

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

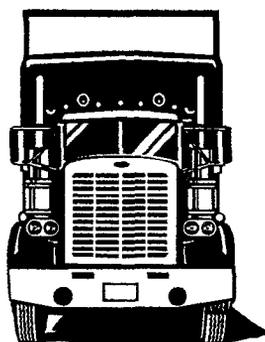
Методические указания

к выполнению курсовой работы и практической работы № 1
по дисциплине

**«Проектирование, расчет и эксплуатация
технологического оборудования»**

для студентов специальности

1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»



Брест 2005

Методические указания к выполнению курсовой работы и практической работы №1 по дисциплине «Проектирование, расчет и эксплуатация технологического оборудования» для студентов специальности 1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» содержат последовательность выполнения курсовой работы, ее содержание, требования к оформлению, а также методику расчета некоторых видов технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей с гидроприводом и рычажными механизмами. Данные методические указания могут использоваться при выполнении конструкторской части дипломного проекта студентов специальности 1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей».

Составитель: С.В. Монтик, зав. кафедрой ТЭА, доцент, к.т.н.

Рецензент: начальник транспортного цеха Брестского электролампового завода В.В. Миньков

КУРСОВАЯ РАБОТА

1. Цели и содержание курсовой работы

Целью курсовой работы является освоение студентами методов и приемов проектирования нового и модернизации существующего технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей, его агрегатов, узлов и деталей, а также основ проектирования и эксплуатации гидравлических, пневматических, механических и электрических установок для технологического оборудования, практическое выполнение эскизной проработки конструкции или технического решения.

В курсовой работе выполняется разработка или модернизация конструкции одного из следующих видов оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей:

- оборудование для выполнения уборочно-моечных работ;
- подъемно-осмотровое и подъемно-транспортное оборудование,
- смазочно-заправочное оборудование,
- оборудование для разборочно-сборочных и ремонтных работ,
- контрольно-диагностическое оборудование,
- шиномонтажное и шиноремонтное оборудование.

Необходимо рассматривать механизированное или автоматизированное оборудование, оснащенное электромеханическим, пневматическим или гидравлическим приводом, рычажными механизмами, редукторами, передачами винт-гайка и т. п.

В расчетно-пояснительной записке приводятся результаты патентного поиска аналогичных конструкций или прототипа с указанием основных направлений усовершенствования или необходимости создания новой конструкции; дается описание разработанной конструкции, ее отличительные особенности; рассчитываются основные параметры, включая расчеты на прочность или точность наиболее ответственных сборочных единиц и деталей; описывается принцип работы, правила эксплуатации, технического обслуживания, указываются требования техники безопасности при эксплуатации данного оборудования.

Расчеты основных параметров отдельных элементов могут включать в себя следующее: кинематический расчет механизмов; расчет приводов (гидравлических, пневматических, электрических и др.) с определением размеров основных элементов, усилий, мощностей; расчет наиболее нагруженных деталей на прочность с изображением схем действующих сил, эпюр изгибающих и крутящих моментов (γ вновь проектируемых конструкций - для определения размеров основных деталей из условий прочности, а при использовании существующих конструкций - для проверочного расчета); расчет размерных цепей, определяющих основную суммарную точность конструкции (по заданию руководителя); расчет и выбор посадок, допусков и отклонений для отдельных сопряжений деталей конструкции.

Объем графической части курсовой работы составляет 3 листа формата А1, содержание которых определяется заданием и согласуется с руководителем. Это могут быть: чертежи общего вида конструкции, как правило, в двух и более проекциях; изображение сборочных единиц с необходимыми видами, разрезами и сечениями; чертежи кинематических, гидравлических, пневматических или комбинированных схем; иллюстрация патентного поиска или анализа конструкций; рабочие чертежи деталей, если на них акцентируется внимание (оригинальность, расчет на прочность и т. п.).

2. Тематика и структура курсовой работы

Тематика курсовой работы выбирается исходя из материалов, собранных студентом во время практики. Это может быть разработка комплекта узлов или модернизация технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей, а также разработка или модернизация технологической оснастки (установочного приспособления) для восстановления или ремонта деталей или узлов автомобиля. Прототипы технологического оборудования могут быть взяты из [8].

Расчетно-пояснительная записка включает:

Титульный лист (см. приложение А)

Задание на проектирование (см. приложение Б)

Реферат (см. приложение В)

Содержание (см. приложение Г)

Введение

1. Назначение разрабатываемого или модернизируемого оборудования. Анализ возможных вариантов конструкции и выбор направления модернизации (или оптимального варианта конструкции).
2. Описание конструкции и принципа действия разрабатываемого или модернизируемого оборудования, расчет и обоснование технических характеристик.
3. Проектирование и расчет силовых механизмов и привода разрабатываемого или модернизируемого узла.
4. Расчет наиболее нагруженных элементов конструкции на прочность.
5. Правила эксплуатации и техника безопасности при работе на данном оборудовании, его техническое обслуживание.

Заключение

Список использованных источников

Приложение (спецификации к чертежу общего вида, сборочному чертежу, кинематическим, гидравлическим и др. схемам)

Графическая часть курсовой работы включает 3 листа (листы формата А1):

1. Общий вид конструкции – 1 лист,
2. Сборочный чертеж разрабатываемого узла – 1 лист.
3. Рабочие чертежи разработанных деталей узла; кинематические, гидравлические, пневматические, расчетные или функциональные схемы, расчетные графики результатов патентного поиска – 1 лист.

Пример задания на курсовую работу приводится в приложении А.

3. Краткое содержание разделов расчетно-пояснительной записки

Реферат

Пример оформления реферата дан в приложении Б.

Содержание

Указываются основные разделы расчетно-пояснительной записки, включая введение и заключение, с номерами листов (см. рисунок Г.1).

Введение

Указывается цель выполнения курсовой работы, решаемые задачи, рассматриваемые вопросы и проводимые расчеты.

1. Назначение разрабатываемого или модернизируемого оборудования. Анализ возможных вариантов конструкции и выбор направления модернизации (или оптимального варианта конструкции)

Рассматривается назначение разрабатываемого или модернизируемого оборудования, выполняется анализ и описание аналогов, их схемы. Выбирается прототип оборудования, дается его описание и критика недостатков. Могут приводиться результаты патентного поиска аналогичных конструкций или прототипа с указанием основных направлений усовершенствования или необходимости создания новой конструкции. Определяются варианты устранения недостатков, направления модернизации, выбирается оптимальный вариант конструкции.

