

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Титенок А.В., Растягаев В.И., Белова Т.И., Сухов С.С.

**ПРАКТИКУМ ПО СПЕЦТЕХНИКЕ, РАБОТАЮЩЕЙ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ УСЛОВИЯХ**

Методические указания для бакалавров
направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
профиль Пожарная безопасность

Форма обучения
Очная, заочная

Брянская область, 2018

УДК 61.(075.8)
ББК51.1 (2) 2
Т 45

Титенок, А.В. Практикум по спецтехнике, работающей в чрезвычайных условиях: методические указания для бакалавров/ А.В. Титенок, В.И. Растягаев, Т.И. Белова, С.С. Сухов. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. – 77 с.

Предназначены для бакалавров направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность профиль Пожарная безопасность очной и заочной форм обучения. Дана методика, варианты индивидуальных заданий и справочные материалы для практических занятий.

Рецензент: Михальченков А.М., д.т.н., профессор кафедры технического сервиса ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно - технологического института, протокол № 9 от 19 апреля 2018 г.

© Коллектив авторов, 2018

© Брянский ГАУ, 2018

Оглавление

Оформление расчётно-пояснительной записки.....	5
Тема 1. Дорожно-строительные и землеройные машины	6
Задача 1. Определение параметров рабочего процесса бульдозера	6
Задача 2. Определение параметров рабочего процесса скрепера.....	14
Задача 3. Определение параметров рабочего процесса автогрейдера	21
Тема 2. Обоснование рабочих параметров спасательной техники.....	27
Задача 4. Расчет параметров корчевальной машины	27
Задача 5. Определение сил, действующих на машинно-тракторный агрегат при создании противопожарных полос	30
Тема 3. Обоснование рабочих параметров гидравлического аварийно-спасательного инструмента	33
Задача 7. Гидравлический домкрат	36
Тема 4. Организация движения базовых машин при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.....	39
Задача 8. Тактические и технические требования к путям движения.....	39
Тема 5. Топливная экономичность базовых машин.....	48
Задача 9. Расчет расхода топлива базовыми машинами	48
Задача 10. Расчёт расхода топлива - смазочных материалов	50
Тема 6. Организация обслуживания и ремонта базовых машин	53
Задача 11. Корректирование периодичности проведения регламентного ТО базовых машин.....	53
Приложение 1.....	61
Краткая техническая характеристика автомобилей.....	61
ОБУЧАЮЩИЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ [11]	62
Рекомендуемая литература.....	76

Введение

В системе МЧС техническая вооруженность поисково-спасательных отрядов занимает особое место. Она составляет материальную основу механизации работ по проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Эффективное применение спасательной техники требует глубокого знания конструкции оборудования, механизмов и машин, их технических возможностей и рациональных режимов работы. Их параметры определяют тактико-технические характеристики машин. Поэтому первой задачей курса «Спасательная, пожарная и аварийно-спасательная техника» является всестороннее изучение конструкций машин и их тактико-технических характеристик.

Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера возникают в случайные, непредсказуемые промежутки времени. Ущерб от них будет тем меньше, чем скорее начнется проведение аварийно-спасательных работ. Поэтому аварийно-спасательная техника должна содержаться в состоянии высокой технической готовности к использованию. Следовательно, изучая курс «Спасательная, пожарная и аварийно-спасательная техника», необходимо решить вторую задачу, которая включает приемы и методы поддержания состояния непрерывной технической готовности спасательной техники.

При эксплуатации пожарных машин изнашиваются рабочие поверхности деталей механизмов. Вследствие этого ухудшаются параметры тактико-технических характеристик пожарных машин. Это, в свою очередь, приводит к снижению эффективности тушения пожаров. Изнашивание деталей механизмов и несоблюдение рекомендованных режимов эксплуатации могут приводить к отказам в их работе. Поэтому при изучении курса должна решаться третья задача – освоение основ организации проведения технического обслуживания и ремонта пожарной техники, обеспечивающих ее надежную работу на пожарах и требуемую долговечность.

При следовании на пожар, его тушении, а также обслуживании и ремонте пожарных машин вследствие неправильных приемов управления ими, несоблюдения режимов их эксплуатации могут проявляться факторы, влияющие на безопасность труда и здоровье членов боевого расчета. Поэтому при изучении курса должна решаться четвертая задача – организация обеспечения охраны труда пожарных.

Пожарная техника непрерывно совершенствуется, применяются новые механизмы и оборудование, создаются новые машины. Поэтому становится важной еще одна задача: при изучении курса необходимо научиться не только осваивать пожарную технику, но и выработать умение обучать подчиненных.

И наконец, последняя задача курса состоит в обосновании приемов и методов, обуславливающих экономное расходование всех материальных ресурсов.

Оформление расчётно-пояснительной записки

Пояснительная записка должна быть представлена в напечатанном виде на одной стороне писчей бумаги формата А4 (297x210), обведенной рамкой с полем слева 25 мм, а с других сторон по 5 мм и сброшюрована в следующем порядке: титульный лист, задание, содержание, основной текст, список использованных источников, приложения.

Содержание является первым листом пояснительной записки. В верхней его части располагается надпись "СОДЕРЖАНИЕ", а в нижней - основная надпись по форме 2 для первого листа текстовых документов (приложение А).

На последующих листах располагается основная надпись по форме 2а для последующих листов текстовых документов (приложение А).

Границы текста должны отстоять от рамки сверху и снизу на расстояние 10 мм, а слева и справа - не менее 5 мм.

Формулы приводятся без вывода со ссылками на литературные источники, с расшифровкой и указанием размерностей всех входящих в них величин.

Например: Геометрическая емкость (м) отвала - рассчитывается по формуле

$$q = \frac{L \cdot H^2}{2 \cdot k},$$

где L - длина отвала, м;

H - высота отвала, м;

k - коэффициент, зависящий от отношения H/L и вида грунта.

После записи формулы проводится подстановка всех входящих в неё значений в соответствующей размерности и дается результат вычисления без промежуточных преобразований. Каждая вновь вводимая формула нумеруется на правой половине страницы в круглых скобках сквозной нумерацией в пределах каждого раздела. Например, запись (3.2) обозначает номер двадцать седьмой формулы третьего раздела.

Нумерация страниц пояснительной записки должна быть сквозной, начиная с титульного листа, но цифры проставляются, только начиная с содержания в правом нижнем углу основной надписи.

Каждый раздел необходимо начинать с нового листа. Заголовок на отдельный лист не выносится и не подчеркивается. Точка в конце заголовка не ставится. Слова заголовка не разделяются знаком переноса.

Иллюстрации могут быть расположены по тексту (после их упоминания), так и в конце его. Они должны быть выполнены согласно ЕСКД. Нумеровать их следует сквозной нумерацией, допускаются нумерации в пределах раздела.

Например, рисунок 1.3. При ссылках на иллюстрации следует писать «...в соответствии с рисунком 1.3». Иллюстрации могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных.

Например, Рисунок 1 – Форма отвала бульдозера.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией; допускается нумеровать в пределах раздела (например, 3.1).

Заголовки граф и таблиц следует писать в единственном числе, именительном падеже, с прописной буквы, а подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Примечания в таблицах в отдельную графу не включают. Данные этой графы приводят в подтабличных примечаниях, при этом их снабжают общим заголовком «Примечание».

Пример. Примечание – Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

Таблицы и рисунки следует размещать после первого упоминания так, чтобы их можно было рассматривать без поворота записки.

Записка заканчивается списком использованных источников. Библиографическое описание которых, приводится по ГОСТ 7.1 - 84. Например, Бобков В.Ф. Автомобильные дороги. - М.: Транспорт, 2013.-260 с.

Ссылка на перечисленные литературные источники в тексте пояснительной записки обязательна. Сноска на источник дается в квадратных скобках: [1]. Список литературы составляется по порядку сноски.

Тема 1. Дорожно-строительные и землеройные машины

Правильный выбор средств механизации во многом предопределяет эксплуатационные свойства, технико-экономические показатели и, в конечном итоге, качество машины применяемой при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

К основным параметрам дорожно-строительных и землеройных машин относятся:

- габаритные размеры и масса оборудования и машины;
- мощность двигателя, рабочие и транспортные скорости машины;
- тип и размеры рабочих органов.

Задача 1. Определение параметров рабочего процесса бульдозера

Целью данной работы является приобретение студентами навыков в расчете и обосновании выбора основных параметров рабочего органа, определении оптимального режима работы и производительности бульдозера.

Содержание задания

Практическая работа рассчитана на четыре часа аудиторных занятий и включает в себя решение следующих задач.

1. Рассчитать и обосновать выбор основных параметров машины и ее рабочего органа.

2. Определить параметры поперечного профиля отвала и изобразить их на схеме.
3. Рассчитать суммарное сопротивление, возникающее при копании грунта.
4. Определить эксплуатационную производительность машины.

Методические указания

Для решения первой задачи необходимо рассчитать следующие параметры:

- массу рабочего оборудования;
- массу машины;
- номинальное тяговое усилие;
- определить длину L и высоту H отвала.

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчета

Параметры	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Базовый трактор (тяговый класс), kH	Т-130Г (100)	Т-180Г (150)	ДТ-75Б (40)	Т-220 (250)	Т-330 (250)	Т-500 (350)	Т-4АН1 (40)	Т-100М (60)	Т-180 (150)	ДЭТ-250 (250)
Категория грунта	I	I	II	II	III	III	I	II	II	II
Параметры	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дальность перемещения грунта, $l_n, м$	30	40	50	60	70	80	90	100	90	80
$k_{укл}$	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,9

Таблица 1.2 – Технические характеристики тракторов, применяемых для бульдозеров

Марка трактора	Показатели							
	масса, кг	габаритные размеры, мм			мощность двигателя, кВт	расчеты скорости движения, м/с		
		длина	ширина	высота		при резании грунта	при перемещении грунта	при обратном ходе
Т-100М	11800	4250	2460	3040	79,5	0,8	1,59-2,17	2,17-2,46
Т-130Г	14500	5420	2470	2800	103	0,89	1,59-2,17	2,17-2,46

Продолжение таблицы 1.2

Т-180Г	15700	5420	2740	2820	132	0,95	1,81-2,47	2,47-2,80
ТД-75Б	7300	4575	1740	2304	55	1	1,65-2,55	2,25-2,55
ДЭТ-250	26700	6236	3220	3180	200	0,64	1,87-2,55	2,55-2,89
Т-220	20700	5500	2850	2900	161,5	0,95	1,81-2,47	2,47-2,80
Т-330	29200	6000	2900	3150	242	0,92	1,92-2,62	2,62-2,97
Т-500	40000	6500	2950	3240	368	1	1,92-2,62	2,62-2,97

Массу рабочего оборудования ($кг$) выбирают в пределах

$$M_{PO} = M_{BT} \cdot (0,18...0,23), \quad (1.1)$$

где M_{BT} - масса базового трактора, $кг$.

Масса бульдозера ($кг$)

$$M_B = M_{PO} + M_{BT} \quad (1.2)$$

Длина отвала L должна превышать ширину машины не менее чем на 100 мм с каждой стороны. Высоту отвала H следует выбирать в зависимости от номинальной силы тяги T_H , приведенной в таблице 1.1 и вида грунта. При этом для средних грунтовых условий можно пользоваться данными, приведенными в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Зависимость высоты отвала H от номинальной силы тяги T_H

Класс базового трактора по номинальному тяговому усилию T_H , кН	H , мм
40	700-750
60	800-900
100	900-1100
150	1100-1200
250	1200-1300
350	1300-1400

Высота козырька H_K может быть принята равной $(0,1 \dots 0,2) H$.

Основными параметрами поперечного профиля отвала бульдозера (рисунок 1.1) являются:

- угол резания $\gamma = 55^\circ$;
- угол опрокидывания $\psi = 75^\circ$;
- угол наклона $\varepsilon = 75^\circ$;
- угол установки козырька $\beta_K = 90 \dots 100^\circ$;
- радиус кривизны отвальной поверхности $R = H$;
- длина прямой части отвальной поверхности a . Обычно величина выбирается равной высоте ножа.

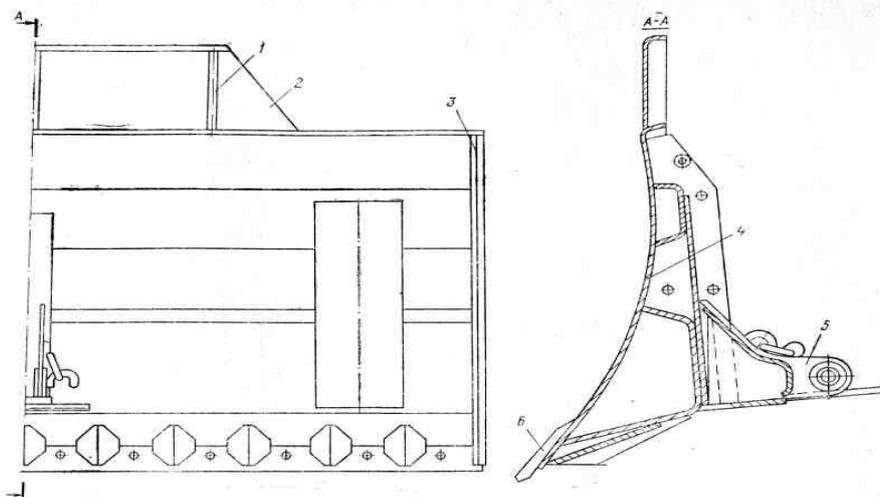


Рисунок 1.1 - Схема отвала бульдозера

1-ребро; 2 — козырек; 3 — правая боковина отвала; 4 — лобовой лист; 5-кронштейн; 6 — нож

Угол резания γ , угол заострения δ и задний угол ρ связаны между собой зависимостью

$$\gamma = \rho + \delta. \quad (1.3)$$

Рекомендуется принимать задний угол $\rho = 30 \dots 35^\circ$.

Общее сопротивление в конце процесса зарезания грунта неповоротного бульдозера находится по формуле

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (1.4)$$

где W_1 - сопротивление резанию;
 W_2 - сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу;
 W_3 - сопротивление перемещению призмы волочения грунта перед отвалом;
 W_4 - сопротивление перемещению бульдозера как тележки.

Сопротивление грунта резанию (II) определяется по формуле

$$W_1 = k_0 \cdot L \cdot h, \quad (1.5)$$

где k_0 - удельное сопротивление грунта лобовому резанию, Па;
 L - длина отвала, м;
 h - толщина стружки, $h = 0,08 \dots 0,12$ м.

Удельное сопротивление грунта лобовому резанию (Па):

- для грунта I категории - $(0,7 - 1,0) \cdot 10^5$;
- для грунта II категории - $(1,0 - 1,8) \cdot 10^5$;
- для грунта III категории - $(1,8 - 2,0) \cdot 10^5$.

Сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу (H)

$$W_2 = G_{ПР} \cdot f_1 \cdot \cos^2 \gamma, \quad (1.6)$$

где $G_{ПР}$ - сила тяжести грунта в призме волочения, Н;
 f_1 - коэффициент трения грунта о сталь, $f_1 = 0,5 \dots 0,6$;
 γ - угол резания.

Сила тяжести призмы волочения определяется по формуле

$$G_{ПР} = V_{ПР} \cdot \gamma_{ОБ} \cdot g, \quad (1.7)$$

где $V_{ПР}$ - объем призмы волочения, м³;
 $\gamma_{ОБ}$ - объемная масса грунта, $\gamma_{ОБ} = 1400 \dots 1500$ кг/м³;
 g - ускорение силы тяжести, м/с².

Объем призмы волочения находится по формуле

$$V_{\text{ПР}} = \frac{L \cdot H^2}{2} \cdot K_{\text{ПР}}, \quad (1.8)$$

где $K_{\text{ПР}}$ - поправочный коэффициент.

В зависимости от вида грунта и отношения H/L коэффициент $K_{\text{ПР}}$ может иметь значения, приведенные в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Зависимость коэффициента $K_{\text{ПР}}$ от вида грунта и отношения H/L

H/L	$K_{\text{ПР}}$ для категорий грунтов	
	1- II	III
0,15	0,9	1,3
0,30	0,8	1,3
0,45	0,7	1,2

Сопротивление от призмы волочения грунта перед отвалом (H)

$$W_3 = G_{\text{ПР}} \cdot f_2, \quad (1.9)$$

где f_2 - коэффициент трения грунта о грунт, $f_2 = 0,8 \dots 1,0$.

Сопротивление перемещению бульдозера как тележки (H) может быть рассчитано по формуле

$$W_4 = G_B (f + i), \quad (1.10)$$

где G_B - сила тяжести бульдозера, H;

f - коэффициент сопротивления передвижению, $f = 0,1 \dots 0,15$;

i - уклон местности, $i = 0,05 \dots 0,1$.

Для нормальной работы бульдозера необходимо соблюдение условия

$$T \geq W, \quad (1.11)$$

где T - касательная сила тяги (II), которая может быть получена мощностью двигателя

$$T = \frac{N_H \cdot \eta}{V_p}, \quad (1.12)$$

где N_H - номинальная мощность двигателя, Вт;
 η - к.п.д. силовой передачи, $\eta = 0,80 \dots 0,85$;
 V_p - рабочая скорость бульдозера при резании грунта, м/с.
 Принимается по данным таблицы 1.2.

Касательная сила тяги по двигателю должна быть проверена на возможность ее обеспечения по сцеплению с грунтом.

Касательная сила тяги по двигателю может быть реализована, если имеет место условие

$$T \leq T_H = G_{\text{сц}} \cdot \varphi, \quad (1.13)$$

где T_H - номинальная сила тяги бульдозера, Н;
 $G_{\text{сц}}$ - сцепная сила тяжести бульдозера, Н;
 φ - коэффициент сцепления ведущих органов трактора с грунтом,
 $\varphi = 0,9$ для гусеничных машин и $\varphi = 0,6$ для колесных.

