплуатации на начало марта и планируемой месячной наработке. Нарботку по месяцам планируем в зависимости от количества рабочих дней за вычетом дней простоя.

Инвентарный номер машины	Наименование и марка (индекс) машины	Заводской номер машины	Наименование		
			с начала эксплуатации	Фактическая	
				К	Т
1	Скрепер ДЗ-11	6761	2490	-	490
29	Бульдозер ДЗ-27	1612	5228	-	428

наработка, ч		Наработка, планируемая на год, ч	Число и месяц проведения капитального ремонта	Количество ТО и ремонтов		
ТО-2	ТО-1			Т и ТО-3	ТО-2	ТО-1
490	90	2248	-	2	3	18
183	8	2300	9 марта	1	8	28

Количество нерабочих дней для бульдозера без простоев в ТО и ремонтах равно 136.

Продолжительность простоя в ТО и ремонтах регламентируется нормативно-технической документацией. Простой бульдозера ДЗ-27 в ТО и ремонтах в днях составляют: ТО-1 - 0,2; ТО-2 - 0,5; СО — 1,5; Т — 7; К — 14. С учетом количества проводимых обслуживания и ремонтов общее число дней простоя равно 31:

$$D_{ТОР} = 0,2 \cdot 28 + 0,5 \cdot 3 + 1,5 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 14 \cdot 1 = 31$$

Планируем проведение текущего и капитального ремонтов на центральной базе, находящейся на расстоянии 120 км от участка. Определяем количество дней, связанных с доставкой

бульдозера с участка в мастерские и обратно. Транспортировка бульдозера будет осуществляться по дорогам первой группы со скоростью 15 км/ч. Затраты времени на погрузку и разгрузку машины составляют 2ч, а на сдачу машины в ремонт и приемку из ремонта — 4 дня для капитального ремонта, 1 день для текущего и по одному дню на ожидание ремонтов. Суммарное время, затрачиваемое на транспортировку машины, сдачу ее в ремонт, приемку из ремонта и ожидание ремонта, — 10 дней.

Общее количество простоев бульдозера по всем причинам составляет

$$D_{\text{прост}} = 136 + 31 + 10 = 177(\text{дн.})$$

Фактическое количество рабочих дней бульдозера

$$D_p = 365 + 177 = 188(\text{дн.})$$

Средняя продолжительность работы бульдозера в день

$$t_{\text{ф.}} = 2300/188 = 12,2(\text{ч})$$

а плановая наработка на год

$$H_{\text{п.л.}} = 12,2 + 188 = 2294(\text{ч})$$

Определяем фактическую наработку бульдозера на начало марта из расчета 38 рабочих дней в январе и феврале (31 + 28-17-4):

$$H_{\text{ф.м.}} = H_{\text{ф.м.}} + 38 \cdot 12,2 = 5228 + 464 = 5692(\text{ч})$$

Порядковый рабочий день марта, с которого планируется отправить машину в капитальный ремонт, определяем из расчета необходимой наработки, равной периодичности проведения капитального ремонта ( $T_k = 5760$  ч):

$$D_k = (5760 - 5692)/12,2 = 6$$

С учетом календаря на март 2003г. определяем число месяца начала капитального ремонта, прибавляя к рабочим дням праздничные и выходные. Для нашего примера шестой рабочий день соответствует 9 марта. Всего для проведения капитального ремонта необходимо 20,5 дня (14 + 4 + 1 + 1,5 = 20,5). В марте 22 рабочих дня, из них 5 дней бульдозер находится в работе и 17 дней — в капитальном ремонте, т.е. ремонт закончится в апреле.

По результатам расчета заполняем план-график на март 2005 г. (табл. 6.3).

Для бульдозера необходимо спланировать и проведение технического обслуживания, которое нужно проводить в первый рабочий день марта:

$$D_{\text{ТО-1}} = \frac{60-52}{12,2} + 1 = 1.$$

Для самоходного скрепера ДЗ-1 1 делаем аналогичные расчеты, и результаты заносим в план-график на март. Приведенные данные можно использовать для проверки самостоятельных расчетов.

Определение плановой наработки, количества обслуживания и ремонтов, месяц и дни постановки машины на обслуживание или в ремонт, необходимого количества дней и суммарной трудоемкости для проведения ТО и ремонтов с использованием информационных технологий можно производить в соответствии с предложенным алгоритмом. Разработанная программа позволяет пополнять базу данных по новым машинам и составлять годовой и месячный план-график ТО и ремонтов для всего парка машин.

#### Форма отчетности:

Отчет.

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные принципы организации ТО и ремонтов машин.
2. Как осуществляется календарное планирование мероприятий по технологической, материальной и организационной подготовке?



## Практическое занятие №1.

Тема: Определение показателей работоспособности ПТ СДМиО.

Цель работы: Изучение показателей работоспособности ПТ СДМиО и методика их расчета.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет параметров и произвести характеристику работоспособности заданной ПТ СДМ.

Показателями работоспособности СДПТМ являются безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

*Безотказность* — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Безотказность объекта характеризуется: вероятностью безотказной работы, средней наработкой до отказа, гамма-процентной наработкой до отказа, средней наработкой на отказ, интенсивностью отказов, параметром потока отказов и установленной безотказной наработкой. Основным показателем безотказности является *вероятность безотказной работы*, характеризующая вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает. Ее определяют по формуле

$$P(t) = (N - N_0) / N, \quad (1)$$

где  $N$  — число подконтрольных объектов;  $N_0$  — число объектов, отказавших за период времени  $t$ .

*Средняя наработка до отказа* — математическое ожидание наработки объекта до первого отказа:

$$t_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (2)$$

Где  $t_i$  - наработка до отказа  $i$ -го объекта

*Средняя наработка на отказ* характеризуется отношением наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки

$$t_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (3)$$

Где  $t_i$  - наработка объекта между двумя отказами;  $n$  — число отказов объекта в течение рассматриваемой наработки.

*Интенсивность отказов*  $\lambda(t)$  — условная плотность вероятности возникновения отказа невозстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник:

$$\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{\Delta t N(t)}, \quad (4)$$

Где  $N(t)$ ,  $N(t + \Delta t)$  - число объектов, работоспособных при наработке  $t$  и  $t + \Delta t$  соответственно.

*Параметр потока отказов*  $\omega(t)$  характеризуется отношением среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольно малую наработку  $\Delta t$  к значению этой наработки:

$$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(t + \Delta t) - \sum_{i=1}^N n_i(t)}{N \Delta t}, \quad (5)$$

Где  $n_i(t + \Delta t)$ ,  $n_i(t)$  - число отказов по  $N_i$  объекту при наработке  $t$  и  $t + \Delta t$  соответственно.

*Долговечность* — свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Важнейшими показателями долговечности являются: средний ресурс, гамма-процентный ресурс, назначенный ресурс, средний срок службы, гамма-процентный срок службы и установленный срок службы.

*Средний ресурс* — это математическое ожидание ресурса:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N} \quad (6)$$

Где  $\tau_i$  - ресурс  $i$ -й машины

*Гамма-процентный ресурс* — наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах:

$$R\gamma = \frac{\gamma}{100} = 1 - F(R\gamma), \quad (7)$$

*Назначенный ресурс* - суммарная наработка объекта, при достижении применение по назначению должно быть прекращено.

*Средний срок службы* — математическое ожидание срока службы.

*Гамма-процентный срок службы* характеризует календарный период от начала эксплуатации объекта, в течение которого он не достигает предельного состояния с заданной вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

*Ремонтопригодность* — свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Показателями ремонтпригодности являются: среднее время восстановления работоспособного состояния и средняя трудоемкость восстановления работоспособного состояния.

*Среднее время восстановления работоспособного состояния* — математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния:

$$t_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{Bi} \quad (8)$$

Где  $t_{Bi}$  - время восстановления  $i$ -го отказа;  $n$  — количество отказов.