2. Описание конструкции и принципа действия разрабатываемого или модернизируемого оборудования, расчет и обоснование технических характеристик

Дается описание конструкции и принципа действия разрабатываемого или модернизируемого оборудования, приводится его функциональная и конструктивная схема, выполняется расчет и обоснование технических характеристик.

3. Проектирование и расчет силовых механизмов и привода разрабатываемого или модернизируемого узла

Выполняется кинематический расчет механизмов; расчет приводов (гидравлических, пневматических, электрических и др.) с определением размеров основных элементов, усилий, мощностей. Составляется расчетная схема (или кинематическая схема, пневматическая, гидравлическая схемы) механизма с указанием размеров, чисел зубьев и других параметров механизмов, указываются силы и моменты, действующие на механизм. Выполняются требуемые расчеты на прочность, жесткость, долговечность. Расчеты проводятся по методике, изложенной в [1, 2, 6, 7, 15, 17, 18, 20,21,22, 26].

4. Расчет наиболее нагруженных элементов конструкции на прочность

Проводится выбор наиболее нагруженных элементов конструкции, выбирается их материал, термообработка, приводятся механические свойства. Расчет наиболее нагруженных элементов конструкции на прочность проводится по методике, изложенной в [1, 2, 4, 15, 20, 21, 22, 26], при этом возможно выполнение как проверочного расчета для выбранного элемента, так и проектного расчета для определения размеров элемента конструкции.

5. Правила эксплуатации и техника безопасности при работе на данном оборудовании, его техническое обслуживание

Описываются правила эксплуатации данного технологического оборудования, его техническое обслуживание, правила техники безопасности при работе на нем. Правила техники безопасности, правила эксплуатации, вопросы технического обслуживания рассматриваются в руководстве по эксплуатации или техническом паспорте оборудования – прототипа или в другой литературе [1, 9, 14, 16, 17, 19, 21].

Заключение

В заключении указываются рассмотренные вопросы и полученные результаты.

4. Оформление курсовой работы

Курсовая работа выполняется на листах бумаги формата А4 и оформляется в соответствии со стандартом СТ БГТУ 01 – 2002 «Стандарт университета. Оформление материалов курсовых, дипломных проектов и работ, отчетов по практике. Общие требования и правила оформления». Объем курсовой работы составляет 40-45 листов.

В расчетно-пояснительной записке на листе с содержанием - рамка 40 мм для текстовых документов, на остальных листах, включая лист с рефератом – рамка 15 мм. Размеры рамки для содержания и его разделы даны в приложении Г. Каждый раздел начинается с нового листа. Формулы, рисунки и таблицы нумеруются по разделам, например, формула (3.1) – первая формула в третьем разделе. Пример обозначения рисунка:

Рисунок 1.1 – Кинематическая схема привода.

Название таблицы записывается, начиная с левого края листа, например:

Таблица 1.1 – Технические характеристики стенда

На содержании должны быть указаны номера листов: 1 лист - титульный лист; 2 лист - задание; 3 лист – реферат, 4 лист - содержание и т. д.

При выполнении чертежей разрабатываемых (модернизируемых) узлов следует соблюдать общие положения и правила выполнения чертежей «Единой системы конструкторской документации» [12]. Чертежи необходимо выполнять в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68, ГОСТ 2.307 – 68, ГОСТ 2.304 – 81. Общие требования к текстовым документам определяются ГОСТ 2.105 – 79, ГОСТ 2.106 – 68, к спецификациям – ГОСТ 2.108 – 68.

Обозначение расчетно-пояснительной записки и чертежей

КР. ПРЭТО.00.00.000 ПЗ - пояснительная записка.

КР. ПРЭТО.00.00.000 ВО - чертеж общего вида разрабатываемого или модернизируемого стенда или установки.

На чертеж общего вида оборудования составляется спецификация с указанием основных узлов и агрегатов оборудования.

КР. ПРЭТО.01.00.000 СБ - сборочный чертеж разрабатываемого или модернизируемого узла, 01 – позиция этого узла на чертеже общего вида (в данном случае 1 позиция).

На сборочный чертеж составляется спецификация:

КР. ПРЭТО.01.01.000

КР. ПРЭТО.01.02.000 - обозначения сборочных единиц в спецификации к сборочному чертежу узла.

КР. ПРЭТО.01.00.001

КР. ПРЭТО.01.00.002 - обозначения деталей в спецификации к сборочному чертежу узла.

КР. ПРЭТО.00.00.000 К6 – кинематическая схема (6 - общая).

КР. ПРЭТО.00.00.000 ГЗ - гидравлическая схема (3 - принципиальная).

КР. ПРЭТО.00.00.000 ПЗ – пневматическая схема (3 - принципиальная).

Календарный график работы над курсовой работой с указанием сроков и трудоемкости выполнения отдельных разделов

<i>Наименование раздела выполняемой работы</i>	<i>Сроки выполнения</i>	<i>Трудоемкость, в процентах</i>
Раздел 1	до 23 февраля	10
Раздел 2	до 9 марта	10
Раздел 3	до 28 марта	20
Раздел 4	до 11 апреля	10
Раздел 5	до 18 апреля	10
Выполнение чертежей	до 10 мая	30
Оформление расчетно-пояснительной записки	до 25 мая	10

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Проектирование и расчет технологического оборудования с гидроприводом и рычажными механизмами.

Цель: Изучить методику проектирования и выполнить расчет технологического оборудования с гидроприводом и рычажными механизмами на примере кантователя автомобилей.

Задание

Выполнить разработку конструкции и расчет кантователя автомобилей.