Сцепная сила тяжести бульдозера

$$G_{\text{сц}} = \lambda_{\text{сц}} \cdot G_B = \lambda_{\text{сц}} \cdot M_B \cdot g, \quad (1.14)$$

где $\lambda_{\text{сц}}$ - коэффициент использования массы базового трактора оборудованием по сцеплению.

Для колесных тракторов с задними ведущими колесами можно принимать коэффициент $\lambda_{\text{сц}} = 0,75 \dots 0,80$. Для тракторов с четырьмя ведущими колесами и гусеничных тракторов можно принимать $\lambda_{\text{сц}} = 1$.

Эксплуатационная производительность (м³/ч) бульдозера при резании и перемещении грунта определяется по формуле

$$P_{\text{э}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{пр}} \cdot k_B \cdot k_{\text{укл}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (1.15)$$

где $V_{\text{пр}}$ - объем призмы волочения, м³;
 k_B - коэффициент использования бульдозера по времени,
 $k_B = 0,8 \dots 0,9$;
 $k_{\text{укл}}$ - коэффициент, учитывающий влияние на производительность уклона местности, принимаемый по таблице 1.1.

$t_{ц}$ - длительность цикла, с.

Длительность цикла определяется по формуле

$$t_{ц} = \frac{l_p}{V_p} + \frac{l_n}{V_n} + \frac{l_0}{V_0} + t_c + t_0 + 2t_{пов}, \quad (1.16)$$

где l_p, l_n, l_0 - длина пути резания, перемещения грунта и обратного хода, м. ($l_n = l_0$);

V_p, V_n, V_0 - соответствующие им скорости, м/с, выбираемые по таблице 1.2;

t_c - время, затрачиваемое на переключение передачи,

$t_c = 3 \dots 5$ с;

t_0 - время опускания отвала, $t_0 = 2 \dots 3$ с;

$t_{пов}$ - время на разворот трактора, $t_{пов} = 10$ с.

Длину пути резания определяют по формуле, м

$$l_p = \frac{k_0 \cdot V_{ПП}}{T - G_B \cdot (f + i)} \quad (1.17)$$

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные параметры землеройных машин.
2. От какого параметра зависит высота отвала бульдозера?
3. Перечислите основные параметры профиля отвала бульдозера.
4. Перечислите составляющие силы общего сопротивления в конце процесса зарезания грунта неповоротного бульдозера.
5. Приведите формулу сопротивления грунта резанию.
6. Приведите значение удельного сопротивления грунта лобовому резанию.
7. От каких параметров зависит сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу, сила тяжести призмы волочения?
8. Какое условия необходимо для нормальной работы бульдозера?
9. Приведите формулу определения эксплуатационной производительности ($\text{м}^3/\text{ч}$) бульдозера при резании и перемещении грунта.

Задача 2. Определение параметров рабочего процесса скрепера

Целью данной работы является приобретение студентами навыков в расчете и обосновании выбора основных параметров, определении оптимального режима работы и производительности скрепера при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Содержание задания

Практическая работа рассчитана на четыре часа аудиторных занятий и включает в себя решение следующих задач:

1. Рассчитать и обосновать выбор основных параметров рабочего органа машины.
2. Рассчитать суммарное сопротивление, возникающее при рабочем режиме.
3. Определить эксплуатационную производительность машины.

Методические указания

Исходные данные для выполнения задания приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчета

Параметры	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Базовый трактор (тяговый класс), kH	T-130Г (100)	T-180Г (150)	ДТ-75Б (40)	T-220 (250)	T-330 (250)	T-500 (350)	T-4АН1 (40)	T-100М (60)	T-180 (150)	ДЭТ-250 (250)
Категория грунта	I	I	II	II	III	III	I	II	II	II
Параметры	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дальность перемещения грунта, $l_2, м$	800	850	200	250	300	350	400	450	500	550

Для решения первой задачи необходимо рассчитать:

- ширину B , высоту H , длину L и высоту задней стенки H_3 ковша;
- геометрическую емкость ковша;
- массу скрепера.

Таблица 2.2 – Технические характеристики базовых тракторов скреперов

Марка трактора	Показатели								
	масса, кг	номинальная мощность двигателя, кВт	габаритные размеры, мм				расчеты скорости движения, м/с		
			длина	ширина	высота	колея	при заполнении ковша скрепера грунтом	при транспортировании груженого скрепера	при транспортировании порожнего скрепера
Т-100М	11800	79,5	4250	2460	3040	1880	0,57	1,59-2,17	2,17-2,46
Т-130Г	14500	103	5420	2470	2800	1880	0,70	1,59-2,17	2,17-2,46
Т-180Г	15700	132	5420	2740	2820	2040	0,67	1,81-2,47	2,47-2,80
ТД-75Б	7300	55	4575	1740	2304	1330	0,77	1,65-2,55	2,25-2,55
ДЭТ-250	26700	200	6236	3220	3180	2450	0,64	1,87-2,55	2,55-2,89
Т-220	20700	161,5	5500	2850	2900	2200	0,80	1,81-2,47	2,47-2,80
Т-330	29200	242	6000	2900	3150	2250	0,90	1,92-2,62	2,62-2,97
Т-500	40000	368	6500	2950	3240	2300	0,91	1,92-2,62	2,62-2,97
Т-4АН1	8200	95,6	4475	1952	2568	1384	1,10	1,43-1,95	1,95-2,21

Минимальная ширина (мм) ковша B , измеренная по поверхности его наружных стенок (рисунок 2.1) определяется по формулам:

- при одиночных колесах скрепера

$$B = B_T + B_{Ш} + 2\Delta v \quad (2.1)$$

- при сдвоенных колесах скрепера (см. примечание к табл. 2.3)

$$B = B_T + 2B_{Ш} + 2\Delta v, \quad (2.2)$$

где B_T - ширина колеи трактора, мм;

$B_{Ш}$ - ширина профиля пневматической шины, мм (табл. 2.3).

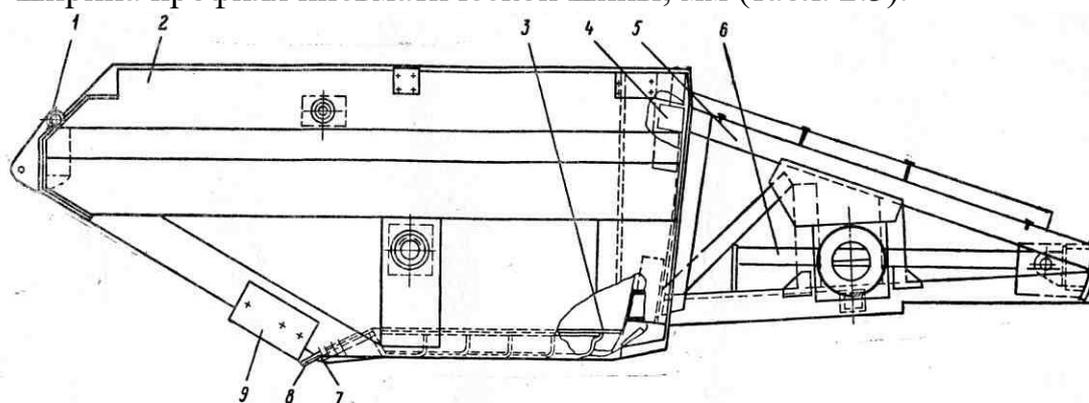


Рисунок 2.1 – Схема ковша скрепера

1—балка с кронштейнами для гидроцилиндров ковша; 2— боковая стенка; 3 — днище; 4 — задняя связь; 5- буфер; 6- направляющая; 7 —подножечная плита; 8, 9 — нож

Таблица 2.3 – Шины, устанавливаемые на прицепных скреперах

Мощность двигателя базового трактора, кВт	Обозначения шины в дюймах или мм (ширина шины)
40...60	260...508 (260)
95...105	370...508 (370)
150...165	18,00...25 (460)
220...250	27,00...33 (690)
Примечание. При мощности двигателя базового трактора свыше 150 кВт предусматривается установка на заднюю ось скрепера сдвоенных колес.	

$\Delta \varphi$ - необходимый зазор между внутренней поверхностью шины и боковой стенкой ковша, $\Delta \varphi = 30 - 60$ мм.

При выборе высоты ковша H ориентировочно можно полагать

$$H = m \cdot B, \quad (2.3)$$

причем $m \approx 0,4 \dots 0,6$.

Между длиной ковша и его высотой может быть принято соотношение

$$L = (1,4 \dots 1,8) \cdot H \quad (2.4)$$

Здесь меньшее значение коэффициента соответствует ковшам средней емкости, а большее – ковшам малой емкости.

Высоту задней стенки обычно выбирают в пределах

$$H_3 = (0,4 \dots 0,5) \cdot H \quad (2.5)$$

Геометрическая емкость ковша (m^3)

$$q = B \cdot H \cdot L \quad (2.6)$$

Полученную расчетом геометрическую емкость ковша следует округлить до стандартной, указанной в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Типоразмеры скреперов по ГОСТ 5738-73

Геометрическая емкость ковша, m^3	Типоразмеры				
	3	4,5	8(7)	10	15

Масса прицепного скрепера с дышлом в сборе может быть определена приближенно по формуле

$$M_c = 1,25 \cdot q \quad (2.7)$$

В конце первой задачи необходимо привести схему ковша и указать на ней численные значения величин выбранных параметров.

Решение второй задачи предусматривает определение всех сопротивлений, возникающих при наполнении ковша.

Сопротивление, возникающее при рабочем режиме скрепера

$$W_{раб} = W_T + W_P + W_H + W_{II}, \quad (2.8)$$

где W_T - сопротивление перемещению скрепера как тележки;

W_P - сопротивление грунта резанию;

W_H - сопротивление наполнению ковша;

W_{II} - сопротивление перемещению призмы волочения.

Сопротивление перемещению груженого скрепера (H)

$$W_T = (G_c + G_{Г}) \cdot (f + i), \quad (2.9)$$

где $G_c = M_c \cdot g$, - сила тяжести скрепера, H ;

g - ускорение силы тяжести, m/c^2 ;

$G_{Г}$ - сила тяжести грунта в ковше, H ;

f - коэффициент сопротивления перекачиванию скрепера,

$f = 0,1 \dots 0,3$;

i - уклон местности, $i = 0,05 \dots 0,1$.

Сила тяжести грунта в ковше (H)

$$G_{Г} = g \cdot K_H \cdot \gamma_{ОБ} \cdot q, \quad (2.10)$$

где q - геометрическая емкость ковша, m^3 ;

K_H - коэффициент наполнения, $K_H = 1$;

$\gamma_{ОБ}$ - объемная масса грунта, kg/m^3 , $\gamma_{ОБ} = 1300 \dots 1600 \text{ kg}/m^3$;

g - ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Сопротивление грунта резанию (H)

$$W_P = k_0 \cdot \epsilon \cdot h , \quad (2.11)$$

где k_0 - удельное сопротивление грунта резанию, Па;
 ϵ - ширина резания, равная ширине ковша, м;
 h - толщина стружки, м.

Удельное сопротивление грунта резанию (Па):

- для грунта I категории – $(0,5...0,7)10^5$;
- для грунта II категории – $(0,7...1,0)10^5$;
- для грунта III категории – $(1,0...1,5) 10^5$.

При выборе величины h можно руководствоваться следующими данными:

- емкость ковша скрепера q , м ³	-3..4,5	7..8	10	15	25
h в см:					
для III категории	-2...3	3...5	6...8	8...10	12...14
для II категории	- 3...4	4...6	8...10	12...14	16...18
для I категории	- 4...5	6..8	10..12	14...16	18...20

Сопротивление наполнению ковша (Н)

$$W_H = \epsilon \cdot q , \quad (2.12)$$

где ϵ - удельное сопротивление при наполнении, Н/м³;
 q - емкость ковша, м³.

Значения удельных сопротивлений ϵ (Н/м³) могут быть приняты следующими:

- емкость ковша скрепера q , м ³	-3...4,5	7...8	10	15	25
ϵ для III категории	- 11000	7500	6500	5500	4500
ϵ для II категории	- 9500	6500	4500	4700	3900
ϵ для I категории	- 6500	5500	3500	3500	2800

Сопротивление перемещению призмы волочения (Н)

$$W_{II} = y \cdot \epsilon \cdot H^2 \cdot \gamma_{об} \cdot g \cdot f_2 , \quad (2.13)$$

где y - коэффициент объема призмы волочения, $y = 0,5...0,7$;

H - высота ковша, м;

f_2 - коэффициент трения грунта о грунт, $f_2 = 0,8 \dots 1,0$.

Работа прицепного скрепера без толкача становится возможной при условии

$$T_{KP} \geq W_{PAB}, \quad (2.14)$$

где $T_{KP} = T - G_{BT} (f_0 + i)$ - соответствующая сила тяги на крюкебазового трактора, Н;

T - касательная сила тяги базового трактора, Н;

G_{BT} - сила тяжести базового трактора, Н;

$$G_{BT} = M_{BT} \cdot g; \quad (2.15)$$

f_2 - коэффициент сопротивления передвижению базового трактора, $f_2 = 0,05 \dots 0,15$;

M_{BT} - масса базового трактора, кг;

g - ускорение силы тяжести, м/с².

Касательная сила тяги базового трактора

$$T = \frac{N_H \cdot \eta}{V_1}, \quad (2.16)$$

где N_H - номинальная мощность двигателя, Вт;

η - к.п.д. силовой передачи, $\eta = 0,80 \dots 0,85$;

V_1 - скорость движения скрепера при заполнении ковша грунтом, м/с.

Если применяется толкач, то должно быть соблюдено неравенство

$$(T_{KP} + T_T) \cdot k_{OD} \geq W_{PAB}, \quad (2.17)$$

где T_T - толкающее усилие толкача, Н;

k_{OD} - коэффициент одновременности работы толкача и скрепера,

$k_{OD} = 0,85 \dots 0,90$.

Необходимо также произвести проверку возможности реализации силы тяги по сцеплению

$$G_{\text{сц}} \cdot \varphi \geq T_{\text{кр}} \quad (2.18)$$

где $G_{\text{сц}} = \lambda_{\text{сц}} \cdot G_{\text{бт}}$ - сцепная сила тяжести базового трактора, Н;

φ - коэффициент сцепления, $\varphi = 0,9$;

$\lambda_{\text{сц}}$ - коэффициент использования массы базовой машины по сцеплению, для гусеничных тракторов $\lambda_{\text{сц}} = 1$.

Эксплуатационная производительность (м³/ч) скрепера

$$\Pi_{\text{э}} = \frac{60 \cdot q \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{в}}}{k_{\text{р}} \cdot T_{\text{ц}}}, \quad (2.19)$$

где q - геометрическая емкость ковша, м³;

$k_{\text{н}}$ - коэффициент наполнения скрепера ($k_{\text{н}} = 1,0$);

$k_{\text{в}}$ - коэффициент использования рабочего времени, ($k_{\text{в}} = 0,9$);

$k_{\text{р}}$ - коэффициент рыхления грунта ($k_{\text{р}} = 1,2$);

$T_{\text{ц}}$ - продолжительность рабочего цикла, мин.

$$T_{\text{ц}} = \frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{l_3}{V_3} + \frac{l_4}{V_4} + n t_n + 2 t_{\text{пов}}, \quad (2.20)$$

где l_1, l_2, l_3, l_4 - длины путей заполнения ковша грунтом, транспортирования грунта, разгрузки и движения порожнего скрепера, м, $l_2 = l_4$;

V_1, V_2, V_3, V_4 - соответствующие этим длинам путей скорости движения скрепера, м/мин, $V_2 = V_3$;

t_n - время, необходимое для переключения скорости,

$t_n = 0,1$ мин;

n - число переключений скоростей за время рабочего цикла, $n = 4 \dots 5$;

$t_{\text{пов}}$ - время, затрачиваемое на один поворот, $t_{\text{пов}} = 0,3$ мин.

Длину пути наполнения скрепера

$$l_1 = \frac{q \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{пот}}}{v \cdot h \cdot k_{\text{р}}} \quad (2.21)$$

где $k_{\text{пот}}$ - коэффициент, учитывающий потери грунта за счет образо-

вания боковых валиков и призмы волочения,

$$k_{\text{ПОТ}} = 1,3;$$

b - ширина резания, м;

h - средняя толщина стружки, м.

Длина пути загрузки $l_3 = 3 \dots 10$ м.

Контрольные вопросы

1. Приведите формулу определения геометрической емкости ковша скрепера.
2. От каких параметров зависит сопротивление, возникающее при рабочем режиме скрепера.
3. Приведите формулу определения сопротивления резанию грунта.
4. Приведите формулу определения касательной силы тяги базового трактора скрепера.
5. Приведите формулу определения эксплуатационной производительности скрепера.
6. Приведите формулу определения длины пути наполнения скрепера.

Задача 3. Определение параметров рабочего процесса автогрейдера

Цель работы

Целью данной работы является приобретение студентами навыков в расчете и обосновании выбора основных параметров автогрейдера и его рабочего органа, определении потребной мощности двигателя и эксплуатационной производительности машины при проведении аварийных и других неотложных работ.

Содержание задания

Индивидуальная работа рассчитана на четыре часа аудиторных занятий и включает в себя решение следующих задач:

1. Рассчитать и обосновать выбор основных параметров машины и ее рабочего органа.
2. Рассчитать суммарное сопротивление при профилировании дороги и определить необходимую мощность двигателя.
3. Определить эксплуатационную производительность машины.

Методические указания

Таблица 3.1- Исходные данные для выполнения задания

Параметры	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Колесная формула	1x2x2	1x2x3	1x3x3	2x2x2	3x3x3	1x2x2	1x2x3	1x3x3	2x2x2	3x3x3
$F_K, \text{ м}^2$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Параметры	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Категория грунта	I	II	III	I	II	III	I	II	III	III
Длина участка L_y , км	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0

Для решения первой задачи необходимо рассчитать общую силу тяжести машины и основные параметры отвала.