*Средняя трудоемкость восстановления* — математическое ожидание трудоемкости восстановления работоспособного состояния:

$$t_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (9)$$

*Сохраняемость* — свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение или после хранения и транспортировки. Показатели сохраняемости: средний срок сохраняемости (математическое ожидание срока сохраняемости) и гамма-процентный срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие работоспособности машин.
2. Какие показатели характеризуют работоспособность неремонтируемых объектов?
3. То же ремонтируемых объектов?
4. Какие характерные виды потери работоспособности рабочего оборудования, сборочных единиц систем СДПТМ чаще встречаются?

## Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

## Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

### **Практическое занятие №2.**

Тема: Определение показателей надежности ПТ СДМиО

Цель работы: Изучение показателей надежности ПТ СДМиО и методика их расчета.

Задание: По заданным характеристикам произвести расчет параметров и произвести характеристику надежности заданной ПТ СДМ.

Оценка надежности СДПТМ может быть экспертной, расчетно-теоретической и статистической.

Для расчета и прогнозирования надежности необходимо иметь источники информации об изменении технического состояния машин. Эта информация либо учитывает конечные результаты протекающих процессов старения, либо дает оценку процесса изменения технического состояния. Последняя информация позволяет осуществлять прогнозирование работоспособности объекта, а конечные сведения об отказах характеризуют лишь уровень надежности.

Основной целью сбора информации является повышение надежности СДМ на основе выявления узлов и деталей, лимитирующих наработку до ремонта.

Методика сбора статистических данных о надежности в процессе эксплуатации машин должна обеспечивать: своевременное получение полных, объективных и достоверных данных об отказах машин; оперативную обработку полученных данных; координацию мероприятий по повышению надежности, проводимых проектными организациями, заводами-изготовителями и эксплуатирующими организациями. Сбор и обработка информации о надежности регламентируется руководящим документом РД-50-204-87.

От качества статистической информации зависит оценка надежности объекта. Эта информация должна удовлетворять трем требованиям: достоверности, полноте и непрерывности.

Показатели надежности СДМ зависят от совершенства конструкции, технологического процесса их изготовления и условий эксплуатации. Влияние большого количества факторов приводит к тому, что у машин разного технического состояния, работающих в однородных условиях, значения показателей надежности носят случайный характер. Наиболее полно характеризуют случайную величину ее функция распределения  $F(t)$ , вероятность безотказной работы  $P(t)$  и плотность вероятностей ее появления  $f(t)$ . О виде функции распределения можно судить по эмпирической функции. При большом количестве экспериментов ( $N$ ) между этими функциями существует приближенное равенство. Оценкой плотности вероятностей служит эмпирическая функция плотности.

При прогнозировании надежности СДМ необходимо установить, какому из известных законов распределения подчиняются экспериментальные данные.

При анализе надежности СДМ наиболее часто встречаются следующие законы распределения случайных величин: *экспоненциальный, нормальный и Вейбула.*

Функция, вероятность безотказной работы и плотность вероятности экспоненциального распределения соответственно имеют вид:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, P(t) = e^{-\lambda t}, f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Где  $\lambda$  - параметр экспоненциального закона распределения;  $t$  - наработка машины.

Экспоненциальный закон является однопараметрическим и позволяет наиболее просто подсчитывать характеристики распределения. Вместе с тем он показывает хорошую сходимость с экспериментальными данными, когда выполняются условия стационарности, ординарности и отсутствует последствие отказов. Стационарность свидетельствует о том, что количество отказов не зависит от предшествующей работы объекта. Ординарность

отказов означает, что за малый промежуток времени  $\Delta t$  появление двух и более отказов практически невозможно. Отсутствие последействия в потоке отказов указывает на то, что вероятность наступления некоторого количества отказов в единицу времени  $\Delta t$  не зависит от предшествующих отказов. Соблюдение в машиностроении первого и третьего условий является идеализированным, так как все машины в процессе эксплуатации стареют и вероятность их безотказной работы снижается, а отказ одной детали существенно влияет на отказ сопряженных с ней деталей.

Для решения задач надежности широкое применение находит нормальный закон. Он хорошо описывает распределение случайных величин при большом влиянии равнозначных факторов. Характеристики нормального закона распределения случайной величины определяются по выражениям

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left(-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (2)$$

$$- P(t) = 1 - F(t)$$

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}\right)$$

Где  $\sigma$  - среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}{N-1}} \quad (3)$$

Где  $\bar{t}$  - математическое ожидание случайной величины (средняя наработка до отказа, средний срок службы и т.д.).

Наиболее универсальным законом распределения случайной величины является закон Вейбула. Его характеристики определяются выражениями

$$F(t) = 1 - \exp(-at_m^m), P(t) = \exp(-at_m^m),$$

$$f(t) = amt^{m-1} \exp(-at^m) \quad (4)$$

Где  $a, m$  - параметры распределения.

Универсальность этого закона в том, что при  $m = 1$  он превращается в экспоненциальный, а при  $m > 1$  может быть близок к нормальному.

При исследовании надежности СДПТМ могут встречаться и другие законы: Пуассона, логарифмически нормальный, Рэлея, гамма-распределения и др.

Статистическая оценка закона распределения отказов начинается с упорядочивания значений, полученных при проведении испытаний. На первом этапе эти значения располагают в вариационный ряд и проверяют однородность результатов наблюдений. Для установления закономерности распределения полученных результатов при количестве наблюдений  $N > 30$  вариационный ряд разделяют на несколько интервалов. В этом случае рассматривается не отдельная величина, а их число в каждом интервале  $n_i$ .

Характеристикой полученного распределения значений является частность  $m_i = n_i / N$

Число интервалов ( $K$ ) на практике принимают равным 7-12, а интервал определяют по формуле

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{1 + 3,31gN} \text{ или } \Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{K} \quad (5)$$

Основные статистические характеристики распределения определяются по следующим формулам:

- математическое ожидание

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^k t_{cpi} m_i \quad (6)$$

Где  $k$  - количество интервалов;  $t_{cpi}$  - среднее значение  $i$ -го интервала;

- среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N n_i (t_{cpi} - \bar{t})^2}{N - 1}} \quad (7)$$

- коэффициент вариации

$$V = \sigma / \bar{t} \quad (8)$$

На основании полученного значения коэффициента вариации и построенной гистограммы выдвигают гипотезу о законе распределения. При нормальном законе  $V < 0,3$ , а при экспоненциальном или Вейбула  $V > 0,5$ . В интервале значений  $0,3 < V < 0,5$  могут иметь место все три закона. Затем проверяют справедливость выдвинутой гипотезы по критерию согласия Пирсона, или Колмогорова, или Мизеса.

Наиболее простым и удобным для оценки надежности при неизвестных параметрах распределения является критерий  $\chi^2$  Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i} \quad (9)$$

Где  $m'_i$  - теоретические значения частот, полученные по предполагаемому закону распределения случайной величины.

Полученное значение  $\chi^2$  близко к нулю, когда все соответствующие теоретические и эмпирические частоты совпадают. Критические значения  $\chi^2_{\beta}$  выбираются по табл. 5.1 в зависимости от уровня значимости  $p$  и числа степеней свободы. Число степеней свободы определяется так:

$$r = k - b,$$

где  $b$  — сумма параметров теоретического закона, найденных с помощью распределения (для нормального закона это математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение и наработка, т.е. 3, а для экспоненциального и Вейбула соответственно 2).

Если окажется, что полученное значение  $\chi^2 < \chi^2_{\beta}$  то расхождение между теоретическими и эмпирическими несущественно и нужно принять выдвинутую гипотезу о распределении случайной величины по предполагаемому закону. В противном случае эту гипотезу отвергают или проводят дополнительные исследования.

После установления вида закона распределения определяют границы доверительного интервала значений математического ожидания. Доверительный интервал показывает, что с вероятностью  $p$  значение математического ожидания находится в пределах  $t_B < t < t_B$ , где  $t_k, t$ , — соответственно нижний и верхний пределы наработки.

Доверительная вероятность устанавливается в зависимости от степени точности, с которой проводится исследование, и ответственности выводов следующих из него. При установлении закономерности в общем виде можно принять  $p = 0,67$ . Для исследований, связанных с конструкцией машин, достаточна доверительная вероятность 0,90.