Пример расчета

Исходные данные

Модель автомобиля	ГАЗ-3102 «Волга»
Масса автомобиля	1450 кг
Габаритные размеры автомобиля, мм:	
- длина L	4960
- ширина B	1820
- высота H	1476
- база Б	2800
Время поворота автомобиля кантователем	15 с

Прототип оборудования: кантователь автомобилей мод. $\frac{HЭ - 6811}{30A}$

Порядок расчета

1. Описание конструкции и принципа действия прототипа, его техническая характеристика

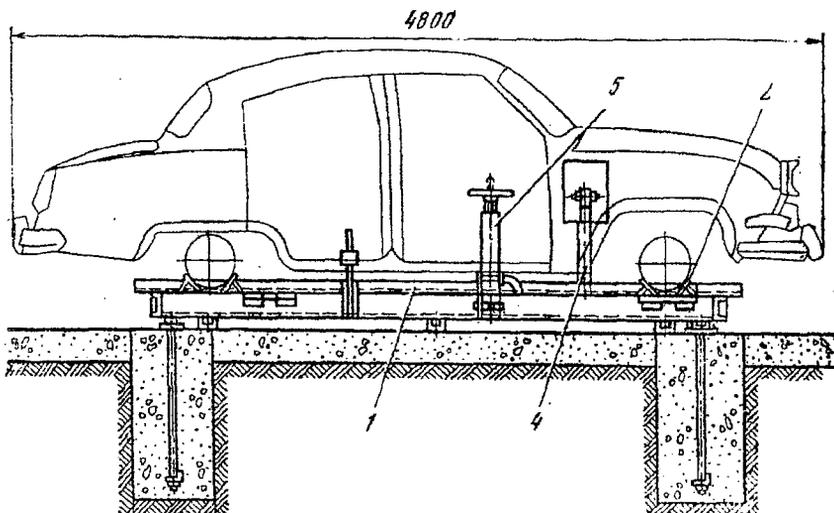
Кантователь мод. $\frac{HЭ - 6811}{30A}$ предназначен для переворачивания автомобилей «Волга»

ГАЗ 24 и «Москвич-412» вокруг продольной оси на 90° при демонтаже агрегатов. Сварная поворотная рама кантователя (рисунок 1) имеет две опоры 2, удерживающие автомобиль при повороте. Гидроцилиндр 3 с насосной установкой служит для привода поворота рамы. Автомобиль со снятыми колесами и тормозными барабанами ставится на специальные подставки 4 рамы и фиксируется упорами 5.

Техническая характеристики прототипа

Тип кантователя	стационарный, напольный
Угол поворота рамы, градусы	90
Привод	электрогидравлический
Усилие на штоке гидроцилиндра, Н	52000
Время поворота рамы, с.	16,5
Габаритные размеры рабочей зоны с установленным автомобилем, мм	4800x5000x2100
Масса, кг	800

В соответствии с заданием необходимо выполнить разработку конструкции и расчет кантователя для автомобиля ГАЗ-3102 «Волга», поэтому технические характеристики разрабатываемого кантователя будут отличаться от прототипа. Исходя из габаритных размеров и массы автомобиля, определяются размеры поворотной рамы и размеры гидроцилиндра, выбирается используемый насос.



Баз на раму

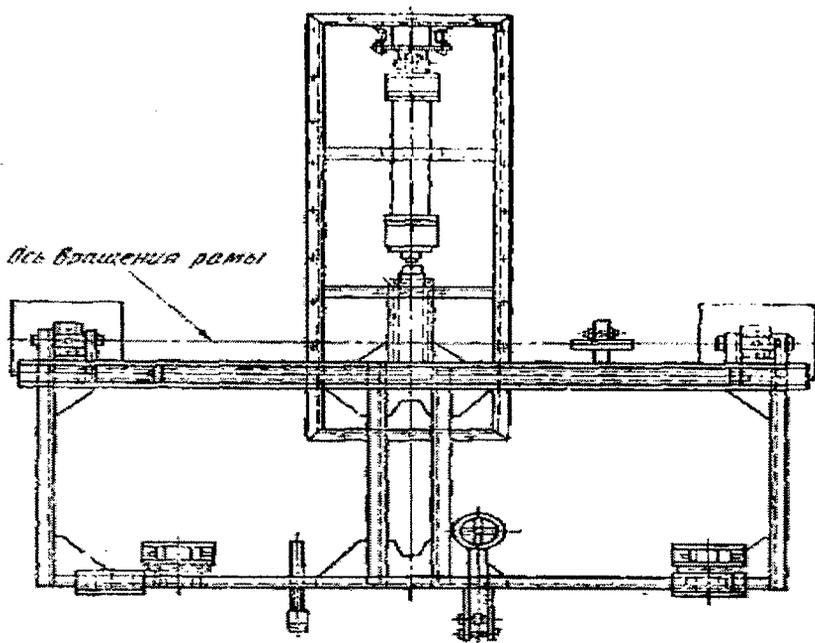


Рисунок 1- Кантователь автомобилей мод. НЭ-6811
30А

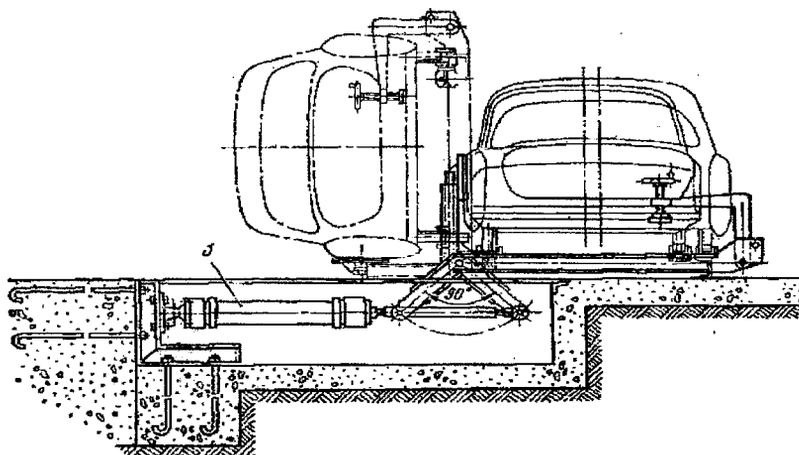


Рисунок 2 - Кантователь автомобилей мод. НЭ-6811/30А (разрез)

2. Проектирование и расчет гидропривода и силовых механизмов

2.1. Определение требуемого усилия на штоке гидроцилиндра

Для требуемого усилия на штоке гидроцилиндра составляем расчетную схему (рисунок 3).