Необходимая общая сила тяжести машины (кН)

$$G = \frac{m \cdot F_K \cdot k_0}{\xi \cdot \varphi \cdot n}, \quad (3.1)$$

где F_K - общая площадь поперечного сечения кювета, м^2 ;

k_0 - удельное сопротивление грунта копанию, $k_0 = (2,0 \dots 3,0) \cdot 10^5$ Па;

m - коэффициент, учитывающий неравномерность в сечении стружки при отдельных проходах автогрейдера, $m = 1,3$;

ξ - коэффициент (при колесных схемах 3x3x3, 2x2x2, 1x2x2, 1x3x3 $\xi = 1$, а при колесной схеме 1x2x2 $\xi = 0,70 \dots 0,75$);

φ - коэффициент сцепления, $\varphi = 0,6 \dots 0,9$;

n - число проходов по вырезанию стружки, $n = 5 \dots 6$.

К основным параметрам отвала (рисунок 3.1) относятся: длина L , высота B , радиус кривизны r , угол резания γ , угол опрокидывания ψ и центральный угол ω .

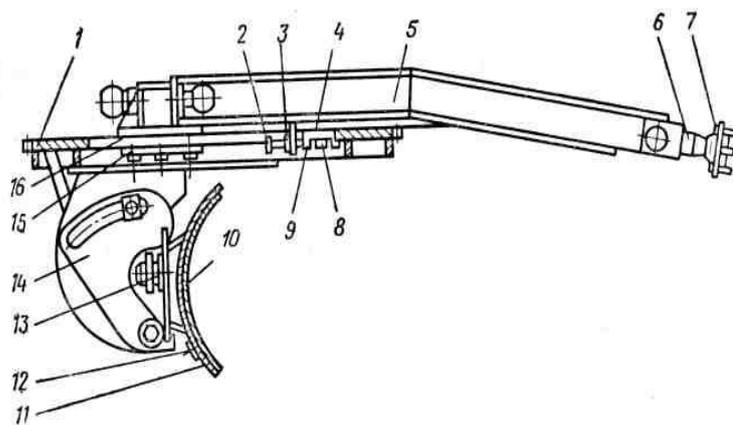


Рисунок 3.1 - Схема поперечного профиля отвала автогрейдера

1- поворотный круг; 2 - специальный болт; 3 - гайка; 4, 16 - прокладки, 5 – тяговая рама; 6 - шкворень; 7 - опора шкворня; 8 - болт; 9, 15 - накладки; 10 - боковой нож; 11- нож; 12 - отвал; 13- опора штока; 14 - кронштейн

Длина L и высота B выбираются в соответствии с таблицей 3.2.

Радиус кривизны отвала определяется по формуле

$$r = \frac{B}{\cos\psi + \cos\gamma}, \quad (3.2)$$

где γ - угол резания, $\gamma = 30...40^\circ$;

ψ - угол опрокидывания, $\psi = 60...70^\circ$.

Таблица 3.2 - Основные размеры отвалов автогрейдеров

Тип автогрейдера	Масса, т	Длина отвала L , мм	Высота отвала B , мм
Особо тяжелый	17 – 23	3600 – 4300	600 – 700
Тяжелый	13 – 15	3400 – 3700	500 – 600
Средний	10 – 12	3200 – 3400	500 – 600
Легкий	7 – 9	3000 – 3200	500

Должно иметь место следующее равенство:

$$\gamma + \omega + \psi = \pi \quad (3.3)$$

В конце первой задачи необходимо привести схему поперечного профиля отвала и указать на ней численные значения величин выбранных параметров (рисунок 3.1).

Общее сопротивление при работе автогрейдера по вырезанию и одновременному перемещению грунта определяется по формуле

$$W = W_T + W_P + W_{PP} + W_B + W_0, \quad (3.4)$$

где W_T - сопротивление перемещению автогрейдера как тележки;

W_P - сопротивление грунта резанию;

W_{PP} - сопротивление перемещению призмы волочения;

W_B - сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу;

W_0 - сопротивление от перемещения грунта вдоль отвала.

Сопротивление перемещению автогрейдера как тележки, (Н)

$$W_T = G \cdot (f + i), \quad (3.5)$$

где G - сила тяжести автогрейдера, Н;

f - коэффициент сопротивления передвижению, $f = 0,05 \dots 0,1$;

i - уклон местности, $i = 0,01 \dots 0,05$.

Сопротивление грунта резанию, (Н)

$$W_P = k_0 \cdot \frac{h_{\max} \cdot l}{2}, \quad (3.6)$$

где k_0 - удельное сопротивление грунта резанию;

h_{\max} - максимальная толщина стружки, м, $h_{\max} = (0,2 \dots 0,5) \cdot B$

в зависимости от категории грунта;

$l = \frac{1}{2} L \cdot \sin \alpha$ - длина заглубленной в грунт части ножа, м;

α - угол захвата при вырезании грунта, $\sin \alpha = 0,30 \dots 1,0$.

Сопротивление перемещению призмы волочения грунта перед отвалом, (Н)

$$W_{PP} = G_{PP} \cdot f_2 \cdot \sin \alpha \quad (3.7)$$

где G_{PP} - сила тяжести грунта в призме волочения, Н;

f_2 - коэффициент трения грунта о грунт, $f_2 = 0,8 \dots 1,0$.

Сила тяжести призмы волочения, Н

$$G_{\text{ПР}} = V_{\text{ПР}} \cdot \gamma_{\text{ОБ}} \cdot g, \quad (3.8)$$

где $V_{\text{ПР}}$ - объем призмы волочения, м³;

$\gamma_{\text{ОБ}}$ - объемная масса грунта, $\gamma_{\text{ОБ}} = 1400 \dots 1500$ кг/м³;

g - ускорение силы тяжести, м/с².

Объем призмы волочения находится по формуле

$$V_{\text{ПР}} = \frac{L \cdot B^2}{2} \cdot K_{\text{ПР}}, \quad (3.9)$$

где $K_{\text{ПР}}$ - поправочный коэффициент, $K_{\text{ПР}} = 2 \dots 1,3$ для грунтов III категории. $K_{\text{ПР}} = 0,7 \dots 0,9$ для I и II категорий.

Сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу (Н)

$$W_B = G_{\text{ПР}} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \sin \alpha \quad (3.10)$$

где f_1 - коэффициент трения грунта о сталь, $f_1 = 0,1$;

γ - угол резания.

Сопротивление от перемещения грунта вдоль отвала (Н)

$$W_0 = G_{\text{ПР}} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot \cos \alpha \quad (3.11)$$

Необходимая мощность двигателя автогрейдера (Вт)

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{W \cdot V}{\eta_{\text{ТР}}}, \quad (3.12)$$

где W - общее сопротивление, Н;

V - скорость автогрейдера при резании и перемещении грунта,

$V = 0,9 \dots 1,1$ м/с;

$\eta_{\text{ТР}}$ - к.п.д. трансмиссии, $\eta_{\text{ТР}} = 0,80 \dots 0,85$.

По полученному значению мощности следует выбрать марку двигателя автогрейдера, руководствуясь таблицей 3.3.

Таблица 3.3 – Двигатели, устанавливаемые на автогрейдерах

Показатели	Марка двигателя						
	Д-60Р	СМД-14А	А-41	Д-108	А-01МД	1Д6С2	ТД6-25 ОТК-2С
Тип автогрейдера	легкий			средний		тяжелый	
Мощность, кВт	44	55	66	80	96	107	174

Эксплуатационная производительность (км/ч) автогрейдера при профилировании дороги определяется по формуле

$$P_{\text{э}} = \frac{L_y \cdot K_B}{t}, \quad (3.13)$$

где L_y - длина участка, км;

K_B - коэффициент использования автогрейдера по времени,

$K_B = 0,8 \dots 0,9$;

t - время, используемое для профилирования участка, ч;

$$t = \frac{L_y \cdot n}{V_{CP}} + \frac{t_1}{60} (n - 1), \quad (3.14)$$

где n - необходимое для профилирования дороги число проходов,
 $n = 12 \dots 16$;

V_{CP} - средняя скорость движения автогрейдера, км/ч,

$V_{CP} = 4 \dots 6$ км/ч;

t_1 - продолжительность поворота автогрейдера в конце участка,

$t_1 = 0,4 \dots 0,6$ мин.

Контрольные вопросы

1. Приведите формулу определения необходимого веса автогрейдера.
2. Перечислите основные параметры отвала автогрейдера.
3. Приведите формулу определения общего сопротивления при работе автогрейдера по вырезанию и одновременному перемещению грунта.
4. Приведите формулу определения сопротивления перемещению автогрейдера как тележки.
5. Приведите формулу определения сопротивления грунта резанию.

6. Приведите формулу определения сопротивления перемещению призмы волочения грунта перед отвалом.
7. Приведите формулу определения объема призмы волочения.
8. Приведите формулу определения мощности двигателя автогрейдера.
9. Приведите формулу определения эксплуатационной производительности автогрейдера при профилировании дороги.

Тема 2. Обоснование рабочих параметров спасательной техники

Задача 4. Расчет параметров корчевальной машины

Корчевальной машиной (представляющая собой агрегат, состоящий из трактора и навесного корчевального оборудования) производится раскорчевка участка леса при создании колонного пути движения спасательной техники. Сопротивление пня корчеванию - $R_{пн}$.

Необходимо:

- выбрать размеры плеч рабочего органа и составить расчетную схему;
- определить величину и направление сил в рычаге, штоке и оси;
- определить максимальное усилие в штоке гидроцилиндра;
- рассчитать сечения оси и корчевального рычага;
- определить возможность корчевания пня за один прием (устойчивость агрегата).

Исходные данные для решения задачи представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Исходные данные

Показатели	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивление пня корчеванию $R_{пн}$, кН	260	280	300	320	340	360	380	410	430	450
Давление в силовом гидроцилиндре, МПа	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10

Продолжение таблицы 4.1

Показатели	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр гидроцилиндра, м	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Методические указания

Машина К-2А корчует пни при жесткой связи машины с трактором, под действием активных внешних сил:

$$P_{ц} = S \cdot p, \quad (4.3)$$

где p - давление в силовом гидроцилиндре, Па.

3. Рассмотрим действие сил в оси корчевального рычага (рис.4.2), состоящего из корчевального клыка и рабочего рычага и определим их длину.

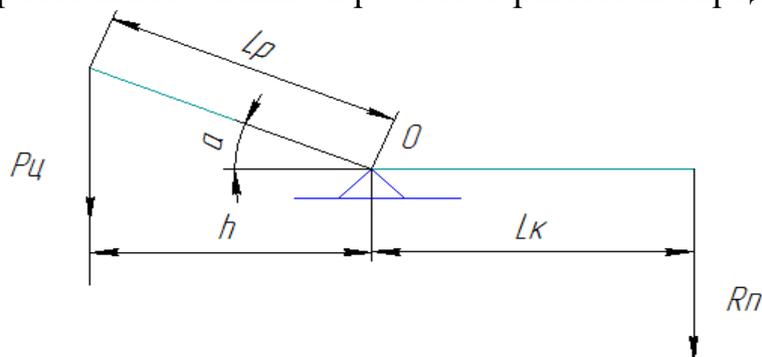


Рисунок 4.2 – Расчетная схема

$$\sum M(O) = P_{ц} \cdot h - R_{п} \cdot L_{к} = 0$$

Откуда, длина корчевального клыка, м

$$L_{к} = \frac{P_{ц} \cdot h}{R_{п}} \quad (4.4)$$

Силу, действующую на ось корчевального рычага

$$\sum F_x = P_{ц} - P_o + R_{п} = 0$$

Откуда

$$P_o = P_{ц} + R_{п} \quad (4.5)$$

Длина рабочего рычага, м

$$L_p = \frac{h}{\cos \alpha}, \quad (4.6)$$

где α - угол наклона рычага, $\alpha = 6^0 \dots 8^0$.

4. Для возможности корчевания пня за один прием (устойчивость агрегата) необходимо выполнение условия

$$R_{п} \cdot L_5 < G_T \cdot L_1 + G_K \cdot L_4 \quad (4.7)$$

При обратном соотношении сил и моментов трактор будет подниматься силой $R_{Ц}$ и повернется вокруг точки O , что практически не допустимо.

Задача 5. Определение сил, действующих на машинно-тракторный агрегат при создании противопожарных полос

Навесным плугом весом G производится вспашка почвы под создание минерализованной противопожарной полосы. Угол наклона реакции почвы к горизонту - $\alpha = 30^{\circ}$. Расстояние от лезвия лемеха до точки пересечения реакции почвы с грудью отвала плуга - $h = 0,1$ м. Расстояние между осью опорного колеса и осью шарнира крепления плуга к трактору $l = 0,5$ м. Расстояния $l_1 = 0,9$ метра и $l_2 = 0,7$ метра.

Исходные данные для решения задачи представлены в таблице 5.1.

Требуется определить реакцию в шарнире A (ее величину, направление и угол наклона к горизонту), нормальную реакцию почвы на опорное колесо N и сопротивление его перекачиванию F .

Методические указания

В общем случае в вертикально-продольной плоскости на плуг действуют следующие силы:

- сила тяжести плуга (G), приложенная в его центре тяжести и направлена вертикально в низ;

Таблица 5.1 - Исходные данные

Показатели	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глубина вспашки, м	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
Вес плуга, кН	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
Показатели	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип почвы	Тяжелый суглинок	Тяжелый суглинок	Суглинок	Суглинок	Подзол	Подзол	Супесчаные	Супесчаные	Песчаные	Песчаные

- равнодействующая сил реактивного сопротивления почвы (R_K), направленная под углом α к горизонту;

- нормальная реакция почвы на опорное колесо (N);

- сила сопротивления качению опорного колеса (F).

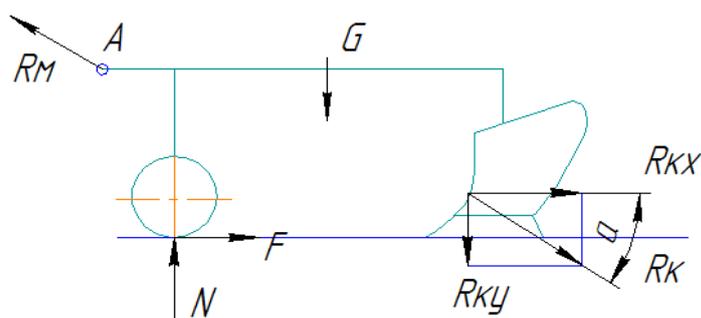


Рисунок 5.1 - Схема сил действующих на плуг

Под действием этих сил плуг будет поворачиваться в вертикальной плоскости вокруг шарнира А прицепа трактора.

Условия равновесия плуга в вертикальной плоскости можно представить в виде равенства

$$R_M = R_{KX} + F$$

Тяговое сопротивление навесного плуга складывается из вредных и полезных сопротивлений. Сила сопротивления качению опорного колеса относится к вредным сопротивлениям и определяется по формуле

$$F = \kappa \cdot N,$$

где κ - коэффициент перекачивания опорного колеса, $\kappa = 0,2$.

Горизонтальная составляющая, равнодействующей силы реактивного сопротивления почвы – может быть определена по формуле сопротивления тяги плугов, названной рациональной, предложенной академиком В.П. Горячкиным.

$$R_{KX} = R_{пл} = f \cdot G + K_0 \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot V^2$$

Произведение $f \cdot G$ - выражает вредные сопротивления плуга (трение плуга о дно и стенку борозды (f - опытный коэффициент трения почвы о металл, близкий к коэффициенту протаскивания плуга в открытой борозде).

Произведение $K_0 \cdot a \cdot b$ - выражает полезное сопротивление резания и деформации пласта почвы (a - глубина пахоты, b - ширина захвата плуга, K_0 - коэффициент сопротивления почвы).

Третий член формулы - $\varepsilon \cdot a \cdot b \cdot V^2$ - характеризует сопротивление отбрасыванию пласта в сторону (ε - некоторый коэффициент в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2 \cdot \text{м}^4$, V - скорость движения плуга в м/сек).

Таблица 5.2 – Значения коэффициентов K_0 и f

Тип почвы	Удельное сопротивление плуга K_0 , КПа	Коэффициент трения f
Легкие (песчаные и супесчаные)	25...35	0,26...0,31
Средние (легкие и средние суглинки)	35...55	0,30...0,35
Тяжелые (тяжелые суглинки)	55...80	0,40...0,45
Весьма тяжелые (сухие глинистые)	80...110	0,50...0,55

Для практических расчетов при определении тягового сопротивления достаточно пользоваться двумя членами формулы.

Для решения задачи 6, рассмотрим равновесие навесного плуга под действием приложенных сил и реакций связей (рис. 5.2). Из рисунка видно, что имеется система сил, произвольно расположенных в плоскости, поэтому для решения задачи необходимо применить три уравнения равновесия.

Шарнирно-неподвижная опора А (точка прицепа трактора) допускает поворот вокруг оси шарнира, но не позволяет производить линейных перемещений. В данном случае известна только точка приложения опорной реакции - центр шарнира, а направление и величина опорной реакции неизвестны. Выбираем прямоугольную систему координатных осей с центром в точке А и для нахождения реакции R_M разложим ее на две составляющие R_{MX} и R_{MY} .