Границы отклонения для среднего значения искомой величины определяются по формулам

$$t_n = \bar{t} - \frac{\sigma_{t_\beta}}{\sqrt{N}}, \quad t_B = \bar{t} + \frac{\sigma_{t_\beta}}{\sqrt{N}}, \quad (10)$$

Таблица 1

Критические значения статистики критерия  $\chi^2$

Число степеней свободы	$\chi^2_{0,1}$	$\chi^2_{0,8}$	$\chi^2_{0,5}$	$\chi^2_{0,7}$	$\chi^2_{0,9}$	$\chi^2_{0,95}$	$\chi^2_{0,99}$	$\chi^2_{0,999}$
1	0,016	0,148	0,455	1,07	2,71	3,84	6,63	10,8
2	0,211	0,713	1,39	2,41	4,61	5,99	9,21	13,8
3	0,594	1,42	2,37	3,67	6,25	7,81	11,3	16,3
4	1,06	2,19	3,36	4,88	7,78	8,49	13,3	18,5
5	1,06	3,00	4,35	6,06	9,24	ПД	15,1	20,5
6	2,20	3,83	5,35	7,23	10,6	12,6	16,8	22,5
7	2,83	4,67	6,35	8,38	12,0	14,1	18,5	24,3
8	3,49	5,53	7,34	9,52	13,4	15,5	20,1	26,9
9	6,39	6,39	8,34	10,7	14,7	16,9	21,7	27,9
10	4,87	7,27	9,34	11,8	16,0	18,3	23,2	29,6
11	5,58	8,1	10,3	12,9	17,3	19,7	24,7	31,3
12	6,30	9,03	11,3	14,0	18,5	21,0	26,2	32,9
13	7,04	9,93	12,3	15,1	19,8	22,4	27,7	34,5
14	7,79	10,08	13,3	16,2	21,1	23,7	29,1	36,1
15	8,55	11,7	14,3	17,3	22,3	25,0	30,6	37,7
16	9,31	12,6	15,3	18,4	23,5	26,3	32,0	39,3
17	10,1	13,5	16,3	19,5	24,8	27,6	33,4	40,8
18	10,9	14,4	17,3	20,6	26,0	28,9	34,8	42,3
19	11,7	14,4	18,3	21,7	27,2	30,1	36,2	43,8
20	12,4	16,3	19,3	22,8	28,4	31,4	37,6	45,3
21	13,2	17,2	20,3	23,9	29,6	32,7	38,9	46,8
22	14,0	18,1	21,3	24,0	30,8	33,9	40,3	48,3
23	14,8	19,0	22,3	26,0	32,0	35,2	41,6	49,7
24	15,7	19,9	23,3	27,1	33,2	36,4	43,0	51,2
25	16,5	20,9	24,3	28,2	34,3	37,7	44,3	52,6
26	17,3	21,8	25,3	29,2	35,6	38,9	45,6	54,1
27	18,1	22,7	26,3	30,3	36,7	40,1	47,0	55,5
28	18,9	23,6	27,3	31,4	37,9	41,3	48,3	56,9
29	19,8	24,6	28,3	32,5	39,1	42,6	49,6	58,3
30	20,6	25,5	29,3	33,5	40,3	43,8	50,9	59,7

Где  $t_\beta$  - коэффициент распределения Стьюдента.

Для нормального закона распределения значения случайных величин с вероятностью  $\beta = 0,997$  попадают в интервал  $\bar{t} \pm 3\sigma$ .

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие надежности машин.

## 2. Какие показатели характеризуют надежность?

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

### Практическое занятие №3.

Тема: Определение безотказности систем

Цель работы: Определение вероятности безотказной работы заданной СДМ.

Задание: Рассчитать вероятности безотказной работы заданной СДМ.

СДМ состоят из множества деталей, узлов и агрегатов. Безотказность работы машины в целом зависит от безотказности работы каждого элемента, машину можно рассматривать как систему, для определения надежности которой широко используют структурные схемы. В этих схемах каждый элемент характеризуется определенным значением вероятности безотказной работы  $P_i$  в течение некоторого промежутка. Надежность системы зависит от схемы соединения. Наиболее часто встречаются последовательные соединения элементов, при которых отказ одного элемента приводит к отказу системы. Например, отказ в приводе самоходного скрепера двигателя, карданной передачи, сцепления, основной коробки передач, дополнительной коробки, колесной передачи или движителя приводит к отказу всей машины.

Вероятность безотказной работы такой системы равна произведению вероятностей безотказной работы отдельных элементов:

$$P(t) = P_1 P_2 \dots P_n = \prod_{i=1}^n R_i, \quad (1)$$

Если  $P_1 = P_2 = \dots = P_n$ , то  $P(t) = P_i^n$

Если безотказность работы элементов подчиняется экспоненциальному закону распределения, то этот закон сохраняется и для всей системы, т.е.

$$P_1 = \exp(-\lambda_1 t), P_2 = \exp(-\lambda_2 t), \dots, P_n = \exp(-\lambda_n t),$$

Тогда

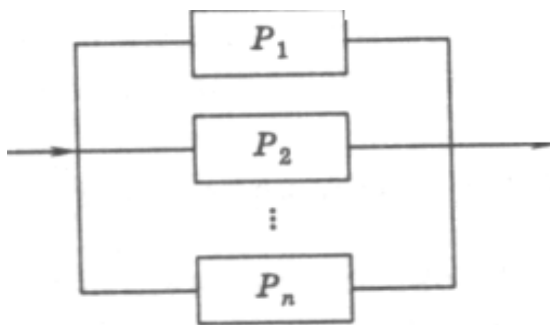
$$P(t) = \prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_i t) = \exp(-\lambda_0 t)$$

Где  $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ .

Однако на практике для каждого элемента характерна своя кривая распределения вероятности безотказной работы по времени, и это необходимо учитывать при подсчете надежности сложных систем.

Простота подсчета вероятности безотказной работы сложных систем при экспоненциальном законе приводит к тому, что им пользуются многие исследователи без предварительного анализа отказов элементов.

Сложные системы, состоящие из элементов высокой надежности, при последовательном соединении могут обладать низкой надежностью. Например, если система состоит из 100 элементов, а вероятность безотказной работы каждого элемента за заданный промежуток времени равна 0,99, то вероятность безотказной работы системы  $P(t) = 0,99^{100} = 0,30$ . Для повышения надежности сложных систем можно создавать дублирующие элементы (резервирование) (рис. 5.5). В этом случае при отказе элемента его функции выполняет дублирующий элемент. Когда дублирующие элементы нагружены вместе с основными, то вероятность безотказной работы системы



$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (2)$$

Отказ системы в этом случае наблюдается при отказе всех дублирующих элементов, т.е. вероятность безотказной работы резко повышается. Например, если вероятность безотказной работы элемента  $P_i = 0,90$ , а  $n = 2$ , то  $P(t) = 1 - 0,1^2 = 0,99$ .

Возможно также создание ненагружаемого дублирования, когда дублирующие элементы находятся в отключенном состоянии и включаются при отказе основного. Для обеспечения работоспособности такой системы необходима сигнализация отказа и соответствующее устройство для включения резерва.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как влияет на безотказность работы машины количество сборочных единиц и деталей, а также характер их соединения?

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

#### Практическое занятие №4.

Тема: Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических комплексов

Цель работы: Изучить причины изнашивания деталей наземных транспортно-технологических комплексов. Рассмотреть мероприятия по повышению износостойкости СДМ.

Основной причиной нарушения работоспособности СДПТМ являются изменения деталей вследствие изнашивания.

*Изнашивание* — процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела. Изнашивание может сопровождаться коррозионными процессами, происходящими в материалах деталей под воздействием химически активных составляющих среды, и является сложным физико-химическим процессом.

Интенсивность изнашивания поверхностей деталей зависит от типа трения. Под *трением* понимают сопротивление относительному перемещению двух поверхностей в зонах их соприкосновения.

По характеру движения трение подразделяют на *трение скольжения* и *трение качения*, а по наличию смазочного материала — на *сухое*, *границное* и *жидкостное*.

Сила трения качения на порядок ниже силы трения скольжения несмазанных поверхностей. Сила трения скольжения пропорциональна нормальной нагрузке и коэффициенту трения, который зависит от марки материала, качества обработки поверхностей деталей и составляет, как правило, 0,1-0,8. На практике широко наблюдается трение качения с проскальзыванием при одновременном качении и скольжении трущихся поверхностей.