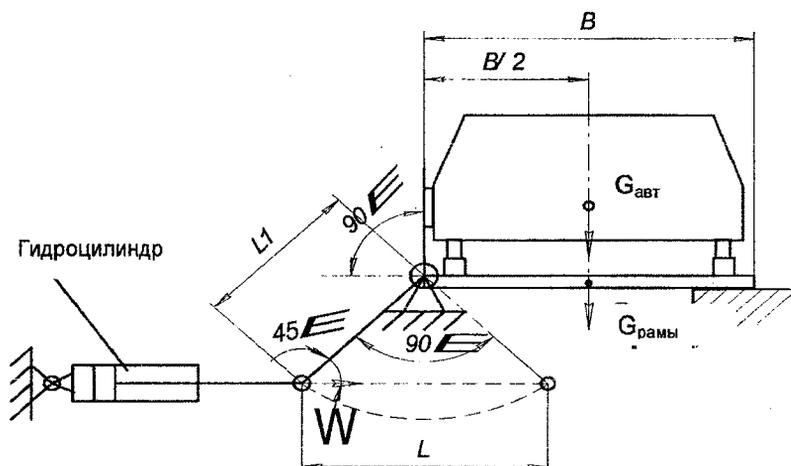


Рисунок 3 - Расчетная схема (W – усилие на штоке гидроцилиндра, $G_{авт}$ – вес автомобиля, $G_{рамы}$ – вес поворотной рамы, B – ширина рамы, L_1 – рычаг рамы, L – ход штока гидроцилиндра)

Размеры рамы B и L_1 можно определить по рисунку кантователя - прототипа с учетом масштаба. За ширину рамы B можно принять ширину автомобиля, для которого предназначен кантователь. Массу рамы определяют исходя из ее размеров по чертежу кантователя, применяемых размеров швеллера, используемого для изготовления рамы, и его массы. Длину рамы L рамы определяют также по чертежу кантователя, ориентировочно длину можно определить по формуле

$L_{рамы} = B + 1000 \text{ мм}$, где B – база автомобиля.

Для заданных исходных данных получаем

$$m_{\text{АВТОМОБИЛЯ}} = 1450 \text{ кг}, m_{\text{РАМЫ}} = 500 \text{ кг}, L1 = 500 \text{ мм}, B = 1820 \text{ мм}$$

Из условия равновесия получаем

$$(G_{\text{АВТОМ}} + G_{\text{РАМЫ}}) \cdot B/2 = W \cdot L1 \cdot \sin 45^\circ$$

Далее находим усилие на штоке гидроцилиндра W с учетом КПД рычажного механизма

$$W = \frac{(G_{\text{АВТОМ}} + G_{\text{РАМЫ}}) \cdot B/2}{L1 \cdot \eta \cdot \sin 45^\circ}$$

где $\eta = 0,85 \dots 0,95$ - КПД рычажного механизма; $G_{\text{АВТОМ}} = m_{\text{АВТОМ}} \cdot g$ - вес автомобиля, Н; $G_{\text{РАМЫ}} = m_{\text{РАМЫ}} \cdot g$ - вес рамы, Н; $g = 9,8 \text{ М/с}^2$. Получаем усилие на штоке гидроцилиндра $W = 48,1 \text{ кН}$.

2.2. Расчет гидропривода

В кантователе используется гидропривод. Гидропривод (рисунок 4, 5) обычно состоит из гидравлической станции (рисунок 4) (включает гидробак 1, электродвигатель 2, насос 3, манометр 4, фильтр 5, обратный клапан 6 и предохранительный клапан 7; слив рабочей жидкости от гидравлического цилиндра 8 осуществляется через теплообменник 9), а также аппаратуры управления и регулирования, гидроцилиндра и трубопроводов.

Преимуществом гидравлического привода является возможность получения больших усилий при малых его размерах и бесступенчатого регулирования усилий зажима и скоростей перемещения. К недостаткам относятся утечки жидкости, ухудшающие характеристики работы гидропривода, изменение свойств рабочей жидкости в зависимости от температуры, приводящее к изменению характеристики работы, довольно высокая стоимость, необходимость квалифицированного обслуживания.

Оптимальным при применении гидропривода считается давление в пределах 5...10 МПа, однако в последнее время применяется и более высокое — до 16...20 МПа. Рабочие скорости составляют от 0,01 до 1 м/с.

Гидростанция

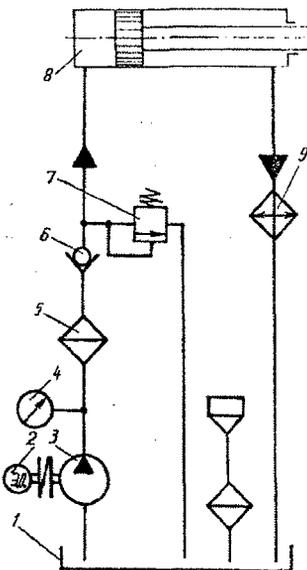


Рисунок 4 - Схема гидростанции

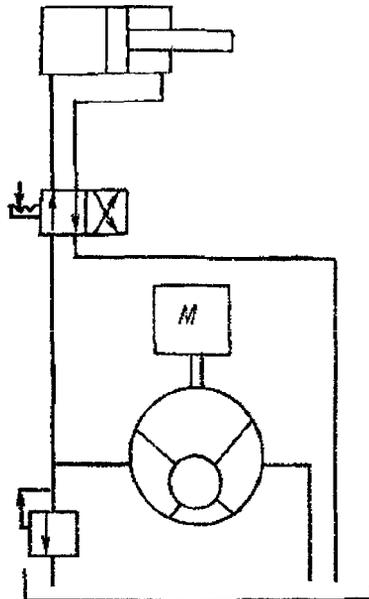


Рисунок 5 - Схема гидравлического привода

2.2.1. Выбор и обоснование номинального давления в гидросистеме [28]

По давлению различают гидроприводы низкого (до 1,6 МПа), среднего (1,6-6,3 МПа) и высокого (6,3-20 МПа) давлений.

Приводы среднего давления мощностью до 20 кВт применяются наиболее часто. Они обеспечивают высокую жесткость оборудования; их преимущество - возможность использования дешевых пластинчатых и шестеренных насосов.