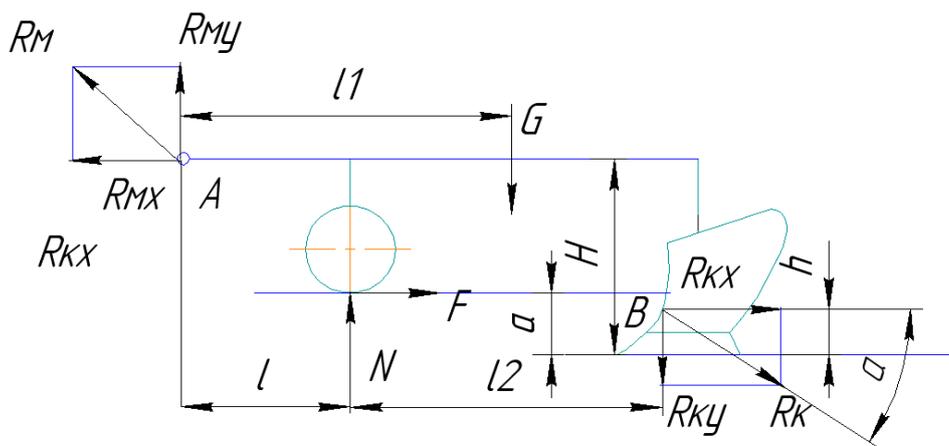


Рисунок 5.2 - Расчетная схема

Составляем уравнения равновесия

$$\sum P_{ix} = 0, -R_{MX} + F + R_{KX} = 0 \quad (5.1)$$

$$\sum P_{iy} = 0, -G + R_{MY} + N - R_{KY} = 0 \quad (5.2)$$

$$\sum M_{iB} = 0, R_{MY} \cdot (l + l_2) - R_{MX} \cdot (H - h) + N \cdot l_2 + F \cdot (a - h) - G \cdot (l + l_2 - l_1) = 0 \quad (5.3)$$

Подставляя известные численные значения величин в уравнения (5.1), (5.2), (5.3) и, решая систему уравнений, находим неизвестные – R_{MY} , R_{MX} , N и F .

Реакция в шарнире А (точка прицепа трактора), определяется по формуле

$$R_M = \sqrt{(R_{MX})^2 + (R_{MY})^2}, \quad (5.4)$$

Угол наклона к вертикали реакции в шарнире А

$$\delta = \arctg \left| \frac{R_{MX}}{R_{MY}} \right| \quad (5.5)$$

Для проверки правильности вычислений необходимо использовать одно из уравнений статики, которое не было использовано при решении задачи.

Например, уравнение алгебраической суммы моментов относительно точки соприкосновения опорного колеса с почвой.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей применяется корчевальная машина при проведении АСДНР?
2. В каких пределах находится давление в силовом гидроцилиндре машинно-тракторном агрегате?
3. Какие силы действуют на плуг в вертикально-продольной плоскости?
4. Приведите формулу сопротивления тяги плугов?
5. Из каких слагаемых состоит тяговое сопротивление навесного плуга для создания минерализованных противопожарных полос?

Тема 3. Обоснование рабочих параметров гидравлического аварийно-спасательного инструмента

Задача 6. Расчет гидравлических расширителей-ножниц

Во время спасательных работ при дорожно-транспортных авариях применяют переносные гидравлические расширители и ножницы для вскрытия попавших в аварию машин с целью извлечения пострадавших, а также для использования при ведении спасательных работ, где требуется быстро произвести разборку завалов, разрушить элементы конструкций.

Выполнить расчет гидравлических ножниц по представленной ниже методике.

Методические указания

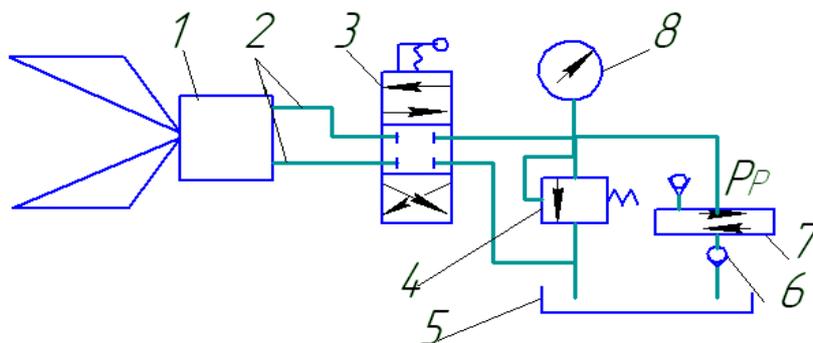
Диаметр гидроцилиндра

$$D_{\delta} = \sqrt{\frac{4 \cdot D}{\pi \cdot p \cdot \eta_{\delta}}}, \quad (6.1)$$

где P – максимальное усилие на резцах, P кН;;
 p – давление рабочей жидкости, развиваемое плунжерным насосом;

η_u – механический к.п.д. гидроцилиндра ($\eta_u = 0,8 \dots 0,9$).

Диаметр гидроцилиндра округляется до цифры 0 или 5.



1 – гидроцилиндр; 2 – гидролинии; 3 – распределитель; 4 – предохранительный клапан; 5 – бак; 6 – обратный клапан; 7 – насос; 8 – манометр.

Рисунок 6.1 – Принципиальная схема

Таблица 6.1 - Исходные данные

Параметр	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Максимальное усилие на резцах, Р кН;	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
Давление рабочей жидкости p , МПа	20	20	20	20	25	25	25	30	30	30
Параметр	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Усилие на рычаге насоса P_p, H	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Ход плунжера насоса $S_{плн}, мм$	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20

Диаметр плунжера насоса

$$d_{пл} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_p \cdot u_p}{\pi \cdot p \cdot \eta_{пл}}}, \quad (6.2)$$

где P_p – усилие на рычаге H ;
 u_p – передаточное число рычага.

$$u_p = \frac{S_p}{S_{nn}}; \quad (6.3)$$

где S_p – ход рычага насоса ($S_p \leq 300$ мм);

S_{nn} – ход плунжера насоса ($S_{nn} = 15 \dots 20$ мм);

η_{nn} – механический к.п.д. плунжерного насоса ($\eta_{nn} = 0,85 \dots 0,95$).

Диаметр плунжера не должен быть меньше 8 мм.

Толщина стенки гидроцилиндра

$$\delta = \frac{D_u}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma_p] + p(1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p(1 + 2\mu)}} - 1 \right), \quad (6.4)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение ($[\sigma_p] = 240$ МПа);

μ – коэффициент Пуассона ($\mu = 0,25 \dots 0,3$).

Скорость перемещения штока гидроцилиндра

$$V = \frac{W_u}{Q_n}, \quad (6.5)$$

где W_u – рабочая емкость цилиндра,

$$W_u = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot l_u; \quad (6.6)$$

l_u – ход штока;

Q_n – производительность насоса,

$$Q_n = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot S_{nn} \cdot n / \eta_0 \quad (6.7)$$

n – количество ходов плунжера в секунду. $n = 1$ с⁻¹;

η_0 – объёмный к.п.д. насоса ($\eta_0 = 0,8 \dots 0,9$).

Емкость бака для масла

$$W = 3 \cdot W_u. \quad (6.8)$$

Задача 7. Гидравлический домкрат

Гидравлический телескопический домкрат предназначен для подъема или перемещения различных объектов в стесненных условиях. Привод осуществляется от ручного насоса. Выполнить расчет гидравлического домкрата по представленной ниже методике.

Таблица 7.1 - Исходные данные

Параметр	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Подъемное усилие P , кН	150	150	200	200	250	250	300	300	350	350
Параметр	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Рабочее давление, развиваемое насосом p , МПа	10	15	10	15	20	15	20	25	30	40

Методические указания

Расчетное усилие

$$P_{p.} = k \cdot P, \quad (7.1)$$

где k - коэффициент запаса, учитывающий необходимость преодоления инерции поднимаемого груза, а также внутренние потери в гидросистеме ($k = 1,1 \dots 1,25$);

P – подъемное усилие домкрата, Н.

Диаметр рабочего цилиндра

$$D_y = \sqrt{\frac{4P_{p.}}{\pi \cdot p}}, \quad (7.2)$$

где p - рабочее давление, развиваемое насосом.

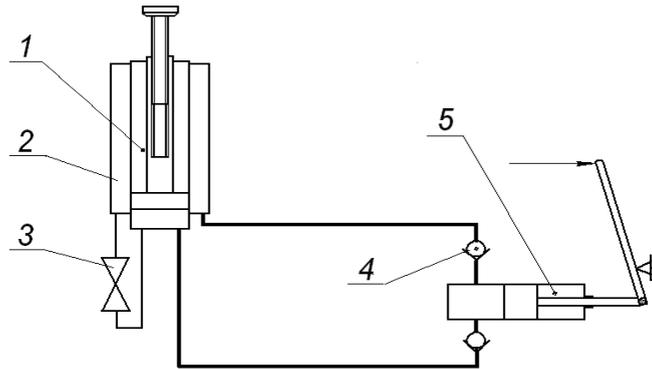


Рисунок 7.1 – Схема гидравлического домкрата
 1 – цилиндр; 2 – бак; 3 – сливной кран; 4 – обратный клапан; 5 -насос

Толщина стенок рабочего цилиндра, выполненного из стали,

$$\delta = \frac{D_u}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma_p] + p(1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p(1 + 2\mu)}} - 1 \right), \quad (7.3)$$

где μ - коэффициент Пуассона ($\mu = 0,25 \dots 0,3$);
 $[\sigma_p]$ - допускаемое напряжение на растяжение (для стали $[\sigma_p] = 240 \text{ МПа}$).

Проверка корпуса домкрата на разрыв

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F} \leq [\sigma_p], \quad (7.4)$$

где F - площадь расчетного сечения, определяемая по формуле:

$$F = \pi \cdot \delta \cdot (D_u + \delta). \quad (7.5)$$

Внутренний диаметр стержня подъемного винта

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P_p \cdot \beta}{\pi \cdot [\sigma_{сж}]}} \quad (7.6)$$

где β - коэффициент, учитывающий влияние скручивающих напряжений ($\beta = 1,2 \dots 2,7$);

$[\sigma_{сж}]$ - допускаемое напряжение материала винта на сжатие,
 $[\sigma_{сж}] = 260 \text{ МПа}$).

Напряжение, определяющее устойчивость стержня винта на продольный

изгиб

$$\sigma = \frac{4 \cdot P_p}{\pi \cdot d_1^2} < [\sigma_{сж}] \cdot \varphi, \quad (7.7)$$

где φ - коэффициент уменьшения допустимых напряжений

Коэффициент φ выбирается в зависимости от гибкости λ .

λ	30	50	60	80	100	120	140	160	170
φ	0,94	0,89	0,86	0,75	0,6	0,45	0,36	0,29	0,23

Гибкость λ стального стержня

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{4 \cdot l}{d_1}, \quad (7.8)$$

где μ - коэффициент, учитывающий вид закрепления стержня.

При шарнирном закреплении винта и наличии зазоров $\mu = 1$;

l - максимальная длина стержня ($l = 0,09$ м);

i - радиус инерции сечения стержня винта.

$$i = \frac{d_1}{4} \quad (7.9)$$

Число витков гайки из условия износостойкости

$$n = \frac{4 \cdot P_p}{\pi \cdot (D_2^2 - d_1^2) \cdot [\sigma_{сж}]}, \quad (7.10)$$

где D_2 - наружный диаметр винта, мм. $D_2 = (1,5 \dots 1,25) \cdot d_1$;

$[\sigma_{сж}]$ - допустимое напряжение материала винта на смятие

($[\sigma_{сж}] = 0,4 \cdot \sigma_\theta$). Для стали 45 $\sigma_\theta = 450$ МПа.

Высота гайки

$$H_2 = n \cdot S, \quad (7.11)$$

где S - шаг резьбы ($S = 0,003$ м).

Наружный диаметр гайки из условия прочности на растяжение

$$D_2 = \sqrt{\frac{4P_p}{\pi \cdot [\sigma_p]} + D_2^2}, \quad (7.12)$$

где $[\sigma_p]$ - допускаемое напряжение материала гайки на растяжение.

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_s}{n_3}; \quad (7.13)$$

n_3 - коэффициент запаса прочности ($n_3 = 2$).

Контрольные вопросы

1. Для каких видов работ применяется гидравлический аварийно-спасательный инструмент?
2. Напишите формулу для определения диаметра гидроцилиндра.
3. Какие параметры учитывает коэффициент запаса при определении расчетного усилия в гидроцилиндре?
4. Напишите формулу для определения необходимого объема масла в гидроцилиндре домкрата?
5. Напишите формулу для определения толщины стенок гидроцилиндра.

Тема 4. Организация движения базовых машин при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

Задача 8. Тактические и технические требования к путям движения

Используя данные таблицы определить тактические и технические требования к путям движения сил по ликвидации последствий ЧС.

Таблица 8.1 – Исходные данные

Параметр	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Расстояние до района сосредоточения/о, км	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Количество машин в составе сил, N _{мо}	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55

Параметр	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Марка автомобиля	ЗИЛ-131	КамаЗ-5320	МАЗ -5434	КрАЗ-6437	Урал -4320	ЗИЛ - 131	КамаЗ-5320	МАЗ-5434	КрАЗ- 6437	Урал -4320
Тип рельефа	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Тип покрытия	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Поперечный уклон, °.	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Методические указания

Общая длина колонны определяется по зависимости

$$l_{КО} = N_{МО} \cdot d_{ДГ}, \quad (8.1)$$

где $d_{ДГ}$ – динамический габарит (рис. 8.1), м;

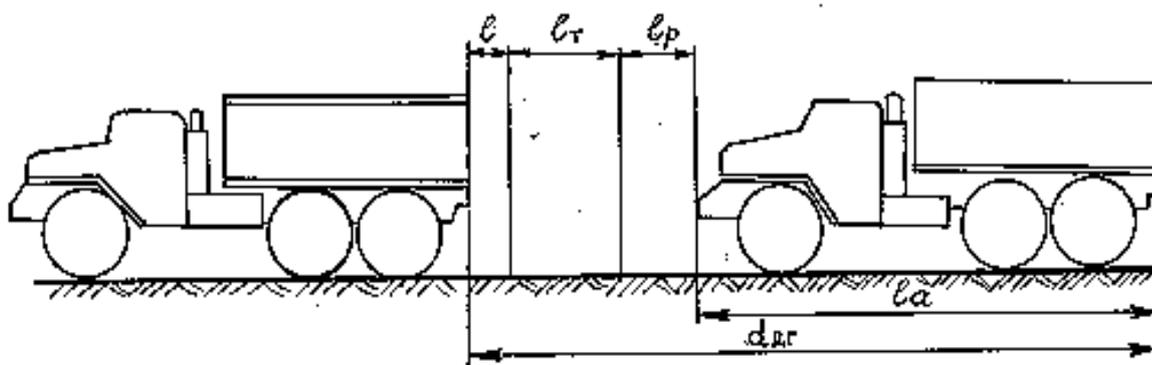


Рисунок 8.1 - Структура динамического габарита

$$d_{ДГ} = l_A + l_P + l_T + l, \quad (8.2)$$

где l_P – путь проходимый автомобилем за время реакции водителя на торможение ($t_P = 2,2$ с), м;

$$l_P = 0,61 \cdot V_D \quad (8.3)$$

l – резервное расстояние между автомобилями, м;

$$l = 0,15 \cdot V_d \quad (8.4)$$

l_T – путь торможения, $l_T = 10 \dots 15$ м.

Технические требования к путям являются производными от тактических и представляют собой допустимые величины тех элементов путей движения, которые влияют на характер движения.

При оценке маршрутов движения сил необходимо:

- определить соответствие геометрических параметров участков входящих в состав путей автомобильных дорог;
- оценить возможность движения на выбранных участках колонных путей.

Таблица 8.2 – Допустимые скорости движения колонн в зависимости от категории дороги, покрытия и рельефа, км/ч

Категория дороги	Тип покрытия		Тип рельефа		
			1	2	3
			равнинный	пересеченный	горный
I	1	Цементобетонное, асфальтобетонное	50	45	35
II	2	Черное щебеночное и гравийное	38	35	30
III	3	Черное щебеночное и гравийное	30	25	20
	4	Щебеночное и гравийное	25	20	17
IV	5	Черное щебеночное и гравийное	25	20	17
	6	Щебеночное и гравийное	20	17	14
	7	Грунтовое улучшенное	17	15	12
V	8	Черное щебеночное и гравийное	20	17	15
	9	Щебеночное и гравийное	17	15	12
	10	Грунтовое улучшенное	15	13	10
		Грунтовые дороги: - в хорошем состоянии - неудовлетворительном	10-15 7-10	9-13 6-9	7-10 5-7

В связи с этим необходимо определить:

- допустимую ширину проезжей части дороги;
- допустимый продольный уклон и требования к видимости пути.

Требуемая ширина проезжей части (полосы движения) на прямых участ-

ках движения определяется из выражения:

$$b = k + 2 \cdot x \quad (8.5)$$

где k – габаритная ширина автомобиля (таблица 1 приложения), м;
 x – величина зазора между боковым габаритом автомобиля и обочинной (встречной полосой движения), м.

Величина зазора для путей определяется по следующей эмпирической зависимости:

$$x = 0,25 + 0,005 \cdot V_p \quad (8.6)$$

где V_p – расчетная скорость движения, $V_p = 0,6 \cdot V_k$ км/ч;
 V_k – максимальная конструктивная скорость машины в составе колонны (таблица 1 приложения), км/ч.

Требования к радиусам горизонтальных кривых определяются из условия обеспечения безопасного движения машин с расчетными скоростями или поворота машин автопоездов.

Допустимая (минимальная) величина радиуса кривой может быть определена на основе упрощенного уравнения криволинейного движения машины (рис. 8.2).

$$P_{\Pi} = C \cdot \cos \alpha_0 \pm G_0 \cdot \sin \alpha_0 \quad (8.7)$$

где P_{Π} – действующая на машину поперечная сила;
 C – центробежная сила, кгс;
 G_0 – общий вес машины, кгс;
 α_0 – угол поперечного уклона проезжей части, град.