Сухое трение происходит при отсутствии на поверхностях трения смазочного материала. При этом трении происходит следующее: неровности одной трущейся поверхности



зацепляются за неровности другой, силы атомно-молекулярных связей трущихся поверхностей иногда превышают внутренние связи материала, вследствие чего наблюдается сваривание трущихся пар в условиях высоких удельных давлений. Как правило, сухое трение приводит к внезапным отказам, т.е. аварийному состоянию.

Граничное трение возникает при толщине смазочного слоя менее 0,1 мкм. В этом случае сила трения зависит от природы и состояния трущихся поверхностей. Коэффициент граничного трения находится в пределах 0,08-0,15. Граничное трение неустойчиво и определяет предел работоспособности сборочной единицы.

Жидкостное трение возникает, когда смазочный слой полностью отделяет рабочие, взаимно перемещающиеся поверхности при проявлении нормальных объемных свойств масла. Коэффициент жидкостного трения на два порядка ниже по сравнению с сухим трением и находится в пределах 0,003-0,030.

Устойчивость жидкостного трения определяется следующими факторами: удельным давлением перемещающихся поверхностей, скоростью их перемещения, конструкцией узла трения, зазором между трущимися поверхностями и площадью этих поверхностей, вязкостью смазочного материала и температурным состоянием узла трения.

Для обеспечения жидкостного трения минимальный зазор  $h_{\min}$  в сопряжении должен соответствовать условию

$$h_{\min} \geq 1,5(\delta_{\text{MAX}1} + \delta_{\text{MAX}2}), \quad (5.10)$$

Где  $\delta_{\text{MAX}1}, \delta_{\text{MAX}2}$  - максимальные высоты выступов на поверхностях трения.

Минимальный зазор может быть определен по выражению

$$\eta_{\text{MIN}} = \eta \frac{cv}{p}, \quad (5.11)$$

Где  $\eta$  - вязкость масла;  $c$  - коэффициент, учитывающий конструкцию подшипника;  $v$  - скорость перемещения трущихся поверхностей;  $p$  - давление на трущиеся поверхности.

В реальных условиях эксплуатации жидкостному трению предшествует граничное или сухое (перед пуском и остановом сборочных единиц, при резких колебаниях скорости и нагрузки, недостаточной подаче масла и его вязкости, попадании абразивных механических примесей).

Скорость изнашивания отдельных сопряжений отрицательно влияет на показатели работоспособности. Ограничение по скорости изнашивания выражается в виде 10 классов износостойкости (0-9 со скоростью изнашивания менее  $10 \sim 5$  мкм/ч для 0 класса и более  $10^3$  мкм/ч для 9 класса).

При создании и эксплуатации машин могут применяться различные методы и средства для повышения износостойкости сопряжений машины. На стадии проектирования требования к износостойкости устанавливаются по заданным показателям надежности в два этапа.

На первом этапе определяются допустимые изнашивания выходных параметров на основе принятой модели отказа.

На втором этапе устанавливаются связи между характеристиками изношенных сопряжений и выходными параметрами машины.

Ограничение скорости изнашивания сопряжений машины и назначение класса износостойкости имеет важнейшее значение для создания надежных машин. При создании износостойких машин необходимо регламентировать показатели сопряжений (номинальный зазор, предельно-допустимый износ и др.) и условия эксплуатации (режимы нагружения, температура, окружающая среда и др.), определяющие изменение выходных параметров (параметрическую надежность) машины.

Единый подход к повышению износостойкости при проектировании, создании и эксплуатации машин приведет к наибольшему эффекту. Мероприятия, повышающие износостойкость сопряжений машин, целесообразно осуществлять по двум главным направлениям:

- рассмотрение микрокартины взаимодействия поверхностей и создание условий с минимальной интенсивностью изнашивания (смазка поверхностей, выбор рационального сочетания материалов пар трения, обеспечение температурного режима, создание

специального микрорельефа поверхности, применение антифрикционных покрытий, изоляция поверхности трения от загрязнения и др.);

- рассмотрение микрокартины взаимодействия трущихся поверхностей с анализом конструктивных особенностей узлов трения (разработка рациональной конструктивной схемы, самоустановка сопряженных поверхностей, разгрузка ответственных сопряжений, обеспечение равномерного износа, компенсация износа и др.).

Проводимые мероприятия по первому направлению снижают скорость изнашивания поверхностей сопряжений, что приводит к износостойкости, и увеличению ресурса.

Повышение износостойкости за счет конструктивных факторов позволяет уменьшить влияние износа на выходные параметры, сократить период макрообработки, повысить ресурс пар трения, снизить динамические нагрузки.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите виды изнашивания и количественные оценки износа.
2. Охарактеризуйте виды трения по характеру движения, наличию смазочного материала, влияния трения на изнашивание.
3. Каков физический смысл механического изнашивания, коррозионно-механического и изнашивания при действии электрического тока?

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

#### Практическое занятие №5.

Тема: Определение расхода топлива ПТ СДМиО.

Цель работы: Изучение определения расхода топлива ПТ СДМиО.

Задание: Рассчитать расход топлива по заданным характеристикам.

Различают два вида нормирования расхода топлива: индивидуальные и групповые.

Индивидуальные нормы устанавливаются для каждой марки и модификации машины в зависимости от выполняющих технологических процессов.

Планируемый расход топлива для выполнения транспортных операций включает три составляющих: базовую (линейную) норму расхода на 100 км пробега; дополнительную норму на 100 тонно-километров (ткм) транспортной работы; дополнительную норму на езду с грузом.

Базовая (линейная) норма расхода устанавливается в зависимости от категории подвижного состава.

Норма на транспортную работу устанавливается в зависимости от разновидности двигателя и полной массы подвижного состава.

Норма расхода топлива на езду с грузом зависит только от полной массы подвижного состава.

Для бортовых грузовых автомобилей или автопоездов нормируемый расход топлива в литрах определяется по формуле

$$Q_H = 0,01 (L(H_1 + H_2 \cdot m_2) + H_2 \cdot m_2 \cdot L_2 (1 + 0,01 \cdot K)), \quad (1)$$

где  $L$  — пробег автомобиля или автопоезда, км;  $H_1$  — базовая (линейная) норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100 км;  $H_2$  — норма расхода топлива на дополнительно транспортируемую массу прицепа или полуприцепа, л/100 т • км;  $m_2$  — собственная масса прицепа или полуприцепа, т;  $H_3$  — норма расхода топлива на транспортную работу, л/100 т • км;  $L_3$  — пробег с грузом, км;  $m_3$  — масса груза, т;  $K$  — поправочный коэффициент к норме в процентах.

Для автомобилей-самосвалов и самосвальных автопоездов нормируемый расход топлива определяется по формуле

$$Q_H = 0,01L(H_4 + H_5(m_2 + \beta \cdot G_{\text{пр}}))(1 + 0,01 \cdot K) + H_4 \cdot n \cdot N, \quad (2)$$

где  $H_4$  — базовая (линейная) норма расхода топлива автомобиля-самосвала с учетом транспортной работы, л/100 км;  $H_5$  — норма расхода топлива на транспортную работу и на дополнительную массу прицепа или полуприцепа, л/100 т • км;  $G_{\text{пр}}$  — грузоподъемность прицепа, т;  $\beta$  — коэффициент использования пробега;  $H_6$  — дополнительная норма расхода топлива на каждую езду с грузом автомобиля и автопоездов с самосвальными кузовами самосвала, учитывающая маневрирование, погрузку и выгрузку, л;  $n$  — количество ездов с грузом;  $N$  — количество единиц подвижного состава.

Нормативный расход топлива для специальных машин, выполняющих специальные работы в период стоянки, определяется по формуле

$$Q_H = 0,01LH_7 + H_8 \cdot T(1 + 0,01K), \quad (3)$$

где  $H_7$  — линейная норма расхода топлива на пробег специальной машины, л/100 км;  $H_8$  — норма расхода топлива на работу специального оборудования, л/ч или литры на выполняемую операцию;  $T$  — время работы оборудования, час или количество выполняемых операций.