Исходя из условий эксплуатации, назначения и возможностей комплектования гидропривода выпускаемыми гидродвигателями, выбирают номинальное давление $p_{ном}$ в его напорной линии. Последнее выбирается по ГОСТ 12445-80 из следующего ряда (МПа): ... 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25, 32, 40, 50... Необходимо иметь в виду, что с увеличением давления уменьшается масса и стоимость гидрооборудования. Но одновременно повышаются требования к точности изготовления деталей, к чистоте и качеству рабочей жидкости. При малой нагрузке на штоке не следует применять чрезмерно высокое давление, так как внутренний диаметр гидроцилиндра окажется малым, что очень ограничивает выбор гидроцилиндров.

Учитывая, что потери давления могут достигать 10% от номинального давления, определяют максимальное давление в гидродвигателях, равное $(0,8...0,9) p_{ном}$.

2.2.2. Определение параметров гидроцилиндра

При расчете гидроцилиндра должны быть заданы значения требуемого усилия Q или диаметра цилиндра D и длина хода поршня L , которые определяют основные конструктивные параметры. Для обеспечения плавной работы гидроцилиндра следует назначать рабочую скорость v в пределах 0,01... 1 м/с. В необходимых случаях устанавливается время рабочего или холостого хода t . Следует, однако, учитывать, что при рабочих скоростях выше 0,1 м/с для безударной работы гидроцилиндра в конце хода желательно предусматривать торможение.

Основные расчетные параметры гидроцилиндров приведены в таблицах 1, 2.

Применяемые гидроцилиндры подразделяются:

а) по направлению действия рабочей среды на цилиндры одностороннего действия, у которых движение выходного звена под воздействием рабочей среды возможно только в одном направлении, и двустороннего действия, у которых движение возможно в двух взаимно противоположных направлениях;

б) по конструкции рабочей камеры на поршневые цилиндры, у которых рабочие камеры образованы рабочими поверхностями корпуса и поршня со штоком (односторонним или двусторонним), и плунжерные, у которых рабочая камера образована рабочими поверхностями корпуса и плунжера.

Таблица 1 – Расчет параметров гидроцилиндра. Исходные данные: W или D , t или v , L , p [1]

Параметр	Единица измерения	Расчетная формула
Площадь поршня	см ²	$F_1 = 0.01 * 0.785 D^2$
Площадь штоковой полости	см ²	$F_2 = 0.01 * 0.785 (D^2 - d^2)$
Усилие толкающее	Н	$Q_1 = 100 F_1 p \eta$
Усилие тянущее	Н	$Q_2 = 100 F_2 p \eta$
Диаметр цилиндра	мм	$D = 1.13 \sqrt{Q_1 / p \eta} = 1.27 \sqrt{Q_2 / p \eta} - d^2$
Скорость движения поршня (рабочий или холостой ход)	м/с	$v = L / 1000 t$
Время движения поршня (рабочий или холостой ход)	с	$t = L / 1000 v$
Расход жидкости за ход (рабочий или холостой)	л/мин	$V = 6 F v$
Внутренний диаметр трубопровода	мм	$d_T = 4,6 \sqrt{V / \omega}$

Примечание. Буквы в формулах обозначают: D — диаметр цилиндра, мм; d — диаметр штока, мм; L — ход поршня, мм; p — давление жидкости в гидросистеме, МПа; η — механический КПД гидроцилиндра ($\eta = 0,9...0,46$); ω — скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с.

Таблица 2 – Основные параметры гидроцилиндров

Цилиндр		Шток			Резьба отверстий для подвода жидкости
Диаметр, мм	Посадка поршня	Диаметр, мм	Посадка штока	Резьба на штоке	
40	H8/f7	22	H8/f9	M12	M14 x 1,5
50	H8/f7	25	H8/f9	M16	M14 x 1,5
63	H8/f7	32	H8/f7	M20	M14 x 1,5
80	H8/f7	36	H8/f7	M24	M16 x 1,5
100	H8/g6	45	H8/f7	M30	M16 x 1,5

Примеры некоторых конструкций серийно выпускаемых гидроцилиндров даны на рисунках 6, 7 [17].

Основные параметры цилиндров регламентируются ГОСТ 6540—68.

Установлены следующие ряды (в скобках приведены значения дополнительного ряда):

номинальных давлений $p_{ном}$ (МПа): 2,5; 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63;

диаметров поршня D (мм): 10; 12; 16; 20; 25; 32; (36); 40; (45); 50; (56); 63; (70); 80; (90); 100; (110); 125; (140); 160; (180); 200; (220); 250; (280); 320; (360); 400; (450); 500; (560); 630; (710); 800; (900);

диаметров штока d (мм): 4; 5; 6; 8; 10; 12; (14); 16; (18); 20; (22); 25; (28); 32; (36); 40; (45); 50; (56); 63; (70); 80; (90); 100; (110); 125; (140); 160; (180); 200; (220); 250; (280); 320; (360); 400; (450); 500; (560); 630; (710); 800; (900);

хода поршня (плунжера) s (мм): 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25-32; 40; 50; (56); 63; (70); 80; (90); 100; (110); 125; (140); 160; (180); 200; (220); 250; (280); 320; (360); 400; (450); 500; (560); 630; (710); 800; (900); 1000; (1120); 1250; (1400); 1600; (1800); 2000; (2240); 2500; (2800); (3000); 3150; (3350); (3550); (3750); 4000; (4250); (4500); (4750); 5000; (5300); (5600); (6000); 6300; (6700); (7100); (7500); 8000; (8500); (9000); (9500).

Принимаем давление жидкости $p=6,3$ МПа и, приравнявая требуемое усилие на штоке гидроцилиндра W толкающему усилию Q_1 , т. е. $W = Q_1 = 48,1$ кН, определяем диаметр гидроцилиндра D. Для примера D = 116,8 мм. Из стандартного ряда (см. выше) принимаем D = 125 мм.

Диаметр штока d определяем конструктивно из соотношения $d/D = 0,2...0,7$. С учетом стандартных значений принимаем d = 56 мм.

Определяем площадь поршня F_1 и площадь штоковой полости F_2 . Для примера $F_1 = 122,7$ см², $F_2 = 98$ см².

Определяем толкающее Q_1 и тянущее усилия Q_2 , развиваемые гидроцилиндром. Для примера $Q_1 = 55,2$ кН, $Q_2 = 44$ кН.

Определяем толщину доньшка гидроцилиндра. Для плоского доньшка

$$b \approx 0,405D \sqrt{p/[\sigma_p]}, \text{ мм,}$$

где $[\sigma_p] = 110...120$ МПа – допустимое напряжение растяжения для углеродистой стали. Для примера $b = 10,3$ мм, принимаем $b=11$ мм.