Центробежная сила, действующая на автомобиль

$$C = m \cdot \frac{V_p^2}{R} \quad (8.8)$$

Для малых углов $\sin \alpha_0 \approx \operatorname{tg} \alpha_0 \approx i_0$, а $\cos \alpha_0 \approx 1$, т.е. зависимость (8.8) может быть представлена в виде

$$P_{\Pi} = \frac{m \cdot V_p^2}{R} \pm m g i_0 \quad (8.9)$$

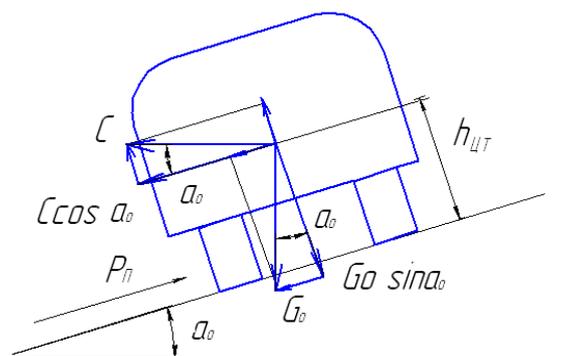


Рисунок 8.2 - Силы, действующие на автомобиль при движении на кривой

Из рисунка 8.2 видно, что устойчивость автомобиля против сдвига будет обеспечена, если

$$P_{л} \leq \varphi_{п} \cdot G_0 \cdot \cos \alpha_0 \approx m \cdot g \cdot \varphi_{п} \quad (8.10)$$

где $\varphi_{п}$ - коэффициент поперечного сопротивления сдвигу шин по поверхности покрытия (коэффициент поперечного сцепления),

$$\varphi_{п} = (0,6 \dots 0,7) \cdot \varphi_{пр};$$

$\varphi_{пр}$ - коэффициент продольного сцепления, зависящий от состояния и типа покрытия дороги (таблица 8.3).

Тогда из (8.10) следует, что по условиям отсутствия сдвига машины должно быть обеспечено условие:

$$\frac{P_{л}}{mg} = \mu_{п} = (0,6 \dots 0,7) \cdot \varphi_{пр} \quad (8.11)$$

где $\mu_{п}$ - коэффициент поперечной силы, характеризующий степень устойчивости машины на кривой по условиям сдвига (заноса) или опрокидывания под действием центробежной силы.

Таблица 8.3- Значение коэффициентов $\varphi_{пр}$ и f_k для колесных машин в зависимости от состояния покрытия

Тип покрытия	f_k	$\varphi_{пр}$	
		сухое покрытие	влажное покрытие
Цементнобетонное и асфальтобетонное	0,01...0,02	0,7...0,8	0,3...0,4
Черное щебеночное и гравийное	0,02...0,03	0,5...0,6	0,3...0,4
Щебеночное и гравийное	0,03...0,04	0,6...0,7	0,3...0,4
Бульжная мостовая	0,04...0,05	0,7...0,8	0,3...0,4
Грунтовые с сухой и ровной поверхностью	0,03...0,05	0,5...0,6	-
Грунтовые с неровной и грязной поверхностью	0,07...0,15	-	0,3...0,4
Песок	0,15...0,30	0,5...0,6	0,4...0,5
Снег	0,20...0,30	-	-

Тогда допустимая (минимальная) величина радиуса кривой, м:

$$R \geq \frac{V_p^2}{127 \cdot (0,6 \cdot \varphi_{\text{пр}} \pm i_0)}, \quad (8.12)$$

где V_p - расчетная скорость движения, км/ч.

По условиям обеспечения удобства движения, в формуле (8.12) принимается дополнительное ограничение: $0,6 \cdot \varphi_{\text{пр}} \leq 0,25$, при котором не происходит заноса автомобиля.

Знак “ - “ в формуле (8.12) принимают при расчете кривых с двухскатной проезжей частью (рекомендуемый радиус), знак “ + “ при расчете кривых на вираже (наименьший радиус).

Требуемая ширина полосы движения на горизонтальных кривых определяется с целью недопущения выезда автомобиля за пределы полосы движения (рис. 8.3).

В общем случае ширина полосы движения в одном направлении равна

$$b_{\text{кр}} = b + e + y \quad (8.13)$$

где e – геометрическое уширение полосы за счет смещения задних колес к центру кривой, м;

y – уширение, вызванное усложнением управления автомобилем на кривой, м.

b – требуемая ширина проезжей части (полосы движения) на прямых участках движения.

Геометрическое уширение для одиночного автомобиля (рис.8.3) может быть определено из прямоугольного треугольника $ОBC$

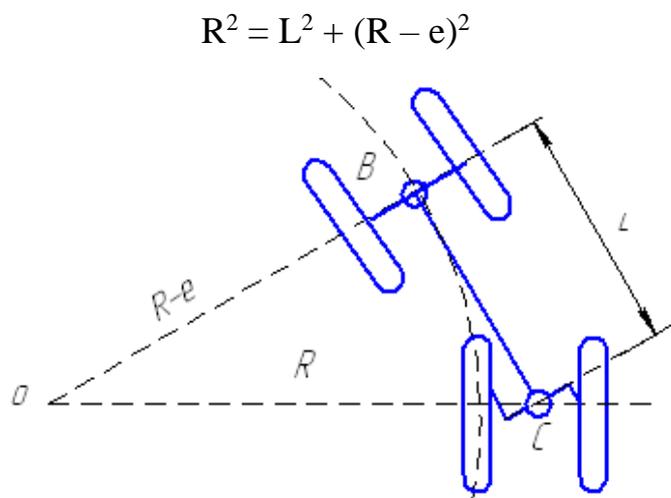


Рисунок 8.3 – Расчетные схемы определения геометрического уширения

После преобразований, и полагая $e^2 = 0$, будем иметь

$$e = \frac{L^2}{2R} \quad (8.14)$$

где L – расстояние от задней оси автомобиля (оси тележки) до бампера, м.

Зависимость (8.14) используют при $R > 15$ м, при $R < 15$ м принимают формулы вида:

$$e = R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad (8.15)$$

Уширение, вызванное усложнением управления автомобилем на кривой, вычисляется по эмпирической зависимости

$$y = \frac{0,05 \cdot V_p}{\sqrt{R}}, \quad (8.16)$$

Требования к продольным уклонам на путях определяются из условия обеспечения движения с заданными скоростями или из условия трогания машин с места на подъеме, что позволяет оценить автомобильные дороги по возможным скоростям движения.

Допустимый максимальный уклон по сцеплению определяется по формуле

$$i_\phi = \gamma_C \cdot \phi_{\text{ПР}} - f_K - a \quad (8.17)$$

где γ_C – коэффициент сцепного веса, равный отношению веса машины, приходящегося на ведущие колеса, к полному весу;

$\phi_{\text{ПР}}$ – коэффициент сцепления (см. таблицу 8.3);

f_K – коэффициент сопротивления качению (табл.8.3).

a – ускорение машины, м/с^2 .

При расчете максимального уклона по сцеплению рассматривают худший случай – трогание с места на подъеме (т.е. при $a > 0$).

При трогании с места ускорение движения машины $a = 0,25 \dots 0,5 \text{ м/с}^2$;

Допустимый максимальный уклон по двигателю определяется по формуле

$$i = \frac{0,377 \cdot \eta \cdot n_e \cdot M_e}{V_p \cdot G_o} - f_K \quad (8.18)$$

где M_e – максимальный крутящий момент двигателя, кгм;

n_e – число оборотов двигателя при максимальном крутящем моменте,

$n_e = (0,6 \dots 0,7) \cdot n_{Nmax}$, об/мин.

V_p - расчетная скорость движения, км/ч;

G_0 - общий вес машины, кгс;

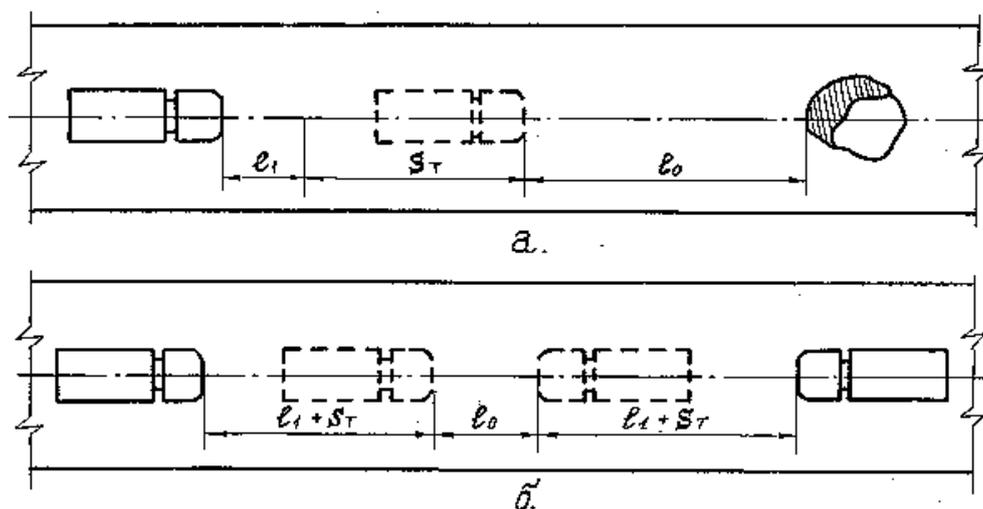
η - коэффициент полезного действия трансмиссии, $\eta = 0,80 \dots 0,85$;

F_k - коэффициент сопротивления качению, определяется по табл. 8.3.

Требования к видимости пути определяются в целях обеспечения безопасности движения, а также уверенности водителя при управлении автомобилем.

К путям движения предъявляются требования по минимальным расстояниям видимости до препятствий, которые могут возникнуть в пределах полосы движения. Расстояния эти должны быть такими, чтобы водитель, заметив препятствие, имел достаточно времени для осознания его опасности и совершения маневра для его объезда или остановки перед ним. Уменьшение видимости при движении на поворотах, у переломов продольного профиля.

Требуемое расстояние видимости определяется скоростью движения и может быть определено по одной из двух расчетных схем (рис. 8.5).



а – препятствие на полосе движения; б – встречная машина

Рисунок 8.5 - Расчетные схемы для определения расстояния видимости

В соответствии с первой схемой (8.5 а) минимальное расстояние видимости (L_B) должно обеспечить возможность остановки автомобиля перед препятствием и определяется по зависимости, м

$$L = l_1 + S_T + l_0 = \frac{V_p}{3,6} + \frac{k_r \cdot V_p^2}{254 \cdot (\varphi_{np} + i + f_k)} \quad (8.19)$$

При расчете по условию остановки двух встречных машин, движущихся с одинаковой скоростью и на уклоне (рис. 8.5 б) используется формула

$$L_B = 2l_1 + 2S_T + l_0 = \frac{V_p}{1,8} + \frac{k_{\Gamma} \cdot V_p^2 \cdot (\varphi_{\text{ГПР}} + f_k)}{127 \cdot (\varphi_{\text{ГПР}} + i + f_k) \cdot (\varphi_{\text{ГПР}} - i + f_k)} + l_0 \quad (8.20)$$

где l_1 - расстояние, проходимое автомобилем за время реакции водителя, м ;

S_T – путь торможения, м;

k_{Γ} – коэффициент гарантии торможения, $k_{\Gamma} = 1,4 \dots 1,7$;

l_0 – расстояние безопасной остановки, $l_0 = 5 \dots 1$ м.

Применение первой или второй схемы для определения минимального расстояния видимости зависит от конкретных условий и прежде всего от характера движения на путях.

На путях, подготавливаемых для одностороннего движения в качестве расчетной принимается первая схема. Расстояние видимости составит в этом случае около 50 м.

На путях, подготавливаемых для двухстороннего движения, в качестве расчетной целесообразно принять вторую схему.

Расстояние видимости, определенное по этой схеме, для условий движения с расчетной скоростью 50 км/ч составит около 100 м.

Контрольные вопросы

1. По каким параметрам осуществляется категорирование автомобильных дорог?
2. Что такое пути движения сил ГО, что они в себя включают и по каким признакам подразделяются?
3. От чего зависит и каким образом определяется общее время выдвигания колонны сил ГО в заданный район?
4. Что такое динамический габарит и как он определяется?
5. От чего зависит и как определяется требуемая ширина проезжей части на прямых участках движения?
6. От чего зависит и как определяется минимальный радиус горизонтальной кривой?
7. Как определяется геометрическое уширение полосы движения на горизонтальной кривой?
8. Какие силы действуют на автомобиль при движении на подъеме?
9. Как определяется максимально преодолеваемый уклон по сцеплению и двигателю?
10. От чего зависит и как определяется расстояние видимости?

Тема 5. Топливная экономичность базовых машин

Задача 9. Расчет расхода топлива базовыми машинами

Автомобиль движется на прямой передаче со скоростью V км/час, и развивает максимальную тяговую силу на ведущих колесах.

Определить:

1. Эффективный удельный расход топлива (g_e), путевой и транспортный расход топлива;
2. Расход топлива на S км пути;
3. Производительность автомобиля.

Таблица 9.1- Исходные данные

Параметры	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1. Марка автомобиля	Урал -43201	МАЗ-5335	КрАЗ- 6437	ЗИЛ -131	КамАЗ-5320	Урал -43201	МАЗ-5335	КрАЗ- 6437	ЗИЛ- 131	КамАЗ-5320
2. Скорость движения автомобиля, V км/ ч	45	50	50	55	60	55	50	50	55	60
3. Часовой расход топлива, G кг/час	36.3	34.3	40.2	26.4	28.1	32.3	35.6	40.2	28.2	28.1
Пройденный путь, S км	300	250	200	150	100	75	115	135	145	180
Параметры	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3. Коэффициент использования грузоподъемности, γ	0,95	0,6	0,8	0,85	0,9	1,0	0,85	0,9	0,95	0,85
4. Коэффициент использования пробега, β	1,0	1,0	0,5	1	0,7	0,8	1	0,6	0,9	0,5

Методика решения

1. Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} \cdot 1000 \text{ г / кВт} \cdot \text{ч} \quad (9.1)$$

где G_T - часовой расход топлива двигателя, кг/ч;
 N_e - эффективная мощность двигателя, кВт.

2. Путевой расход топлива на 100 километров пути, л/100км

$$Q_s = \frac{G_T}{\rho} \cdot \frac{100}{V_a} \quad (9.2)$$

где V_a - скорость автомобиля км/час.

ρ - плотность топлива в кг/л.

в кг/100 км

$$Q_s = \frac{G_T}{V_a} \cdot 100 \quad (9.3)$$

1. Транспортный или рабочий расход топлива автомобиля

в литрах

$$g = \frac{Q_s}{100 \cdot G_{ГР} \cdot \beta \cdot \gamma} \text{ л / ткм} \quad (9.4)$$

в килограммах

$$g = \frac{Q_s \cdot \rho}{100 \cdot G_{ГР} \cdot \beta \cdot \gamma} \text{ кг / ткм} \quad (9.5)$$

где Q_s - путевой расход топлива, в кг/100 км или в л/100 км;

$G_{ГР}$ - грузоподъемность автомобиля в тоннах;

β - коэффициент использования пробега;

γ - коэффициент использования грузоподъемности;

ρ - плотность топлива, $\rho = 0,75 \text{ кг / л}$.

4. Производительность автомобиля, ткм/ч,

$$W = G_{ГР} \cdot V_a \cdot \beta \cdot \gamma \quad (9.6)$$

где $G_{ГР}$ - грузоподъемность в тоннах;

V_a - скорость автомобиля в км/час.

Контрольные вопросы

1. Назовите критерии, определяющие топливную экономичность автомобиля.
2. Что называется эффективным удельным расходом топлива?
3. Какие эксплуатационные и конструктивные факторы влияют на удельный эффективный расход топлива?
4. Дайте определение путевому расходу топлива?
5. Какое влияние на путевой расход топлива оказывает изменение скорости автомобиля, дорожного сопротивления, веса автомобиля?
6. Что понимается под транспортным расходом топлива?
7. Что такое производительность автомобиля? Как она определяется?
8. Каковы основные пути повышения топливной экономичности автомобиля?

Задача 10. Расчёт расхода топлива - смазочных материалов

Произвести расчёт расхода топлива - смазочных материалов при проведении работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций согласно варианту задания.

Методические указания

В настоящее время остро встала проблема экономии энергетических ресурсов на автотранспорте, возникла необходимость правильного и обоснованного расхода топлива с учётом влияющих факторов, а также требований экологической защиты окружающей среды.

Расчет сменного расхода топлива

Сменный расход топлива грузового автомобиля определяется по формуле, л

$$Q_{AB} = 0,01 \cdot (H_s \cdot L + H_w \cdot W) \cdot (1 + 0,01 \cdot D), \quad (10.1)$$

где L – сменный пробег автомобиля, км;
 W - величина транспортной работы, т·км;
 H_s – базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100км;
 D – поправочный коэффициент, $D = 30\%$.

Таблица 10.1 – Исходные данные для расчета

Параметры	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марка автомобиля	Урал-55571	Урал-63685	Урал-6470	МАЗ-5516	МАЗ-5551	КрАЗ-65032	Урал-55571	МАЗ-5516	МАЗ-5551	КрАЗ-65032
Пробег нулевой l_0 , км	5	4	3	4	5	6	7	6	5	4
Пробег с грузом $l_{Г}$, км	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10
Кол-во ездов Z_0	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
Коэфф. использов. грузоподъемности, γ	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Параметры	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэфф. использов. пробега, β	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Скорость техническая V_T , км/ч	25	30	25	30	35	35	30	30	25	25
Кол-во автомобилей Аспед.	25	25	30	30	35	35	30	30	25	25
Количество смен проведения работ	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3

Величина транспортной работы, т·км

$$W = G_{ГР} \cdot L_{ГР} \quad , \quad (10.2)$$

где $G_{ГР}$ – масса груза,

$L_{ГР}$ – пробег автомобиля с грузом, км

$$L_{ГР} = \frac{L_{СУТ}}{2} \quad (10.3)$$

Дополнительно для самосвала на каждую езду с грузом составляет – 0,25л.

$$Q_{доп} = N_p \cdot 0,25 \quad (10.4)$$

Тогда сменный расход топлива для самосвала

$$Q_{САМ} = Q_{АВ} + Q_{ДОП} \quad (10.5)$$

Расход топлива за время проведения работ по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, л

$$\sum Q_{АВ} = Q_{САМ} \cdot N_{ДН} \cdot A_{СП} \cdot \eta_B, \quad (10.6)$$

где $N_{ДН}$ - число рабочих смен;

$A_{СП}$ - списочное количество автомобилей;

η_B - коэффициент выпуска автомобилей, $\eta_B = 0,85$.