Для специальных машин, выполняющих работу в процессе передвижения, нормативный расход топлива определяется по формуле

$$Q_H = 0,01(H_9L_1 + H_{10}L_2)(1 + 0,01K) + H_{11}n_1, \quad (4)$$

где  $H_9$  — линейная норма расхода топлива на пробег специальной машины, л/100 км;  $L_1$  — пробег машины до места работы и обратно, км;  $H_{10}$  — норма расхода топлива на пробег при выполнении специальной работы, л/100 км;  $L_2$  — пробег машины при выполнении специальной работы, км;  $H_{11}$  — дополнительная норма расхода топлива на выполнение одного цикла, л;  $n_1$  — количество циклов за смену.

Нормативный расход топлива для строительных и дорожных машин с установленными индивидуальными нормами расхода в литрах на час работы определяется по формуле

$$Q_B = H_{12}T(1 + 0,01K) \quad (5)$$

где  $H_{12}$  — индивидуальная норма расхода топлива на час работы, л;  
 $T$  — время работы машины, ч.

Нормативный расход топлива для многофункциональных строительных, дорожных и коммунальных машин, выполняющих несколько операций, определяется по формуле

$$Q_H = 0,01(\sum_{i=1}^n H_i L_i)(1 + 0,01K), \quad (6)$$

где  $H_i$  — линейная норма расхода топлива при выполнении  $i$ -й операции;  $L_i$  — пробег машины при выполнении  $i$ -й операции;  $n$  — количество операций, выполняемых многофункциональной машиной.

Для строительных, дорожных, грузоподъемных и специальных машин устанавливаются индивидуальные нормы в литрах на час работы.

Базовые индивидуальные нормы расхода указываются для летнего периода эксплуатации машин, а для транспортных средств расход топлива соответствует расходу в городах с населением до 300 тыс. человек.

Влияние эксплуатационных условий на расход топлива учитывается поправочными коэффициентами.

Нормы расхода топлива в соответствии с нормативным источником [40] рекомендуется повышать для СДМ при следующих условиях:

$Q$  эксплуатация автомобилей, автотракторной техники, машин, механизмов и оборудования при отрицательных температурах окружающей среды в зимнее время — до 10 % (зимнее время устанавливается приказом руководителя продолжительностью не более пяти месяцев с 1 ноября по 31 марта при установившейся отрицательной температуре в течение первых пяти дней);

перевозка крупногабаритных, взрывоопасных грузов и других грузов, требующих пониженных скоростей движения грузов (до 20 км/ч), — до 10 %;

перевозка крупногабаритных, легковесных грузов IV класса — до 20 %;  
эксплуатация новых или капитально отремонтированных машин или двигателей в обкаточный период — до 10 %;  
движение по свежесыпанному дорожному полотну при строительстве дорог — до 10 %;  
эксплуатация в карьерах, строительстве и обслуживании мелиоративных сооружений — до 20 %;

Q испытание транспортных средств с установленным трафаретом «испытания» — до 10%;

эксплуатация транспортных средств в тяжелых дорожных условиях в период сезонной распутицы и обильных снежных заносов сроком не более одного месяца в году в соответствии с приказом руководителя — до 35 %;

эксплуатация автомобилей, автотракторной техники, строительных и дорожных машин на строительных объектах при реконструкции зданий и сооружений в стесненных условиях — до 10 %;

нормы расхода топлива рекомендуется снижать при эксплуатации автомобилей за городом по дорогам с усовершенствованным покрытием в удовлетворительном состоянии — до 15 %.

При сочетании нескольких надбавок нормируемый расход топлива устанавливается с учетом суммы или разности этих надбавок. Расход бензина для запуска дизельных двигателей дорожных и строительных машин, оборудованных пусковым двигателем, устанавливается в пределах до 3 % в летнее время и до 5 % в зимнее время от общего расхода дизельного топлива.

При работе специализированных грузовых автомобилей и автобусов линейные нормы расхода топлива увеличиваются или уменьшаются на каждую тонну превышения или снижения массы такого автомобиля против базового: бензина на 2,0 л, дизтоплива на 1,3 л, сжатого природного газа (СПГ) на 2,5 л.

Линейные нормы расхода топлива для автомобилей с прицепами или полуприцепами увеличиваются на каждую тонну собственной массы прицепа (полуприцепа): бензина до 2,0 л, дизельного топлива до 1,3 л, СПГ до 2 м<sup>3</sup>. Это распространяется на собственную массу буксируемого автомобиля, трактора, механизма.

При транспортировке грузов автомобилями и автопоездами (кроме самосвальных) дополнительно нормируется расход топлива на каждые 100 т • км: бензина до 2,0 л, дизельного топлива до 1,3 л, СПГ до 2 м<sup>3</sup>.

Для автомобилей-самосвалов и самосвальных автопоездов грузоподъемностью до 20 т дополнительно нормируется топливо на каждую езду с грузом в количестве: 0,25 л бензина, 0,25 л дизтоплива, 0,3 м<sup>3</sup> СПГ, а для автосамосвалов грузоподъемностью выше 20 т на каждую езду расход топлива увеличивается на 1,0 л.

При работе автомобилей-самосвалов с самосвальными прицепами линейная норма расхода топлива увеличивается на каждую тонну собственной массы прицепа плюс 50 % массы перевозимого на прицепе груза (при коэффициенте использования пробега 0,5): бензина 2,0 л, дизтоплива 1,3 л, СПГ 2,0 м<sup>3</sup>.

При значении коэффициента использования пробега выше 0,5 для автомобилей-самосвалов допускается нормировать расход топлива по формуле (10.1) для бортовых автомобилей. Однако исходные линейные нормы корректируются исходя из разницы собственной массы этих автомобилей. Линейные нормы расхода топлива увеличиваются или уменьшаются на каждую тонну превышения или снижения массы такого автомобиля против базового: бензина на 2 л, дизтоплива на 1,3 л, СПГ на 2,5 л.

Для планирования годового расхода топлива по парку машин применяется групповое нормирование.

Групповое нормирование разрабатывается с учетом структуры парка машин, объема выполняемых работ, общей наработки, базовых (линейных) норм, эффективности использования машин и фактического расхода топлива за отчетный год.

Групповая норма является максимальным количеством топлива, которое допускается расходовать при выполнении единицы выполняемых работ, и выражается в граммах на тонно-километр, или на м<sup>3</sup>, или на м.

На основании групповых норм определяется фонд расхода топлива предприятием, который устанавливается вышестоящей организацией.

Групповая норма расхода топлива определяется в соответствии с видом выполняемых работ.

Для транспортных работ она определяется по формуле

$$H_{\Gamma} = \frac{10\rho H}{q\beta K_{\Gamma p}} (1 = 0,01K) \quad (7)$$

где  $\rho$  — плотность топлива;  $H$  — средневзвешенная линейная норма на 100 км пробега;  $q$  — средневзвешенная грузоподъемность автомобиля;  $\beta$  — коэффициент использования пробега;  $K_{\Gamma p}$  — коэффициент использования грузоподъемности.

Для СДПТМ, выполняющих землеройно-транспортные, подъемно-транспортные, землеройные, бетонные, асфальтобетонные, уплотнительные и другие виды работ, групповая норма расхода топлива определяется по формуле

$$H_{\Gamma} = K H_{CB}, \quad (8)$$

где  $K$  — интегральный коэффициент, учитывающий особенности эксплуатации парка;  $H_{CB}$  — средневзвешенная расчетная норма расхода топлива, которая определяется по формуле

$$H_{CB} = \frac{\sum_{i=1}^m H_i \cdot O_i}{\sum_{i=1}^m O_i}$$

где  $O_i$  — планируемый объем работ для выполнения машинами  $i$ -й марки;  $m$  — число группы машин  $i$ -й марки, работающих на различных объектах.

Потребность предприятий в топливе на планируемый период определяется по формуле

$$G = \sum_{i=1}^m H_{\Gamma i} \cdot N_i \cdot T_{\text{ч}i},$$

где  $H_{\Gamma i}$  — групповая норма расхода топлива для машин  $i$ -го типа;  $N_i$  — количество машин  $i$ -го типа;  $T_{\text{ч}i}$  — планируемая продолжительность работы машин  $i$ -го типа;  $n$  — количество типов машин.