Определяем толщину стенки гидроцилиндра, мм:

$$s \geq \frac{pD}{2[\sigma_p]}.$$

Для примера S = 2,6 мм, принимаем S=3 мм.

Выполняем расчет гидроцилиндра на прочность, для этого находим напряжение растяжения на внутренней поверхности стенки цилиндра

$$\sigma_p = \frac{1,3D_{нар}^2 + 0,4D^2}{(D_{нар}^2 - D^2)} \cdot 10^2 p \leq [\sigma_p],$$

где $D_{нар}$ – наружный диаметр гидроцилиндра, $D_{нар} = D + 2 \cdot s$, мм; D – внутренний диаметра гидроцилиндра, мм; p – давление жидкости, МПа. Для примера $\sigma_p = 0,93 \text{ МПа} \leq [\sigma_p] = 110...120 \text{ МПа}$.

Определяем скорость v движения поршня за рабочий ход (см. таблица 1). Время рабочего хода (время поворота рамы) задано $t = 15$ с. Ход поршня L определим по рисунку 3:

$$L = 2L_1 \cdot \cos 45^\circ. \text{ Для примера } L = 707 \text{ мм.}$$

Тогда скорость рабочего хода $v = 0.051$ м/с. Рекомендуемое значение скорости составляет 0,01... 1 м/с.

Длину хода поршня гидроцилиндра в зависимости от прочности штока рекомендуется принимать равной не более 10 диаметров цилиндра. Длина цилиндра при этом с учетом технологии изготовления определяется отношением $L/D < 20$. Для примера данные условия выполняются.

Определяем расход V жидкости за рабочий ход (по таблице 1). Для примера $V = 37,5$ л/мин.

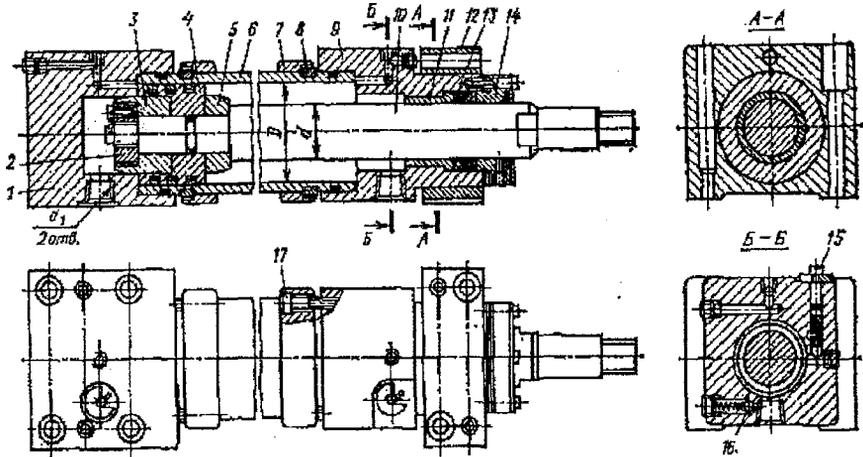


Рисунок 6 – Конструкция гидроцилиндра с односторонним штоком по ОСТ2 Г21-1 – 73 [17]: гильза 6; крышки 1,9; поршень 4; шток 10; разрезная гайка 2; тормозные втулки 3,5; фланец 7; полукольцо 8; втулка 11; передняя опора 12; крышка 14; дроссель 15; обратные клапаны 16; винты 17.

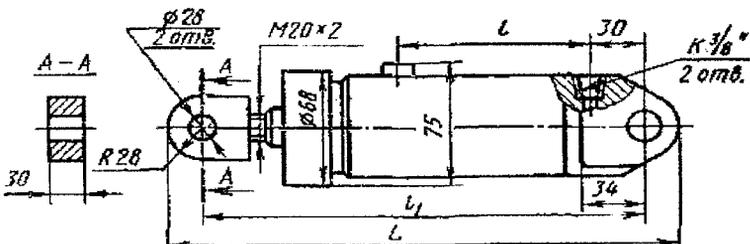
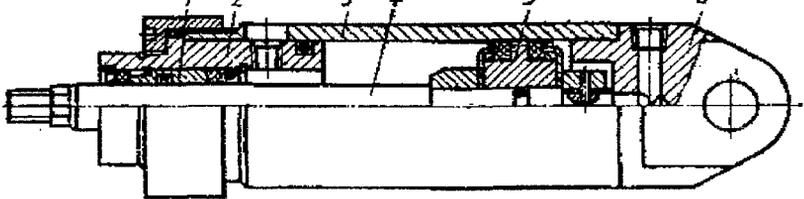


Рисунок 7 – Конструкция гидроцилиндра типа ГЦ по ТУ2 – 053-1625-82Е [17]: гильза 3; шток 4; поршень 5; крышки 2 и 6; направляющие втулки 1.

2.2.3. Регулирование скорости движения гидропривода

Регулирование скорости движения гидропривода осуществляется за счет изменения количества жидкости, поступающей в гидроцилиндр. Количество подаваемой в гидроцилиндр жидкости обычно регулируют изменением производительности насоса или сопротивления при постоянном давлении участка трубопровода, по которому течет жидкость. Первый способ регулирования называют объемным, второй — дроссельным. Каждый из этих способов может быть осуществлен: изменением количества жидкости, подводимой к силовому органу (на входе) или выходящей из него (на выходе). **Объемное регулирование** на выходе почти не нашло широкого применения из-за сложности и сравнительно высокой стоимости. Оно применяется в тех случаях, когда требуется сохранить наибольшее усилие гидропривода (большой мощности). При **дроссельном регулировании** мощность, потребляемая насосом, остается постоянной, а скорость движения силового органа меняется в зависимости от величины сопротивления дросселя. Часть масла бесполезно протекает через переливной клапан (предохранительный) в бак. Дроссельное регулирование основано на изменении величины потерь. При уменьшении пропускной способности силового органа с неизменным расходом насоса возрастает срамливаемый избыток масла в бак, и поэтому растут потери. При увеличении пропускной способности силового органа, наоборот, эти потери уменьшаются. Поэтому дроссельное регулирование применяется при малых мощностях.