Расход смазочных материалов

Моторного масла, л

$$Q_M = \frac{3,2}{100} \cdot \sum Q_{АВ} \quad (10.7)$$

Трансмиссионного масла, л

$$Q_{ТР} = \frac{0,4}{100} \cdot \sum Q_{АВ} \quad (10.8)$$

Специальные масла, кг

$$Q_{СП} = \frac{0,1}{100} \cdot \sum Q_{АВ} \quad (10.9)$$

Пластические смазки, кг

$$Q_{ПЛ} = \frac{0,3}{100} \cdot \sum Q_{АВ} \quad (10.10)$$

Контрольные вопросы

1. Каковы основные пути уменьшения сменного расхода топлива грузового автомобиля ?
2. От каких параметров зависит величина транспортной работы грузового автомобиля? Приведите формулу для определения величина транспортной работы грузового автомобиля?
3. Приведите формулы для определения расхода смазочных материалов.

Тема 6. Организация обслуживания и ремонта базовых машин

Задача 11. Корректирование периодичности проведения регламентного ТО базовых машин

Данная задача посвящена выбору и корректированию периодичности проведения регламентного ТО базовых машин спасательного отряда, а также определению коэффициента технической готовности и коэффициента использования автомобилей. Исходные данные для выполнения задания представлены в таблице 11.1.

Таблица 11.1- Варианты заданий

Параметр	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марка автомобиля	МАЗ-509	ЗИЛ-131	ЗИЛ-4331	КрАЗ-6437	Урал-4320	КамАЗ-5320	МАЗ-509	ЗИЛ-131	КрАЗ-6437	Урал-4320
Списочное количество	50	60	70	80	50	60	70	80	50	60
Прошедшие кап. ремонт	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Пробег с начала эксплуатации, тыс. км	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	18000
Параметр	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Категория эксплуатации	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 11.1

Природно-климатические условия	Среднесуточный пробег автомобилей, км									
	Умеренный	Теплый, влажный	Жаркий, сухой	Очень жаркий, сухой	Умеренно холодный	Холодный	Очень холодный	Умеренный, теплый	Умеренный теплый, влажный	Холодный
Среднесуточный пробег автомобилей, км	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250

Выбор и корректирование периодичности ТО

Исходные нормативы ТО и ремонта принимаются из Положения [1].

Периодичность ТО-1, ТО-2 и пробег до капитального ремонта

Периодичность ТО - это нормативная наработка (в километрах пробега или часах работы) между двумя последовательно проводимыми однородными работами по ТО. Периодичность проведения ТО и КР для подвижного состава необходимо корректировать в зависимости от категории условий эксплуатации (по ОНТИ-01-91).

Расчет периодичности проведения ТО и пробега до КР производится по формулам, км

$$L_1 = L_1^H \cdot K_1 \cdot K_3 ; \quad (11.1)$$

$$L_2 = L_2^H \cdot K_1 \cdot K_3 ; \quad (11.2)$$

$$L_{\text{КР}} = L_{\text{КР}}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (11.3)$$

где L_1^H и L_2^H – нормативные пробеги автомобиля до ТО-1 и ТО-2.

Согласно [1] для грузовых автомобилей нормативный пробег до ТО-1 $L_1^H = 4000$ км, а до ТО-2 - $L_2^H = 16000$ км;

$L_{\text{КР}}^H$ – нормативный пробег автомобиля до капитального ремонта.

Таблица 1 приложения;

K_1 - коэффициент корректирования нормативов в зависимости от категории условий эксплуатации. Таблица 2 приложения;

K_2 - коэффициент корректирования нормативов в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы. Таблица 3 приложения;

K_3 - коэффициент корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий и агрессивности окружающей среды. Таблица 4 приложения.

Корректирование нормативов трудоемкости ЕО; ТО-1; ТО-2; Д-1; Д-2 и ТР

Трудоемкость представляет собой затраты труда на выполнение операции или группы операций технического обслуживания или ремонта, измеряемые в человеко-часах или нормо-часах.

Удельный норматив трудоемкости необходим для определения числа ис-

полнителей и оплаты их труда за фактически выполненную работу с учетом требуемой квалификации рабочего (тарифной ставки).

Удельный норматив трудоемкости ежедневного технического обслуживания

$$T_{EO} = T_{EO}^H \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M, \text{ чел. Час}$$

где T_{EO}^H – нормативная трудоемкость ежедневного обслуживания.
Таблица 1 приложения;

K_2 – коэффициент корректирования нормативных трудоемкостей в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы. Таблица приложения 3;

K_5 – коэффициент корректирования нормативных трудоемкостей в зависимости от количества автомобилей обслуживаемых в АТП и количества технологически совместимых групп подвижного состава. Таблица 5 приложения;

K_M – коэффициент механизации, снижающий трудоемкость ЕО.

$$K_M = \frac{100 - C_M}{100},$$

где C_M – процент снижения трудоемкости за счет применения моечной установки, принимается 55% для всех типов автомобилей;

Удельный норматив трудоемкости первого технического обслуживания

$$T_1 = T_1^H \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M; \text{ чел. час,}$$

где T_1^H – нормативная трудоемкость ТО-1. Таблица 1 приложения;

K_M – коэффициент механизации, снижающий трудоемкость при ТО-1. При поточном методе производства $K_M = 0,8$.

Удельный норматив трудоемкости второго технического обслуживания

$$T_2 = T_2^H \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M; \text{ чел. час,}$$

где T_2^H – нормативная трудоемкость ТО-2. Таблица 1 приложения;

K_M – коэффициент механизации. При поточном методе производства $K_M = 0,9$.

Удельный норматив трудоемкости сезонного обслуживания

$$T_{CO} = T_2 \cdot \frac{C_{CO}}{100} \text{ чел. час,}$$

- где T_2 – скорректированная трудоемкость ТО-2;
 C_{CO} – процент работ сезонного обслуживания:
 - для средней полосы $C_{CO} = 20\%$;
 - для холодного и жаркого сухого климата $C_{CO} = 30\%$;
 - для очень холодного и очень жаркого сухого климата
 $C_{CO} = 50\%$.

Трудоемкость общего диагностирования

$$T_{Д-1} = T_1 \cdot \frac{C_{Д-1}}{100} \text{ чел.}\cdot\text{час,}$$

- где T_1 – скорректированная трудоемкость ТО-1;
 $C_{Д-1}$ – процент диагностических работ, выполняемых при проведении ТО-1.
 $C_{Д-1} = 8...10\%$.

Трудоемкость поэлементного диагностирования

$$T_{Д-2} = T_2 \cdot \frac{C_{Д-2}}{100}; \text{ чел.}\cdot\text{час,}$$

- где T_2 – скорректированная трудоемкость ТО-2;
 $C_{Д-2}$ – процент диагностических работ, выполняемых при проведении ТО-2.
 $C_{Д-2} = 6...10\%$.

Трудоемкость ТР на 1000 км пробега

Нормативная трудоемкость ТР корректируется посредством всех коэффициентов, $\frac{\text{чел.}\cdot\text{час}}{1000 \text{ км}}$

$$T_{ТР}/1000 \text{ км} = T_{ТР}^H/1000 \text{ км} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{4(СР)} \cdot K_5 ,$$

где $T_{ТР}^H / 1000 \text{ км}$ – нормативная удельная трудоемкость ТР. Таблица 1 приложения;

$K_{4(СР)}$ – среднее значение коэффициента корректирования норматива удельной трудоемкости ТР в зависимости от пробега с начала эксплуатации. Приблизительно можно принять $K_{4(СР)} = 1,3...1,4$.

Продолжительность простоев подвижного состава в ТО и ремонте

$$D_{ТО, ТР} = D_{ТО, ТР}^H \cdot K_{4(СР)}^П, \text{ дн.}/1000 \text{ км}$$

где $D_{ТО, ТР}^H$ - нормативное значение продолжительности простоя подвижного состава в ТО и ремонте. Таблица 6 приложения.

$K_{4(СР)}^H$ – среднее значение коэффициента корректирования нормативной продолжительности простоя в зависимости от пробега с начало эксплуатации. Можно принять $K_{4(СР)}^H=1,3$.

Результаты расчета сводятся в таблицу 11. 2.

Коэффициент технической готовности автомобилей

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + L_{CC} \cdot \left(\frac{D_{ТОиТР}}{1000} + \frac{D_{КР}}{L_{КР}^{СР}} \right)},$$

где L_{CC} – среднесуточный пробег;

$D_{ТО и ТР}$ – скорректированное значение продолжительности простоя подвижного состава в ТО и ремонте;

$D_{КР}$ – продолжительность простоя подвижного состава в капитальном ремонте. Приложение, таблица 6;

$L_{КР}^{СР}$ – средневзвешенная величина пробега автомобилей до КР.

$$L_{КР}^{СР} = L_{КР} \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot A_{КР}}{A} \right),$$

где $L_{КР}$ – скорректированное значение пробега автомобиля до капитального ремонта;

$A_{КР}$ – количество автомобилей прошедших капитальный ремонт;

A - списочное количество автомобилей.

Коэффициент использования автомобилей

$$\alpha_H = \frac{D_{РГ}}{365} \cdot \alpha_T \cdot K_H,$$

где $D_{РГ}$ – количество рабочих дней в году;

α_T – коэффициент технической готовности парка;

K_H – коэффициент, учитывающий снижение использования технически исправных автомобилей по эксплуатационным причинам. $K_H = 0,93 \dots 0,97$.

Годовой пробег автомобилей

$$\sum L_{Г} = 365 \cdot A \cdot L_{CC} \cdot \alpha_{H,КМ}$$

Таблица 11.2 - Исходные и скорректированные нормативы ТО и ремонта

Исходные нормативы		Коэффициенты корректирования							Скорректированные нормативы	
обозначение	величина	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K _М	K _{рез}	обозначен	величина
L ₁ ^H (км)									L ₁ (км)	
L ₂ ^H (км)									L ₂ (км)	
T _{ЕО} ^H (чел.ч.)									T _{ЕО} (чел.ч)	
T ₁ ^H (чел. ч.)									T ₁ (чел.ч.)	
T ₂ ^H (чел. ч.)									T ₂ (чел.ч.)	
T _{ТР} ^H (чел. ч. /1000 км)									T _{ТР} (чел. ч. /1000км)	
L _{КР} ^H (км)									L _{КР} (км)	
Д _{ТО и ТР} ^H (дн/1000 км)									Д _{ТО и ТР} (дн/1000 км)	
Д _{КР} ^H (дн)									Д _{КР} (дн)	

Приложения к задаче 11

Таблица 1 – Нормативы ресурса и пробега до КР подвижного состава, трудоемкости ТО и ТР для 1 категории эксплуатации (по ОНТП-01-91)

Подвижной состав	Ресурс или пробег до КР не менее, тыс. км	Нормативная трудоемкость			
		ЕО, чел.ч. $T_{ЕО}^H$	ТО-1, чел.ч. T_1^H	ТО-2, чел.ч. T_2^H	ТР, чел.ч./1000 км
Автомобили грузоподъемностью:					
свыше 5 до 8 (карб)	450	0,30	3,6	14,4	3,4
свыше 6 до 8 (диз.)	300	0,35	5,7	21,6	5,0
свыше 8 до 10	300	0,40	7,5	24,0	5,5
свыше 10 до 16	300	0,50	7,8	31,2	6,1

Таблица 2 – Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации – K₁*

Категория условий эксплуатации	Нормативы		
	периодичность ТО	удельная трудоемкость ТР	пробег до кап. ремонта
1	1,0	1,0	1,0
2	0,9	1,1	0,9
3	0,8	1,2	0,8
4	0,7	1,4	0,7
5	0,6	1,5	0,6

Таблица 3 – Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы - K_2

Модификация подвижного состава и организация его работы	Нормативы	
	трудоемкость ТО и ТР	пробег до капитального ремонта
Базовый автомобиль	1,00	1,00
Седельный тягач	1,10	0,95
Автомобиль с одним прицепом	1,15	0,9
Автомобили с двумя прицепами	1,20	0,85

Таблица 4 - Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий - $K_3 = K_3^I \cdot K_3^{II}$

Характеристика района	Нормативы		
	периодичность ТО	удельная трудоемкость ТР	пробег до КР
Коэффициент K_3^I			
Умеренный	1,0	1,0	1,0
Умеренно теплый, умеренно теплый влажный, теплый, влажный	1,0	0,9	1,1
Жаркий сухой, очень жаркий сухой	0,9	1,1	0,9
Умеренно - холодный	0,9	1,1	0,9
Холодный	0,9	1,2	0,8
Очень холодный	0,8	1,3	0,7
Коэффициент K_3^{II}			
С высокой агрессивностью окружающей среды	0,9	1,1	0,9

Таблица 5 - Коэффициент корректирования нормативов трудоемкости ТО и ТР в зависимости от количества обслуживаемых и ремонтируемых автомобилей на ПТОР и количества технологически совместимых групп подвижного состава - K_5

Количество автомобилей, обслуживаемых и ремонтируемых на ПТОР	Количество технологически совместимых групп подвижного состава		
	менее 3	3	более
До 100	1,15	1,20	1,30
Свыше 100 до 200	1,05	1,10	1,20
Свыше 200 до 300	0,95	1,00	1,10
Свыше 300 до 600	0,85	0,90	1,05
Свыше 600	0,80	0,85	0,95

Таблица 6 - Нормативы простоя подвижного состава в ТО и ремонте
(по ОНТП-01-91)

Подвижной состав	Нормативы простоя	
	ТО и ТР, дней/1000 км	КР, календарных дней
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:		
свыше 6 до 8	0,43	20
свыше 8 до 10	0,48	22
свыше 10 до 16	0,53	25

Контрольные вопросы

1. Что называется периодичностью ТО?
2. Приведите формулы расчета периодичности проведения ТО и пробега до КР.
3. Приведите формулы определения трудоемкости ТО.
4. Что характеризует коэффициент технической готовности автомобилей?
5. Что характеризует коэффициент использования автомобилей?

Краткая техническая характеристика автомобилей

Основные параметры	Марка автомобиля				
	КамАЗ-5320	МАЗ-5434	КрАЗ 6437	Урал – 4320	ЗИЛ-131
Колесная формула	6К4	4К4	6К6	6К6	6К6
Масса, т	7,08	9,05	11,94	8,355	6,46
Высота автомобиля, м	2,63	3	2,6	3,525	2,48
База, м	3,19	3,75	4,6	3,525	3,350
Длина автомобиля, м					
Количество передач вперед (назад)	5(1)	8(2)	5(1)	5(1)	5(1)
Скорость движения, км/час	80	70	66	65	80
Радиус колес, м	0,49	0,542	0,595	0,6	0,535
Мощность двигателя, кВт	154,4	176,6	235	154,4	98,8
Обороты, мин ⁻¹	2600	2100	2100	2600	3200
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	224	238	238	224	228
Передаточные числа Коробка передач Вперед 1 передача 2 передача 3 передача 4 передача 5 передача назад	7,82 4,03 2,5 1,53 1,0 7,38	7,73; 5,50 3,94; 2,8 1,96; 1,39 1,0; 0,71 11,75; 2,99	5,26 2,9 1,52 1,0 0,66 5,48	6,17 3,4 1,79 1,0 0,78 6,69	7,44 4,1 2,29 1,47 1 7,09
Раздаточная коробка высшая передача низшая передача	- -	1,193 -	1,41 2,28	1,3 2,25	1 2,08
Главная передача	7,22	2,67	8,21	8,9	7,339
Задний колесный ре- дуктор	-	3,1	-	-	-
Передний бортовой редуктор	-	2,588	-	-	-
КПД трансмиссии	0,8	0,78	0,78	0,8	0,85

ОБУЧАЮЩИЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ [11]

В разделе предлагается методика выполнения самостоятельных исследований для получения количественных результатов с помощью простых измерительных средств. Дан пример выполнения технической документации на смазку оборудования.

Определение коэффициента трения скольжения

Коэффициент трения покоя $f_{\text{п}}$ можно найти с учетом теории Парана и закона Амонтона (самостоятельно изучите теорию и изложите ей соответствующий вариант способа).

Для определения коэффициента трения скольжения при движении двух контактирующих поверхностей $f_{\text{ск}}$ применим динамический способ (рис. 41), который состоит из стержня 1 из одного испытуемого материала и двух равных по диаметру шкивов 2 и 3 из другого испытуемого материала.