Расход топлива, связанный с техническими осмотрами, хозяйственными разъездами, регулировочными работами, приработкой деталей после ремонта и другими работами, не связанными непосредственно с технологическими процессами, не должен превышать 0,5 % от общего его количества при условии отсутствия реальной экономии.

**Примеры** определения нормирования расхода топлива.

1. Определить нормируемый расход топлива для автомобиля МАЗ-5432 с полуприцепом МАЗ-5205, выполнившего транспортную работу 1500 ткм (перевезено 15т груза на 100 км) при общем пробеге 300 км по загородной дороге с усовершенствованным покрытием в удовлетворительном состоянии.

Исходные данные:

линейная норма расхода топлива для автомобиля МАЗ-5432 равна 26,8 л/100 км; норма топлива на выполненную транспортную работу 1,3 л/100 ткм; норма расхода топлива на 1 т массы полуприцепа равна 1,3 л/т; масса полуприцепа МАЗ-5205 равна 5,7 т. Нормируемый расход топлива определяем по формуле (10.1):

$$Q_B = 0,01 (300 (26,8 + 1,3 \cdot 5,7) + 1,3 \cdot 1500) (1 - 0,15) = 103,8 \text{ л.}$$

2. Определить нормируемый расход топлива для самосвального автопоезда МАЗ-5549 с прицепом АПС-24 в зимний период эксплуатации, совершившего пробег 200 км и выполнившего 15 ездов с грузом при коэффициенте использования пробега 0,5.

Исходные данные:

линейная норма расхода топлива для автосамосвала МАЗ 5549 равна 28,0 л/100 км; поправочный коэффициент, учитывающий зимний период эксплуатации,

$K_i = 10 \%$ ;

дополнительная норма расхода топлива транспортной работы с учетом дополнительно транспортируемой массы прицепа 1,3 л/100 т • км;

масса прицепа без груза 4 т;

грузоподъемность прицепа 8 т;

дополнительная норма расхода топлива на одну езду с грузом 0,25 л.

Определяем нормируемый расход топлива по формуле (10.2):

$$Q_H = 0,01 \cdot 200 \cdot (28,0 + 1,3 \cdot (4 + 0,5 \cdot 8)) (1 + 0,01 \cdot 10) + 0,25 \cdot 15 \cdot 2 = 92 \text{ л.}$$

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите альтернативные виды топлив. Каковы перспективы их использования?
2. Сформулируйте основные отличия в нормировании потребности в топливе для работы С ДМ и транспортных средств.
3. Как учитываются условия эксплуатации при планировании расхода топлива?

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

### Практическое занятие №6.

Тема: Организация технического обслуживания и ремонтов ПТ СДМиО

Цель работы: Получение знаний и навыков расчета в вопросах организации технического обслуживания и ремонтов ПТ СДМиО.

Задание: Рассчитать количество технических обслуживаний и ремонтов машин в течение года.

Расчет числа технических обслуживаний и ремонтов в планируемом году аналитическим методом.

Число технических обслуживаний и ремонтов рассчитывается по формулам [10]:

число капитальных ремонтов

$$N_K = \frac{H_K + H_{ПЛ}}{П_K}; \quad (1)$$

число текущих ремонтов и ТО-3

$$N_T = \frac{H_T + H_{ПЛ}}{П_T} - N_K; \quad (2)$$

технических обслуживаний ТО-2

$$N_2 = \frac{H_2 + H_{ПЛ}}{П_{ТО-2}} - (N_K + N_T); \quad (3)$$

технических обслуживаний ТО-1

$$N_1 = \frac{H_1 + H_{ПЛ}}{П_{ТО-1}} - (N_K + N_T + N_2), \quad (4)$$

где  $H_K, H_T, H_2, H_1$  - соответственно время работы машины после капитального и текущего ремонта, ТО-2 и ТО-1, ч,

$H_{ПЛ}$  - планируемое время работы машины за год, ч.

$П_K, П_T, П_{ТО-2}, П_{ТО-1}$  - соответственно периодичность капитального и текущего ремонта, ТО-2, ТО-1, ч.

Для получения значений  $H_K, H_T, H_2, H_1$  необходимо время работы с начала эксплуатации или после капитального ремонта до начала планируемого года разделить на периодичность определяемого вида ремонта или технического обслуживания. Целое число показывает число ранее проведенных ремонтов или технических обслуживаний, а числитель полученной правильной дроби ил дробной части смешанного числа (без сокращений) представляет собой искомую величину.

Месяц проведения капитального ремонта машины:

$$K_M = \frac{12(П_K - H_K)}{H_{ПЛ}} + 1,$$

где  $K_M$  – порядковый номер месяца, в котором должен проводиться капитальный ремонт.

Результаты произведенных расчетов по каждой машине в отдельности заносят в сводную ведомость (табл. П.2.1).

Далее определяется число ТО и ремонтов графическим методом. Сначала строится график структуры ремонтного цикла. На этом графике откладывают последовательно интервалы времени работ с начала эксплуатации (или после капитального ремонта) до начала планируемого года и времени работы машины в планируемом году. На основе полученного годового графика (см. Приложение 3) ТО и ремонтов на интервале планируемой годовой наработки определяют число ТО и ремонтов.

Результаты графического и аналитического методов расчета должны быть идентичными.

Определение дней месяца постановки машин на ТО и ремонт.

Порядковый рабочий день месяца постановки машины на ТО рассчитывают по формуле:

$$D_1 = \frac{P_{ТО-1} - H_{1\text{ омп}}}{t_{CM} y \eta_B} + 1, \quad (5)$$

где  $H_{1\text{ омп}}$  – число отработанных машиной часов после последнего ТО-1 до начала планируемого месяца, ч;

$t_{CM}$  – длительность рабочей смены, ч;

$y$  – число смен работы машины в сутки;

$\eta_B$  – коэффициент использования машины по времени.

Значения  $H_{1\text{ омп}}$  могут быть получены путем деления суммы времени  $H_1$ , отработанного машиной после последнего ТО-1 до начала года, и наработки машины с начала года до начала планируемого месяца  $T_H$  на периодичность ТО-1. Числитель полученной правильной дроби или дробной части смешанного числа (без сокращения) представляет собой искомую величину.

$$T = nt_{cm}y\eta_B,$$

где  $n$  – число рабочих дней с начала года до начала рассматриваемого месяца.

К полученному расчетом рабочему дню прибавляют число выходных дней – это и есть число месяца постановки машин на техническое обслуживание.

Аналогично определяют число месяца остановки машины для приведения других видов ТО и ремонтов.

При расчете по формуле (5) порядкового рабочего дня остановки машины для проведения второй раз в месяц ТО данного вида его периодичность увеличивают в 2 раза, третий раз – в 3 раза и т.д.

По результатам расчета составляется месячными план-график.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Технологический процесс ТО строительных машин и его элементы.
2. Формы и методы организации ТО.
3. Организация технологического процесса ремонта, его экономическая эффективность.

Основная литература:

[1-3] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[6-8] из раздела 7.

## **9.2. Методические указания по выполнению курсовой работы**

Выполнение обучающимися курсовой работы производится с целью:

- 1) систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- 2) углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- 3) формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;

- 4) формирования умений использовать справочную, нормативную документацию;
- 5) развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности.

При выполнении курсовой работы необходимо составить годовой план-график технического обслуживания и ремонта конкретной ПТСДМ, разработать карту смазки и предложить комплекс мероприятий по транспортированию конкретной ПТСДМ.. Для этого необходимо:

- рассчитать количество ТОиР машин;
- составить годовой план ТОиР машин;
- составить годовой график ТОиР машин;
- рассчитать рабочие дни месяца постановки машины на ТОиР;
- составить месячный план-график ТОиР машин;
- перечислить работы, выполняемые при ТО машины;
- составить карту смазки машины;
- составить технологическую карту на выполнение работ по ТО какого-либо агрегата или сборочной единицы машины;
- определить марки топлива и масла, а также возможность его применения в ДВС машины;

Задание на курсовую работу оформляется на отдельно пронумерованном листе в печатном виде и снабжается заголовком «Задание». Задание не нумеруется как раздел и размещается сразу же за титульным листом. Лист задания включают в общее количество страниц отчета.