Принципиальные схемы простого дросселирования при использовании насосов постоянной производительности (рисунок 8) не обеспечивают постоянства скорости при изменении нагрузки, поэтому их используют только в гидросистемах, работающих при малоизменяющихся нагрузках.

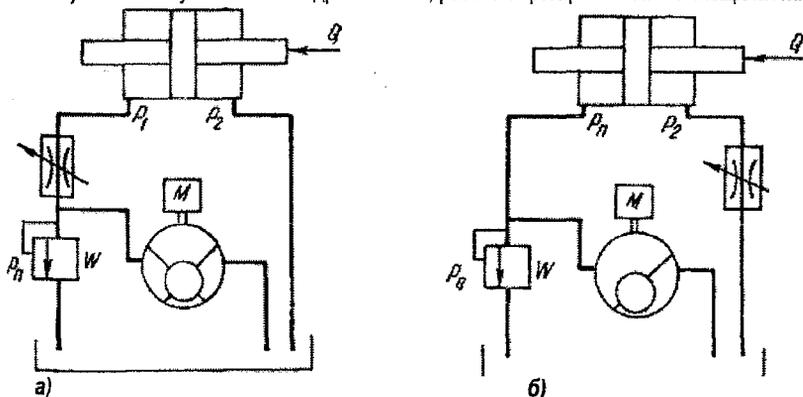


Рисунок 8 - Схемы регулирования скорости движения гидроцилиндра:

а — простым дросселированием на входе; б — простым дросселированием на выходе

2.2.4. Определение внутреннего диаметра трубопровода для гидропривода.

Для гидросистем, работающих при давлении до 10 МПа, используются стальные бесшовные холоднотянутые и горячекатаные трубы по ГОСТ 8733—87 и ГОСТ 8731—87 (таблица 3).

Холоднотянутые трубы применяют для трубопроводов с наружным диаметром до 30 мм, горячекатаные — 30 мм. Материал труб — сталь марок 10 и 20. Радиусы изгиба стальных бесшовных, медных и латунных труб должны быть не менее $(2,5...2,75)d_n$, где d_n — наружный диаметр трубы. Внутренний диаметр трубопровода может быть определен по формуле

$$d_b = 4,6\sqrt{V\omega},$$

где V — количество масла, протекающего по трубопроводу, л/мин (определяется в п. 2.2.7); ω — скорость движения масла в трубопроводе, м/с; принимают $\omega = 4$ м/с при $p = 2...6,3$ МПа; $\omega = 5$ м/с при $p = 6,3...10$ МПа; $\omega = 6$ м/с при $p = 10...20$ МПа; для всасывающих трубопроводов $\omega = 1$ м/с.

Таблица 3 – Холоднодеформируемые стальные бесшовные трубы

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
10	2
14	1,8
16	2,5
18	3
22	4
25	3
28	3,5
28	4
30	5
32	3,5
24	3

Примечание: Трубы с наружным диаметром 10, 11, 16 мм изготавливаются из стали 10, остальные – из стали 20.

Для примера $d_B = 14,1$ мм. Выбираем холоднодеформируемые стальные бесшовные трубы по ГОСТ 8733—87 с наружным диаметром 22 мм и толщиной стенки 4 мм.

2.2.5. Выбор рабочей жидкости для гидропривода

В качестве жидкостей для гидроприводов, работающих при температуре до 60 °С с легкими нагрузочными режимами, используются промышленные масла общего назначения без присадок: И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А. Если гидроприводы работают при температурах свыше 60 °С и давлении 15...20 МПа, применяются турбинные масла с антиокислительными и противокоррозионными присадками: Тп-22, Тп-30, Тп-46. При работе с давлениями 16...35 МПа рекомендуются масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49.

Принимаем промышленное масло И-20А.

Для очистки рабочей жидкости от взвешенных ферромагнитных частиц в гидростанции предусмотрены сепараторы, выполненные в виде постоянных магнитов, установленных в пробках, завинченных в днище гидробака. При обычных требованиях к работе гидропривода необходимо обеспечить фильтрацию масла с тонкостью 25...40 мкм, при повышенных — до 10 мкм.

2.2.6. Выбор гидроаппаратов управления и регулирования [28]

Гидроаппараты (распределители, клапаны, дроссели, регуляторы потока) и кондиционеры рабочей жидкости (фильтры, гидробаки, гидроаккумуляторы) должны обеспечивать условия надежной работы гидропривода в течение установленного ресурса и по своим эксплуатационным параметрам соответствовать значениям, указанным в технических характеристиках.

Основные параметры гидроаппаратов: диаметр условного прохода d_u , округленный до ближайшего стандартного значения по ГОСТ 16516-80, номинальные давления по ГОСТ 12445-80 и расход по ГОСТ 13825-80.

Предохранительный клапан, распределитель, дроссель и другие устройства подбираются по максимальным значениям давления и расхода гидродвигателя, на напорной линии которого они установлены.

Максимальное давление, на которое регулируется предохранительный клапан, защищающий систему от перегрузок, обычно на 20...30% выше рабочего давления гидродвигателя.

Это давление можно принимать для подбора распределительно-регулирующей и предохранительной аппаратуры.

Максимальный расход, по которому подбирается тот или иной аппарат, зависит от места его установки в схеме питания гидродвигателей. При индивидуальном питании гидродвигателей и одновременной их работе гидроаппараты подбираются по расчетным расходам. При групповом питании от одного насоса и одновременной работе гидродвигателей распределитель и предохранительный клапан подбирают по суммарному расходу гидродвигателей. Если гидродвигатели питаются от одного насоса, но работают не одновременно, распределитель и

предохранительный клапан подбирают по давлению и расходу тех гидродвигателей, у которых эти величины наибольшие.

При подборе фильтров учитывается тонкость очистки, пропускная способность и давление, под которым они будут работать. Требования к тонкости фильтрации рабочей жидкости обычно указываются в технических характеристиках насосов, гидромоторов, распределителей.

В гидроприводах с разомкнутой циркуляцией фильтр устанавливают обычно на сливной линии. Через него проходит весь поток жидкости. При больших расходах возможно параллельное соединение фильтров. Фильтры могут быть вмонтированы в гидробак, или установлены отдельно. Для защиты фильтра от повреждения на нем может быть смонтирован предохранительный (перепускной) клапан, настроенный на давление не ниже двукратного перепада давления фильтра, но не выше 0,5 МПа.