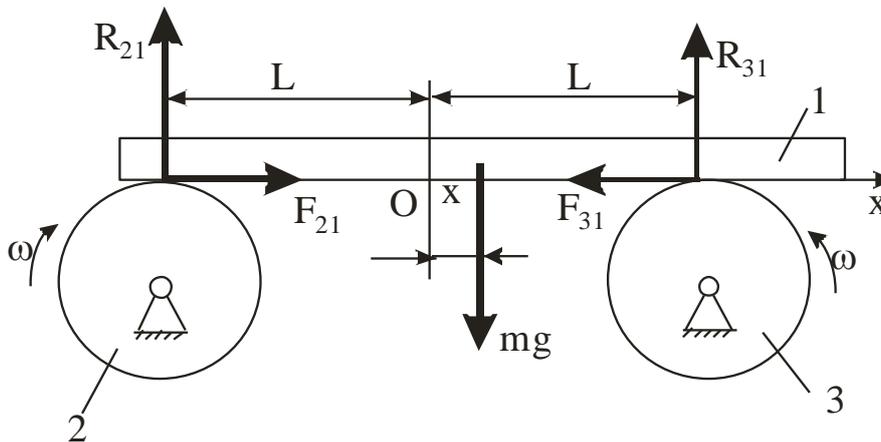


Рис. 41

Шкивы приводятся в движение и вращаются в противоположные стороны с одинаковыми по модулю угловыми скоростями. Сместив на величину x от оси O центр масс стержня 1, получим опорные реакции R_{21} и R_{31} и силы трения F_{21} и F_{31} . В данном случае основное уравнение динамики имеет вид:

$$mx'' = -(F_{31} - F_{21}). \quad (1)$$

Выразим $F_{31} - F_{21}$ через R_{31} и R_{21} .

$$F_{31} - F_{21} = f (R_{31} - R_{21}). \quad (2)$$

Из уравнения моментов сил относительно точки O находим:

$$R_{31} - R_{21} = m g x / L. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (2) и далее в (1), получим :

$$m x'' = -f m g x / L. \quad (4)$$

Перенесем все члены в левую часть и разделим обе части выражения (4) на m , получим дифференциальное уравнение движения стержня 1:

$$x'' = f g x / L, \quad (5)$$

или $x'' = k^2 x,$ (6)

где $k^2 = f g / L.$ (7)

Величина смещения стержня равна

$$x = x_0 \cos kt. \quad (8)$$

Стержень совершает гармонические колебания с амплитудой x_0 .
Период колебаний стержня равен:

$$T = 2\pi / k. \quad (9)$$

Отсюда имеем:

$$k^2 = 4\pi^2 / T^2. \quad (10)$$

Приравняв (9) и (10), находим значение величины коэффициента трения скольжения:

$$f_{ск} = 4\pi^2 l / g T^2, \quad (11)$$

Здесь L имеет размерность в метрах, а $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Алгоритм выполнения работы:

- Сдвинуть стержень в сторону на величину x_0 .
- Измерить расстояние $2L$ между осями шкивов.
- Вращать шкивы.
- Засечь время 20 полных колебаний стержня t_1 .
- Опыт повторить еще два раза, определив t_2 и t_3 .
- Найти среднее значение времени колебаний стержня:

$$t_{cp} = (t_1 + t_2 + t_3) / 3 \text{ (с)}.$$

- Рассчитать период колебаний стержня:

$$T = t_{cp} / 20 \text{ (с)}.$$

- Определить величину коэффициента трения по формуле (11).

Определение вязкости смазочного материала

Вязкость можно найти с помощью стеклянного цилиндрического сосуда, заполненного исследуемой жидкостью, потопляемых в этой жидкости твердых шариков, масштабной линейки, секундомера и микрометра.

На поверхности сосуда (рис. 42) нанесены две горизонтальные метки – верхняя *A* и нижняя *B*. Метки расположены на расстоянии *L* друг от друга. Верхняя метка *A* должна быть ниже поверхности

жидкости на 8...10 см: при прохождении такого расстояния скорость металлического шарика устанавливается, т. е. становится постоянной.

Цилиндрический сосуд закрепляется в вертикальном положении на массивной подставке. Диаметр и плотность шариков выбирают такими, чтобы их движение в данной жидкости после прохождения верхней точки *A* было равномерным.

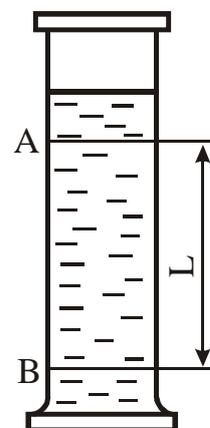


Рис. 42

В начале с помощью микрометра измеряют диаметр шарика *d*, и заносят результат в таблицу. Затем опускают шарик в сосуд с исследуемой жидкостью как можно ближе к оси сосуда. На поверхности шарика не должно быть пузырьков воздуха. Шарик с пузырьками воздуха исключают из рассмотрения. При движении шарика в жидкости с помощью секундомера измеряют время *t* его прохождения между верхней и нижней метками *A* и *B*; заносят *t* в таблицу. Опыт проводят для 10...12 различных шариков.

Масштабной линейкой измеряют расстояние *L* между метками *A* и *B*. Измеренное расстояние *L* вместе с указанными на горизонтальной панели значениями плотности жидкости и материала шарика тоже заносят в таблицу, см., например:

№ опыта	<i>d</i> , мм	<i>t</i> , с	η, Па * с	Δη, Па * с
1				
2				
Ошибка прибора	Δ <i>d</i> =	Δ <i>t</i> =	< η >	< Δη >
<i>L</i> = ... мм	ρ =		ρ' =	

Для определения вязкости жидкости широко применяется метод Стокса, основанный на измерении скорости медленно движущихся в жидкости небольших тел сферической формы.

На шарик, падающий в жидкости вертикально вниз, действуют три силы. Одна из них – сила тяжести, направленная вниз:

$$P = 1,33(3) \pi r^3 \rho g,$$

где ρ – плотность материала шарика радиусом r .

Другая сила – сила Архимеда, направленная вверх:

$$F_A = 1,33(3) \pi r^3 \rho' g,$$

где ρ – плотность жидкости.

Третья сила – сила сопротивления перемещению шарика в жидкости, тоже направленная вверх:

$$F_C = 6\pi r\eta v,$$

где v – скорость перемещения шарика; η – вязкость жидкости.

При равномерном движении шарика сила тяжести

$$P = F_A + F_C$$

или:

$$1,33(3) \pi r^3 \rho g = 1,33(3) \pi r^3 \rho' g + 6\pi r\eta v,$$

откуда

$$\eta = \frac{2(\rho - \rho')gr^2}{9v} = \frac{(\rho - \rho')d^2gt}{18L}.$$

Рассчитывают среднее значение вязкости $\langle \eta \rangle$ и среднюю абсолютную ошибку $\langle \Delta\eta \rangle$.

Относительная ошибка равна $E_\eta = \langle \Delta\eta \rangle / \langle \eta \rangle$.

Расчеты проводят с учетом ошибок микрометра, секундомера и масштабной линейки. Рассчитанную таким образом относительную ошибку сравнивают с E_η , учтя правила округления.

Записывают полученный результат в виде:

$$\eta = (\langle \eta \rangle \pm \Delta\eta) \text{ Па} \cdot \text{с},$$

$$E_\eta = \dots \%$$

Элементы УИРС:
исследование эксплуатационных свойств подшипников

Раздел 1. Ознакомиться с конструкцией подшипников качения, изучить принципы смазки и типы смазочных материалов, применяемые для обеспечения долговечной и надежной работы этих изделий.

Раздел 2. Используя полученные самостоятельным изучением специальной литературы теоретические сведения, а также представленные ниже материалы обосновать свой вариант гидродинамического подшипника скольжения с учетом заданных параметров:

№ п/п	Масло	Нагрузка, кН	$L / d; (d)$, мм	n , об/мин	$[T]$	$[p]$	$[pv]$
1	И	6	1,4; (20)	900	50	3	10
2	М	7	1,6; (60)	700	60	3	10
3	Д	8	1,5; (50)	800	70	3	10
4	И	9	1; (55)	600	80	3	10
5	М	10	1,2; (45)	1000	90	3	10
6	Д	11	1,5; (50)	500	50	3	10
7	И	12	1,4; (55)	1200	60	3	10
8	М	13	1,6; (60)	400	70	3	10
9	Д	14	1,5; (65)	1250	80	3	10
10	И	15	1,2; (70)	1000	90	3	10
11	М	16	1,2; (75)	700	50	3	10
12	Д	17	1,5; (80)	800	60	3	10
13	И	18	1,4; (85)	900	70	3	10
14	М	19	1,3; (90)	600	80	3	10
15	Д	20	0,8; (95)	700	90	3	10
16	И	21	1; (100)	800	50	3	10
17	М	22	1,2; (105)	900	60	3	10
18	Д	5	1,5; (110)	1000	70	3	10
19	И	4	1,4; (115)	800	80	3	10
20	М	10	0,6; (120)	700	90	3	10

Шероховатости поверхностей цапфы и вала назначить самостоятельно из ряда: 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2.

Алгоритм работы:

- Назначить параметры подшипника.
- Определить скорость скольжения.
- Принять относительный зазор.
- Рассчитать нагрузочную способность.
- Проверить режим жидкостной смазки.
- Определить расход масла.

- Проверить тепловой режим.

Примечание: использовать представленные графические материалы с нанесением на них необходимых линий.

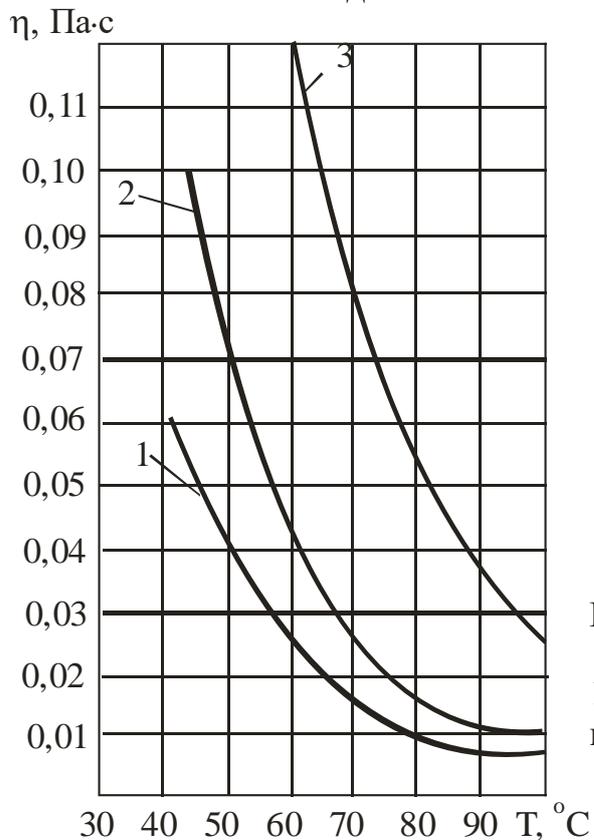


Рис. 43. Влияние температуры на динамическую вязкость масел: 1 - индустриального (И); 2 - моторного (М); 3 - дизельного (Д)

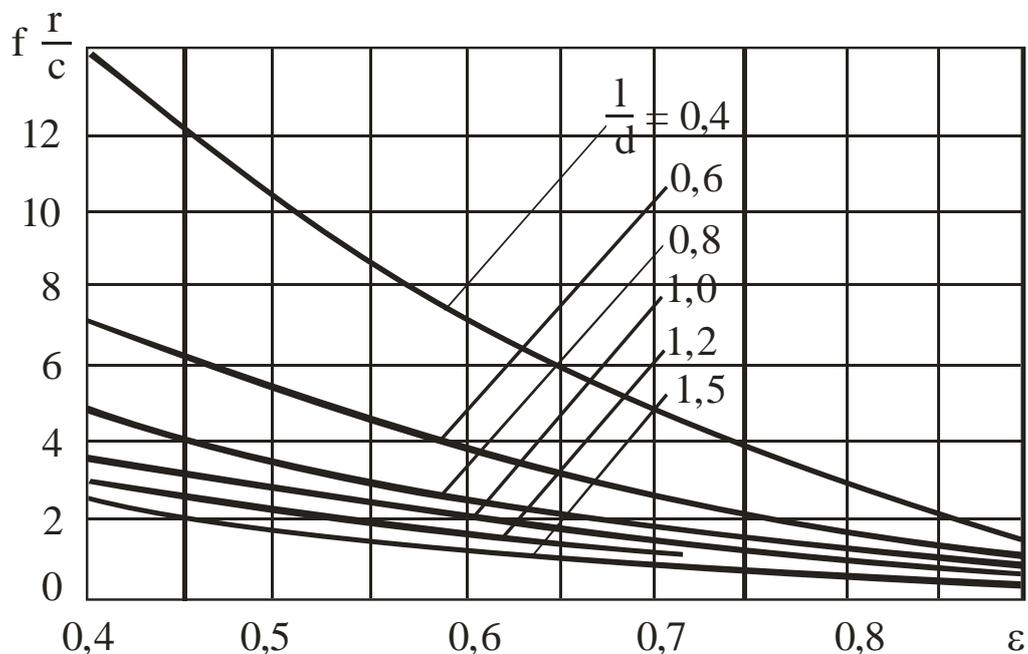


Рис. 44. Зависимость коэффициента трения от эксцентриситета ϵ

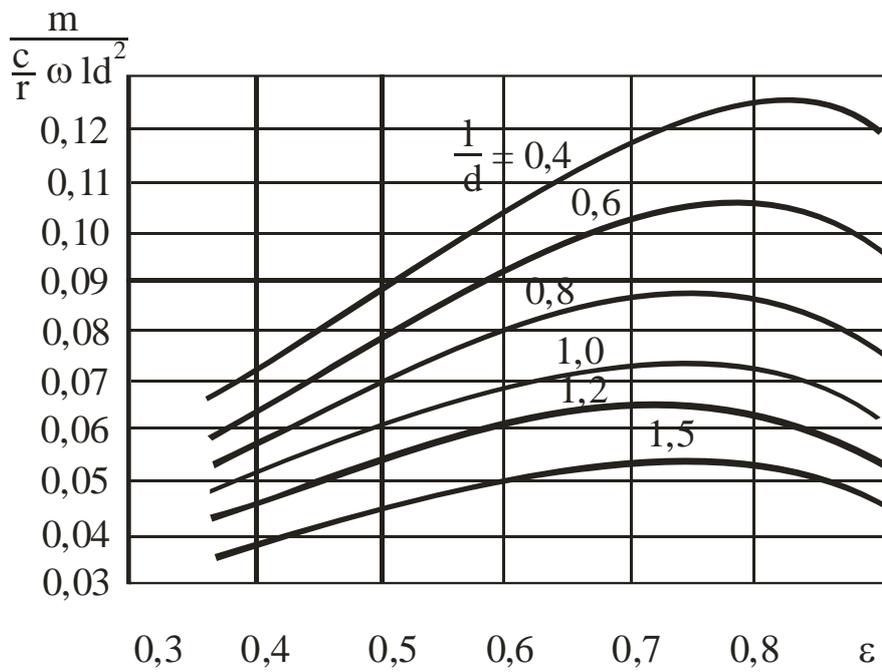


Рис. 45. Зависимость коэффициента нагруженности подшипника от эксцентриситета ϵ

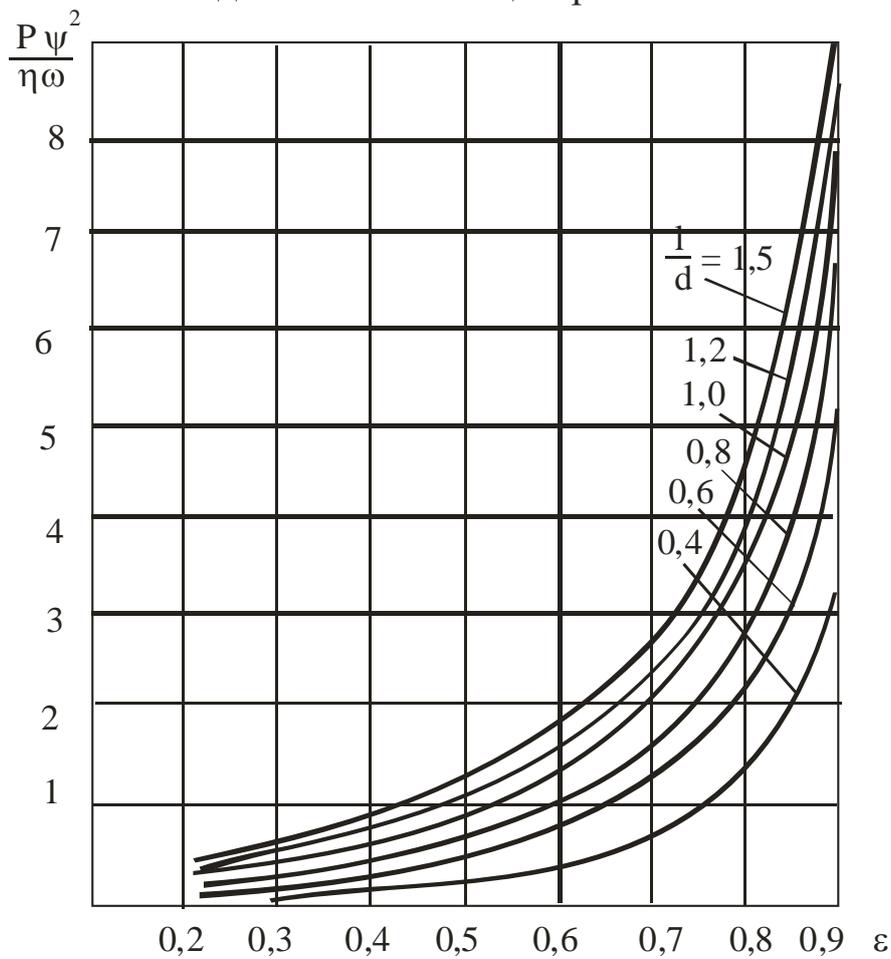


Рис. 46. Влияние температуры на динамическую вязкость масел: 1 - индустриального (И); 2 - моторного (М); 3 - дизельного (Д)