В содержании следует указать все заголовки отчёта и страницы, с которых они начинаются. Заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте.

Введение отчёта предназначено для краткого, вводного ознакомления с сутью и обоснованием курсовой работы. Должно быть выполнено краткое обоснование актуальности темы, сформулированы цель и задачи работы, ее новизна.

В заключении следует дать оценку полноты и качества выполнения задач, определённых заданием. Заключение содержит краткое изложение выводов по теме работы. Оно не должно носить характер сжатого пересказа всей работы, в нем должны быть изложены итоговые результаты. Эта часть исполняет роль концовки, обусловленной логикой проведенного исследования, которая носит форму синтеза накопленной в основной части работы - последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении.

Заключительная часть предполагает наличие обобщенной итоговой оценки проделанной работы. В некоторых случаях возникает необходимость указать пути продолжения исследования темы, формы и методы ее дальнейшего изучения, а также конкретные задачи, которые будущим исследователям придется решать в первую очередь.

Список использованных источников должен включать перечень источников: книг, периодических изданий, электронных ресурсов и Интернет-ресурсов, перечень справочной литературы, использованных при подготовке материалов основного раздела отчёта. Количество использованных источников и литературы в курсовой работе, как правило, должно быть не менее 15-20.

При защите курсовой работы обучающийся должен не только правильно излагать свои мысли, но и аргументировано отстаивать, защищать выдвигаемые выводы и решения.

Оформление курсовой работы: объём отчёта должен составлять 20-30 страниц печатного текста. Следует придерживаться следующих параметров оформления отчёта: формат листа отчёта – А4, размеры полей: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Абзацный отступ – 1,5 см, выравнивание абзаца – по ширине, межстрочный интервал – полуторный. Текст печатается только на одной стороне листа. Страницы должны быть пронумерованы внизу страницы справа. Нумерация страниц – сквозная для всего отчёта, на первом (титульном) листе номер не ставится.



Курсовая работа должна быть правильно оформлена, написана грамотно и аккуратно. Начинать работу нужно с тщательного изучения дисциплины в объеме программы. Далее необходимо подобрать соответствующий литературный и практический материал. В процессе написания можно привлечь дополнительную литературу. Не возбраняется использование переработанных данных электронных ресурсов. Работа должна быть логичной, научной по своему содержанию; в ней в систематизированной форме должны быть изложены материалы проведенного исследования и его результаты.

#### **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

- Microsoft Imagine Premium (ОС Windows 7 Professional);
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Расширенный Russian Edition. 1000-1499 Node 1 year Educational Renewal License;
- КОМПАС-3D V13;
- APM WinMachine.

#### **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
ЛР	Лаборатория автоматизации систем проектирования	Учебная мебель, системный блок (AMD 690G,mANX,HDD Seagate 250Gb,DIMM DDR//2*512Mb,DVDRV,FDD; Системный блок Cel D-315; Системный блок CPU 4000.2*512MB; Монитор Терминал TFT 19 LG L1953S-SF; Системный блок AMD Athlon 64X2; Системный блок Celeron 2,66; Сканер HP 3770; Монитор 15 LG; Системный блок iCel 433; Принтер HP LJ P2015	№ 1- № 6
ПЗ	Лаборатория автоматизации систем проектирования	Учебная мебель, системный блок (AMD 690G,mANX,HDD Seagate 250Gb,DIMM DDR//2*512Mb,DVDRV,FDD; Системный блок Cel D-315; Системный блок CPU 4000.2*512MB; Монитор Терминал TFT 19 LG L1953S-SF; Системный блок AMD Athlon 64X2; Системный блок Celeron 2,66; Сканер HP 3770; Монитор 15 LG;	№ 1- № 6

		Системный блок iCel 433; Принтер HP LJ P2015	
Лк	Лекционная аудитория (мультимедийный класс)	Учебная мебель, проектор мультимедийный «CASIO» XJ-UT310WN с настенным креплением CASIO YM-88 Интерактивная доска Promethean 88 ActivBoard Touch Dry Erase 6 касаний с настенным креплением и программным обеспечением Promethean ActivInspire Монитор 17"LG L1753-SF (silver-blek) Системный блок (AMD 690G,mANX,HDD Seagate 250Gb,DIMM DDR//2*512Mb,DVDRV,FDD	-
КР	Лаборатория автоматизации систем проектирования	Учебная мебель, системный блок (AMD 690G,mANX,HDD Seagate 250Gb,DIMM DDR//2*512Mb,DVDRV,FDD); Системный блок Cel D-315; Системный блок CPU 4000.2*512MB; Монитор Терминал TFT 19 LG L1953S-SF; Системный блок AMD Athlon 64X2; Системный блок Celeron 2,66; Сканер HP 3770; Монитор 15 LG; Системный блок iCel 433; Принтер HP LJ P2015	-
СР	ЧЗ-1	Учебная мебель, оборудование 10-ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	ФОС
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<b>1.</b> Характеристика действующих нагрузок и их влияние на работу машин, методы измерения нагрузок, применяемая аппаратура и приборы.	Экзаменационные вопросы 1 – 8
		<b>2.</b> Виды отказов по критерию прочности, экспериментальные методы исследования напряжённого состояния и прочности машин	Экзаменационные вопросы 9 – 22
		<b>3.</b> Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических средств.	Экзаменационные вопросы 23 - 27
		<b>4.</b> Назначение смазывания машин, виды смазочных материалов, их характеристики.	Экзаменационные вопросы 28 – 35
		<b>5.</b> Монтажно-эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа, организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация.	Экзаменационные вопросы 36 – 45
		<b>6.</b> Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт машин на монтажные нагрузки. Виды, содержание и способы выполнения такелажных работ.	Экзаменационные вопросы 46 – 62
ПК-4	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов	<b>7.</b> Приёмы сборки наземных транспортно-технологических средств при монтаже. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию. Понятие об организационном обеспечении эффективного использования и оптимизации комплекса машин.	Экзаменационные вопросы 63 - 70
		<b>8.</b> Организация и содержание технического надзора при эксплуатации машин, правила безопасной работы, требования к обслуживающему персоналу. Планово-предупредительный ремонт. Техническое обслуживание типовых элементов и механизмов машин.	Экзаменационные вопросы 71 - 74

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование темы
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды нагрузок.</li> <li>2. Влияние нагрузок на работу машин.</li> <li>3. Экстенсивный и интенсивный методы эксплуатации наземных транспортно-технологических средств,</li> <li>4. Критерий оценки рационального и оптимального использования наземных транспортно-технологических средств.</li> <li>5. Комплекс эксплуатационных свойств наземных транспортно-технологических средств.</li> <li>6. Производственно-технические, эксплуатационные и ценностные показатели.</li> <li>7. Методы измерения нагрузок.</li> <li>8. Аппаратура применяемая для измерения действующих нагрузок.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристика действующих нагрузок и их влияние на работу машин, методы измерения нагрузок, применяемая аппаратура и приборы.</li> </ol>
2.	ПК-4	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Способы определения, нормирования и оптимизации показателей надёжности.</li> <li>10. Значение надёжности наземных транспортно-технологических средств.</li> <li>11. Модель технического состояния объекта.</li> <li>12. Классификация отказов.</li> <li>13. Критерии отказов и предельных состояний.</li> <li>14. Объекты восстанавливаемые и невосстанавливаемые.</li> <li>15. Резервирование.</li> <li>16. Показатели безотказности.</li> <li>17. Показатели долговечности, ремонтпригодности.</li> <li>18. Комплексные показатели надёжности.</li> <li>19. Оперативные характеристики.</li> <li>20. Выбор показателей надёжности.</li> <li>21. Определение оптимального срока службы.</li> <li>22. Экономические показатели надёжности</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Виды отказов по критерию прочности, экспериментальные методы исследования напряжённого состояния и прочности машин</li> </ol>