Пример схемы, карты и организации процесса смазки
технологического оборудования

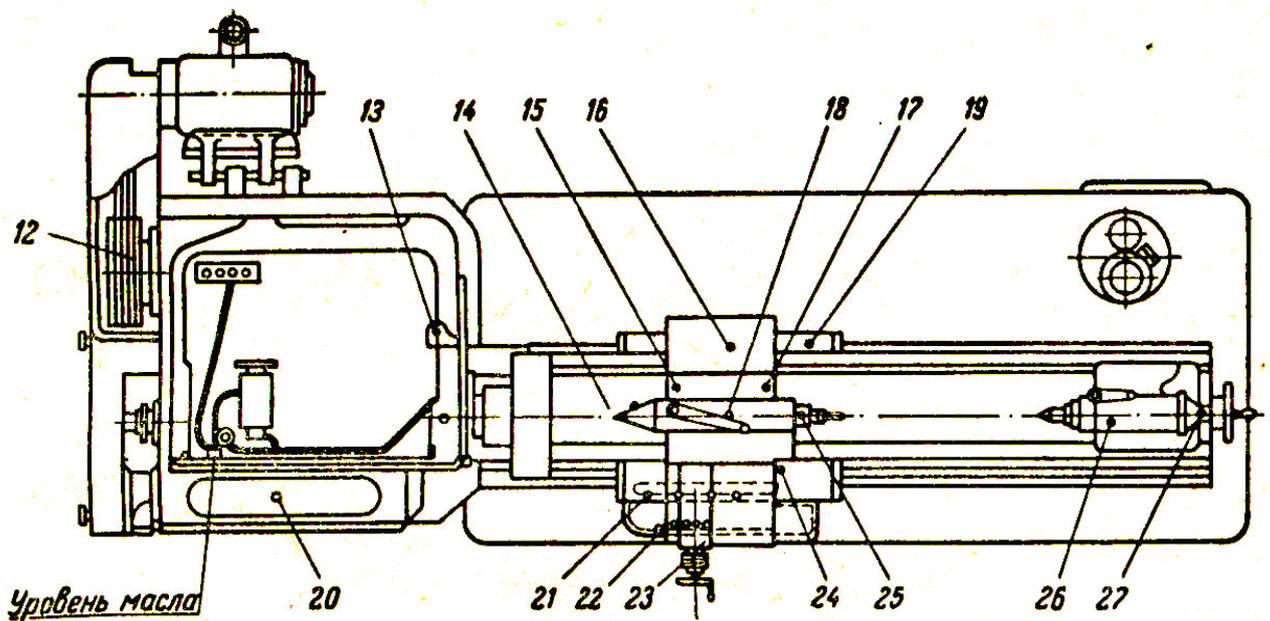
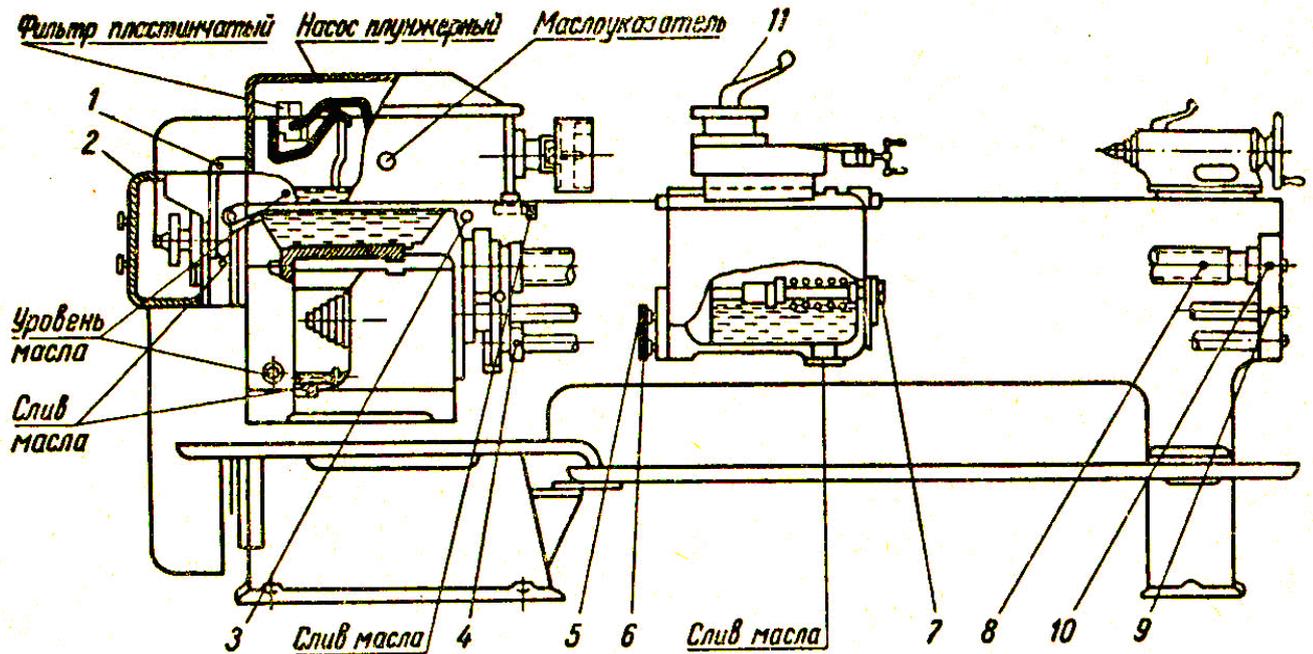


Рис.47. Схема смазки токарно-винторезного станка

Смазка станков исключительно важна. При нерегулярной смазке станки работают на грязной масляной жиже в притир, а то и просто насухо. Если плохо смазываемый станок не вышел преждевременно из строя, то результат небрежного

обращения с ним обнаруживается при очередном плановом ремонте и выражается в непомерно большом износе. Таким образом, недосмотр в смазке приведет к большому объему ремонта станка.

Для обеспечения металлорежущего оборудования регулярной и надежной смазкой необходимо обязательное решение следующих вопросов:

- рациональный подбор смазочных материалов и периодический контроль их качества;
- наличие разработанных и утвержденных карт смазки, отражающих нормы расхода масла, способ и режим смазки;
- знание схем и правил смазки ее исполнителями.

Смазка в металлорежущих станках бывает следующих видов: масляная; газовая; водяная.

Масляная смазка. Основной смазкой металлорежущих станков является масляная смазка (централизованная и точечная). Смазка минеральными (нефтяными) маслами, осуществляемая строго по установленному режиму, хорошо оберегает сопрягающиеся рабочие поверхности деталей и продляет долговечность станков и машин. Благотворное влияние смазки на уменьшение интенсивности изнашивания заключается в следующем. Смазочные материалы в очень тонких слоях под двухсторонним влиянием трущихся поверхностей металлов обнаруживают исключительные фрикционные свойства. Молекулы смазочных материалов в граничных слоях обеспечивают достаточную прочность на сжатие и легкость сдвигов в горизонтальном направлении. При скольжении смазываемых поверхностей образуется небольшой коэффициент трения.

Масляная смазка осуществляется насосами и ручными масленками. При централизованной смазке смазываемые места могут питаться жидкой (капельной) смазкой и смазкой в среде масляного тумана. Смазка масляным туманом применяется для быстровращающихся деталей станков.

Места смазки в каждой модели станка определяются схемой смазки, которую обязан знать станочник, работающий на станке, и слесарь (смазчик), обслуживающий станок. Преимущественной в масляной смазке является централизованная (принудительная) смазка. На централизованную смазку обычно переводится наиболее

7	Ходовой винт	Винт	3	Ручная	Индустриальное масло 30 и 45	Ежедневно
		Опоры ходового винта и вала	4, 8, 9	Фитильная		Один раз в смену
		Подшипник вертикального вала механизма переключения	10	Фитильная		Один раз в неделю
6	Гитара	Резервуар корпуса гитары	8	Разбрызгиванием	Вазелин технический	Как для коробки скоростей
		Подшипник промежуточного колеса		Ручная		Один раз в пять дней
		Подшипник приводного вала		Ручная		Один раз в год
5	Задняя бабка	Пинопль, винт, подшипник	26, 27	Ручная	Индустриальное масло 30 и 45	Один раз в смену
4	Суппорт	Направляющие верхней части суппорта и все скользящие поверхности	11,14, 15,16, 17,18,19,23, 24,25	Ручная		Один раз в смену
3	Фартук	Подающий червяк	7	Масло заливается в корпус фартука через отверстие во фланце		Один раз в смену

		Остальные части механизма фар-тука	21, 22	Фитильная		Один раз в смену
		Подшипники зубчатых колес	5, 6	Ручная	Вазелин технический	Один раз в пять дней
2	Коробка подач	Корпус коробки передач	20	Разбрызгиванием. Имеется резервуар для дополнительной фитильной смазки	Индустриальное масло 30 и 45	Менять масло первый раз через 10 дней работы станка, второй раз через 20 дней, затем каждые 30...45 дней
1	Коробка скоростей	Корпус передней бабки	1	Разбрызгиванием	Индустриальное масло 30 и 45	
		Фрикционная муфта и передний подшипник шпинделя	2	Через маслопровод плунжерного насоса		
		Задний подшипник	12, 13	Фитильная		
№ п/п	Узел	Места смазки	№ схемы	Вид смазки	Смазочный материал	Сроки смазки
КАРТА СМАЗКИ						
Инвентарный №		Наименование		Завод-изготовитель		Тип станка

ответственное, решающее и уникальное оборудование, а также крупногабаритные машины. Централизованная смазка этих видов оборудования обеспечивает им большую надежность в работе.

Для масляной смазки станков применяются нефтяные масла:

Станки	Применяемое масло	Вязкость при 50°, сСт	Температура застывания, °С
Токарные, револьверные, полуавтоматы и автоматы, фрезерные и шлицефрезерные, зубообрабатывающие, горизонтально-расточные, строгальные, долбежные, резьбо- и болтонарезные, резьбонакатные, отрезные и др.	Индустриальное 20, 30, 45	17...23 27...33 38...52	- 20 -15 -10
Сверлильные, заточные	Индустриальное 20, 30,	17...23 27...33	- 20 -15
Токарно-карусельные, трубо- и муфторезные	Индустриальное 45	38...52	-10
Координатные, алмазно-расточные, шлифовальные, хонинговальные, доводочные, отделочные	Индустриальное 12, 20, 30	10...14 17...23 27...33	- 30 - 20 - 15

Для неназванных типов станков марка масла подбирается по однотипному оборудованию. Нормы расхода масла устанавливаются по единой система ППР.

Нефтяные масла должны быть чистыми, бескислотными, не содержать воды и твердых частиц. Марка масла, применяемого в разные периоды года, указывается по каждому типу оборудования в картах смазки или в инструкциях (таблицах) по смазке.

При высоком температурном режиме работы станков, т. е. в летний период, для гидросистемы станков по опыту многих заводов применяется масло с вязкостью 7 сСт. В осенне-зимнее время смазочное масло должно иметь вязкость 3,2 сСт.

Смазка подшипников снижает трение скольжения между телами качения и сепаратором, а также между бортами колец и торцами роликов, ослабляет трение и образование тепла между поверхностями качения, предохраняет эти детали от коррозии. Как уплотняющая масса она защищает подшипник от внешнего загрязнения.

Выбор марки масла зависит от конструкции подшипникового узла, условий работы, степени нагрузки и скорости вращения, а также от рабочей температуры, образующейся в подшипниковом узле.

Системы подачи масла в подшипниковый узел бывают разные. В зави-

симости от конструкции станка, его системы смазки и пространственного расположения смазываемого узла масло может подаваться капельными и фитильными масленками или масляной ванной. Кроме смазки жидкими маслами применяются и консистентные смазки, относящиеся к пластическим коллоидальным системам и состоящие из минерального масла и загустителя.

Консистентные смазки удобны тем, что образуют пластический затвор между валом и корпусом подшипника, обеспечивают значительный срок работы подшипникового узла без замены смазки.

Замена картерного масла в станке, выполняемая периодически и своевременно, обеспечивает его регулярной и надежной смазкой. Нефтяное смазочное масло в результате длительного его пребывания в картере станка обводняется, засмаливается и засоряется механическими примесями. Такое масло ухудшает работу смазываемых механизмов и способствует их быстрому износу. Своевременная замена загрязненного масла предупреждает эти явления.

При работе станков в условиях повышенного температурного режима, в частности в летнее время, нефтяное масло быстро осмоляется и теряет вязкость. Смолы загрязняют картер, забивают сетчатые фильтры, маслопроводы, насосы и другие узлы маслоподающей системы, нарушается правильная циркуляция смазочного масла. Порча смазочного масла в виде смолообразования является повторяющейся реакцией. Поэтому необходим своевременный подлив в емкости станка свежего масла и регулярная его замена по графику. Однако подлив свежего масла лишь уменьшает относительное количество смолы в нем. Замена загрязненного масла на свежее избавляет смазочную систему станка от продуктов осмоления.

Определенные сроки чартерной замены масла в каждом станке установить трудно. Это зависит от степени нагрузки и сменности работы оборудования, времени года, температурного режима работы станков и других факторов. Поэтому в каждом цехе предприятия должен быть свой график картерной замены масла. Картерную замену масла нужно приурочивать по возможности к соответствующему ремонту станка.

Принудительная смазка направляющих, т.е. трущихся поверхностей станков, имеет очень важное значение для снижения их износа. Поэтому на каретках суппортов токарных станков и в соответствующих узлах других станков необходимо устанавливать специальные устройства, которые бы обеспечили принудительную и постоянную смазку направляющих.

Предупреждение утечки масла в металлорежущих станках через стыки корпусных деталей, крышек, фланцев и другие неуплотненные места приносит большой вред. Она приводит к потере и бесхозяйственному расходованию масла, загрязнению оборудования и рабочего места станочника, а главное к порче и преждевременному износу механизмов станка, обедняющихся смазкой в результате утечки. Поэтому во время осмотров и межремонтного обслуживания станков нужно следить за герметичностью масляных емкостей.

Обеспечение станка надежными уплотнителями должно предусматриваться технологией сборки станка в процессе ремонта. Если прокладки из ли-

стовой резины, прорезиненной ткани, полихлорвинила и других материалов не обеспечивают герметичности стыков деталей, нужно применять более надежные уплотнители.

Качественными уплотнителями неподвижных стыков корпусных деталей при температуре стыка до $+50^{\circ}$ является бензоупорная смазка БУ. Она готовится из глицерина и окисленного касторового масла, смешанного с цинковым мылом риценолевой кислоты, которое является загустителем.

Если в контактирующей области температура превышает $+50^{\circ}$, тогда применяется надежный и стойкий в этой среде уплотнитель – тиоколовая смазка.

Газовая и водяная смазки. В промышленном оборудовании применяют подшипники с газовой смазкой. Вместо обычной смазки используется различный газ под давлением, разделяющий поверхности трущихся частей в подшипнике. При газовой смазке подшипники могут работать в условиях разных температур и давлений. Газовая смазка, при которой коэффициент трения значительно уменьшается, повышает долговечность подшипников.

Газовая смазка имеет свои преимущества. Этот метод обеспечивает удовлетворительную смазку даже в тех случаях, когда соприкасающиеся детали машины обработаны с пониженным классом чистоты. Объясняется это тем, что газовая смазка отделяет соприкасающиеся детали, снижая коэффициент трения.

В смазочных системах оборудования встречаются смазки не маслом, а другими жидкостями. Например, подшипники с вкладышами, изготовленными из слоистого пластика лигнофоля, не нуждаются в масляной смазке. Масло здесь заменяется водой, которая значительно снижает коэффициент трения. широкого распространения, хотя он заслуживает внимания.

Смазочный инструмент на рабочих местах. Наличие масленок вблизи рабочих мест станочников имеет большое значение в обеспечении регулярной смазкой работающего оборудования. Помогает хорошо организованное хранение масленок на производственном участке. На некоторых заводах механики цехов устанавливают у опорных колонн шкафы с масленками и бачки с маслом. Рабочий-станочник, не тратя много времени, в нужный момент берет запрошенную маслом масленку и смазывает свой станок. Такая практика помогает ремонтникам улучшать смазку оборудования. Каждый станочник должен знать схему и сроки смазки станка.

Задания для самостоятельного исследования:

- исследовать и подготовить доклады об известных технологических методах обеспечения надёжности узлов трения различного технологического оборудования, грузоподъёмной и транспортной техники;
- исследовать и подготовить доклады об известных конструктивных методах обеспечения надёжности узлов трения различного технологического оборудования, грузоподъёмной и транспортной техники.

Рекомендуемая литература

1. Юртушкин В. Н. Чрезвычайные ситуации. Защита населения и территорий. М.: Кнорус, 2014.
2. Михайлов Л. А. Социальные опасности и защита от них. М.: Академия, 2012.
3. Белов С.В. БЖД и защита окружающей среды. М.: Юрайт, 2013.
4. Никифоров Л. Л.. Безопасность жизнедеятельности. М.: Инфра-М, 2014.
5. Масленникова И. С.. Безопасность жизнедеятельности. М.: Инфра-М, 2014.
6. Микрюков В. Ю. Безопасность жизнедеятельности. М. КноРус, 2013.
7. Каракеян В. И. Безопасность жизнедеятельности. М.: Юрайт, 2014.
8. Вишняков Я. Д. Безопасность жизнедеятельности. М.: Юрайт, 2014
9. Белова, Т.И. Средства и способы радиационной и химической защиты [Текст]/ Т.И. Белова, Ю.Л. Померанцев, С.С. Сухов.-Брянск: РИО БГУ, 2013.-280с.
10. **Титенок, А.В.** Механическое контактное взаимодействие поверхностей деталей машин: монография / Титенок, А.В. – Брянск, ГУП "Брянск. обл. полигр. объединение", 2007. – 72 с.
11. **Титенок, А.В.** Трение и смазка деталей машин / Титенок, А.В. – Брянск: БГТУ, 2009. – 144 с.
11. **Титенок, А.В.** Снижение трибонапряженности транспортирующей и спасательной техники: монография/А.В. Титенок, И.А. Титенок, – Брянск: БГАУ, 2016. – 258 с.
12. **Титенок, А.В.** Развитие инновационной техники для повышения эффективности и безопасности труда: монография/А.В. Титенок. – Брянск: Брянский ГАУ, 2016. – 216 с.

Учебное издание

Титенок Александр Владимирович

Растягаев Владимир Иванович

Белова Татьяна Ивановна

Сухов Сергей Сергеевич

**ПРАКТИКУМ ПО СПЕЦТЕХНИКЕ, РАБОТАЮЩЕЙ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ УСЛОВИЯХ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ**

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 28.06.2018 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л.4,49. Тираж 25 экз. Изд. № 6141.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