			<p>23. Понятие трения  24. Понятие изнашивания.  25. Показатели трения.  26. Показатели изнашивания.  27. Влияние трения и изнашивания на показатели надежности транспортно-технологических комплексов.</p> <p>28. Выбор эксплуатационных материалов.  29. Топливо-смазочные материалы.  30. Назначение топливо-смазочных материалов.  31. Сорта топливо-смазочных материалов.  32. Маркировка топливо-смазочных материалов.  33. Характеристики топливо-смазочных материалов.  34. Назначение смазывания машин.  35. Виды смазочных материалов, их характеристики.</p> <p>36. Организационно-техническая подготовка к монтажу.  37. техническая документация.  38. Проектно сметная документация.  39. Организация и подготовка монтажной площади.  40. Подготовка наземных транспортно-технологических средств к монтажу.  41. Подготовка и приёмка строительных объектов под монтаж.  42. Содержание монтажных работ.  43. Современное состояние средств и методов монтажа.  44. Влияние монтажа на сроки строительства и последующую работу наземных транспортно-технологических средств.  45. Развитие средств и методов монтажа и монтажной техники и технологии.</p> <p>46. Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования.  47. Расчёт кранов на монтажные нагрузки.  48. Стальные канаты.  49. Стропы.  50. Захваты.  51. Траверсы.</p>	<p><b>3.</b> Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических средств.</p> <p><b>4.</b> Назначение смазывания машин, виды смазочных материалов, их характеристики.</p> <p><b>5.</b> Монтажно-эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа, организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация.</p> <p><b>6.</b> Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт машин на монтажные нагрузки. Виды, содержание и способы выполнения такелажных работ.</p>
--	--	--	--	--

			<p>52. Грузоподъёмные и такелажные приспособления.</p> <p>53. Монтажные краны.</p> <p>54. Специальные транспортно-монтажные средства.</p> <p>55. Проверка и испытание такелажного оборудования.</p> <p>56. Виды содержание и способы выполнения такелажных работ.</p> <p>57. Подъём массивных горизонтальных и вертикальных конструкций.</p> <p>58. Подъём кранами.</p> <p>59. Подъём мачтами.</p> <p>60. Подъём с использованием строительных конструкций, зданий.</p> <p>61. Увязка и крепление.</p> <p>62. Строповка и расстроповка.</p> <p>63. Правило эксплуатации наземных транспортно-технологических средств.</p> <p>64. Приёмка.</p> <p>65. Обкатка.</p> <p>66. Хранение.</p> <p>67. Способы транспортирования наземных транспортно-технологических средств.</p> <p>68. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию.</p> <p>69. Организационное обеспечение эффективного использования.</p> <p>70. Оптимизация комплекса машин.</p> <p>71. Неблагоприятные условия эксплуатации.</p> <p>72. Сохранение работоспособности путём снижения интенсивности изнашивания деталей и регулировки узлов.</p> <p>73. Восстановление работоспособности при проведении технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств.</p> <p>74. Графики восстановления работоспособности наземных транспортно-технологических средств в эксплуатационных условиях и на ремонтных предприятиях.</p>	<p><b>7.</b> Приёмы сборки наземных транспортно-технологических средств при монтаже. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию. Понятие об организационном обеспечении эффективного использования и оптимизации комплекса машин.</p> <p><b>8.</b> Организация и содержание технического надзора при эксплуатации машин, правила безопасной работы, требования к обслуживающему персоналу. Планово-предупредительный ремонт. Техническое обслуживание типовых элементов и механизмов машин.</p>
--	--	--	--	--

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> (ОПК-2) -методики исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-4) -основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;</p> <p><b>Уметь:</b> (ОПК-2) -проводить исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-4) -разрабатывать основы конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;</p> <p><b>Владеть:</b> (ОПК-2) -методиками исследования конструкций наземных транспортно-технологических систем; (ПК-4) -навыками разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.</p>	<b>Отлично</b>	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он демонстрирует полное освоение теоретического содержания дисциплины; представляет практические навыки работы на учебных стендах учетом основных требований безопасности; все учебные задания выполнены правильно, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
	<b>Хорошо</b>	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если в усвоении учебного материала им допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа; допущены один – два недочета в формировании навыков решений практических задач.
	<b>Удовлетворительно</b>	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если в его ответе содержание теоретического материала раскрыто неполно, но показано общее понимание вопроса.
	<b>Неудовлетворительно</b>	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний основных понятий эксплуатации СДМ, навыков решения практических задач на учебных стендах.

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Изучение дисциплины «Эксплуатация ПТ СДМиО» охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам:

1. Характеристика действующих нагрузок и их влияние на работу машин, методы измерения нагрузок, применяемая аппаратура и приборы.
2. Виды отказов по критерию прочности, экспериментальные методы исследования напряжённого состояния и прочности машин
3. Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических средств.
4. Назначение смазывания машин, виды смазочных материалов, их характеристики.
5. Монтажно-эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа, организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация.
6. Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт машин на монтажные нагрузки. Виды, содержание и способы выполнения такелажных работ.
7. Приёмы сборки наземных транспортно-технологических средств при монтаже. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию.
8. Организация и содержание технического надзора при эксплуатации машин, правила безопасной работы, требования к обслуживающему персоналу.  
Планово-предупредительный ремонт. Техническое обслуживание типовых элементов и механизмов машин.

Закрепление всех вопросов, рекомендуемых для практических занятий, а также при подготовке к экзамену, требует основательной самостоятельной подготовки. Учитывая значимость самостоятельной работы, литература, вопросы для самопроверки - в разделах «Практическая работа» и «Фонд оценочных средств».

Работа с литературой является обязательной. При этом приветствуется привлечение дополнительных источников из Интернета. В случае возникновения определенных вопросов, обучающийся может обратиться к преподавателю за консультацией как на практических занятиях, так и во время индивидуальных консультаций.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде лекций, практических занятий в сочетании с внеаудиторной работой.



## АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины Эксплуатация ПТ СДМиО

### 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: осуществление информационного поиска по эксплуатации ПТ СДМиО; участие в составе коллектива исполнителей в разработке технических условий на проектирование и техническое описание ПТ СДМиО; участие в составе коллектива исполнителей в проектировании и эксплуатации ПТ СДМиО.

Задачей изучения дисциплины является: дать общие сведения об основных тенденциях и направлениях в развитии оборудования, используемых на предприятиях строительного комплекса; получение общих сведений об основных научно-технических проблемах и перспективах развития науки и техники в области строительной индустрии.

### 2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: ЛР – 14 час., ПЗ – 14 час., Лк-12 час., СР – 131 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

#### 2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Характеристика действующих нагрузок и их влияние на работу машин, методы измерения нагрузок, применяемая аппаратура и приборы.
2. Виды отказов по критерию прочности, экспериментальные методы исследования напряжённого состояния и прочности машин
3. Влияние трения и изнашивания на надёжность наземных транспортно-технологических средств.
4. Назначение смазывания машин, виды смазочных материалов, их характеристики.
5. Монтажно-эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, содержание монтажных работ, современное состояние средств и методов монтажа, организационно-техническая подготовка к монтажу, техническая документация.
6. Виды такелажной оснастки и монтажного оборудования, расчёт машин на монтажные нагрузки. Виды, содержание и способы выполнения такелажных работ.
7. Приёмы сборки наземных транспортно-технологических средств при монтаже. Виды испытаний машин при вводе в эксплуатацию.
8. Организация и содержание технического надзора при эксплуатации машин, правила безопасной работы, требования к обслуживающему персоналу. Планово-предупредительный ремонт. Техническое обслуживание типовых элементов и механизмов машин.

### 3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

ПК-4 - способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.

### 4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, КР.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_\_-20\_\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры СДМ №\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.,

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы от «06» марта 2015г. №162.

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413.

**Программу составил:**

Кобзов Дмитрий Юрьевич, д.т.н., профессор

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СДМ от «\_\_» декабря 2018г., протокол № \_\_

И.о. заведующего кафедрой СДМ \_\_\_\_\_ К.Н. Фигура

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой СДМ \_\_\_\_\_ К.Н. Фигура

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ от «\_\_» декабря 2018 г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель методической комиссии МФ \_\_\_\_\_ Г.Н. Плеханов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_