Технологические характеристики гидроаппаратов приведены в справочной литературе.

2.2.7. Определение основных параметров и выбор насоса, приводящего двигателя насоса [28, 29]

Основные параметры насоса: номинальное давление насоса p_n , номинальная подача $V_{ном}$, рабочий объем V_0 , частота вращения приводного вала n . Выбранный типоразмер насоса должен обеспечивать работу гидродвигателей (гидроцилиндра или гидромотора) на максимальных нагрузках и скоростях. Чтобы КПД гидропривода был максимальным, давление и подача, по которым обычно подбирается насос, должны быть по возможности более близки к номинальным, рекомендуемым заводом-изготовителем. Давления насоса p_n принимается равным предварительно выбранному номинальному давлению $p_{ном}$ по ГОСТ 12445-80. Подача насоса определяется по расходам гидродвигателей с учетом одновременности их работы. При неодновременной работе нескольких гидродвигателей с различными расходами подача насоса принимается равной большему расходу, а при одновременной их работе - сумме расходов [28].

Выбор насоса

В гидравлических установках широко используются шестеренчатые, лопастные и поршневые насосы. Шестеренные и лопастные насосы применяются для давлений до 12,0... 15,0 МПа. Они компактны, просты в эксплуатации, однако чувствительны к перегреву, а при работе на предельных давлениях недолговечны. Аксиальные и радиальные поршневые насосы применяются для давлений до 20...30 МПа, а поршневые эксцентриковые — до 50 МПа [17].

Требуемая производительность насоса определяется по формуле (л/мин) [1]:

$$V = 6Fv,$$

где F — площадь поршня или штоковой полости, см²; v — скорость движения поршня при рабочем или холостом ходе, м/с; t — время рабочего или холостого хода, с. Для примера $V=37,5$ л/мин.

Приводная (потребляемая) мощность насоса (кВт) [1]:

$$N = \frac{pV}{60\eta_{эф}}$$

где p — давление, развиваемое насосом, МПа; V — производительность насоса или расход жидкости, л/мин; $\eta_{эф}$ — общий КПД, $\eta_{эф} = \eta_M \eta_0$; η_M — механический КПД насоса, учитывающий потери на трение и гидравлические сопротивления; η_0 — объемный КПД, учитывающий утечку рабочей жидкости через зазор ($\eta_{эф} = 0,55 \dots 0,85$ — для пластинчатых насосов [17]). Для примера приводная (потребляемая) мощность насоса $N = 4,3$ кВт.

Исходя из требуемых номинального давления насоса p_n , производительности (подачи) насоса V и приводной мощности насоса N выбираем по таблице Д.2 пластинчатый нерегулируемый насос.

Для примера выбираем насос Г12-33М по ГОСТ 13167-82 со следующими параметрами: рабочий объем $V_0 = 40$ см³; давление на выходе насоса: номинальное — 6,3 МПа, предельное — 7 МПа; частота вращения вала насоса: номинальная — 960 мин⁻¹, максимальная — 1500 мин⁻¹, минимальная — 600 мин⁻¹; КПД при номинальном режиме работы: объемный — 0,93; полный — 0,85.

Выбор приводящего двигателя насоса.

Чтобы выбранный насос обеспечил расчетную подачу (требуемую производительность на-

соса) V (л/мин), соответствующую заданной скорости гидродвигателя, приводной вал его должен иметь следующую частоту вращения, мин^{-1} :

$$n = \frac{1000V}{V_0 \eta_{\text{ОБЪМН}}},$$

где V_0 - рабочий объем насоса, см^3 , $\eta_{\text{ОБЪМН}}$ - объемный КПД насоса, для нерегулируемых пластинчатых насосов - 0,76...0,9 [17].

Для примера требуемая частота вращения приводного вала насоса равна $n = 1008 \text{мин}^{-1}$.

Для правильного выбора приводящего двигателя насоса гидропривода необходимо из всего разнообразия режимов, выраженных механической характеристикой двигателя, установить нормальный режим, исходя из характера нагрузки гидропривода: продолжительный с постоянной нагрузкой в течение длительного времени; кратковременный при кратковременном действии пиковой нагрузки и более длительное время на холостом ходу; повторно-кратковременный с чередованием нагрузки и холостого режима. Более подробно вопросы выбора приводного электродвигателя насоса рассмотрены в [28, 29].

Требуемая мощность двигателя, кВт, определяется:

$$N_{\text{ТРЕБ_Э}} = KN,$$

где N - приводная (потребляемая) мощность насоса, кВт; $K = 1,05 \dots 1,1$ - коэффициент запаса. Для примера $N_{\text{ТРЕБ_Э}} = 4,7 \text{кВт}$.

Требуемый номинальный момент на валу двигателя, $\text{Н}^*\text{м}$:

$$M_{\text{ТРЕБ_НОМ}} = \frac{V_0 p}{2\pi \eta_{\text{ННОМ}}} k,$$

V_0 - рабочий объем насоса, см^3 ; $\eta_{\text{ННОМ}}$ - КПД насоса при номинальном режиме работы. Для примера $M_{\text{ТРЕБ_НОМ}} = 51,9 \text{Н}^*\text{м}$.

Двигатель привода при продолжительном режиме работы следует выбирать по моменту, определенному максимально необходимой подачей насоса при максимальном его давлении.

Исходя из требуемой мощности, частоты вращения и номинального момента, выбираем требуемый электродвигатель:

$$\begin{aligned} N_{\text{ТРЕБ_Э}} &\leq N_3, \\ M_{\text{ТРЕБ_НОМ}} &\leq M_{\text{НОМ}}, \\ p &\leq p_{\text{НОМ}}. \end{aligned}$$

Номинальный момент электродвигателя, $\text{Н}^*\text{м}$, определяется:

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{N_3}{n_3},$$

где N_3 - номинальная мощность электродвигателя, кВт; n_3 - номинальная частота вращения электродвигателя, мин^{-1} .

Для примера по [1] выбираем электродвигатель 4А1326У3 с номинальной мощностью 5,5 кВт, номинальной асинхронной частотой вращения 965 мин^{-1} и номинальным моментом 54,5 $\text{Н}^*\text{м}$. Так как номинальная частота вращения двигателя отличается от требуемой, то определяем фактические значения подачи насоса V , скорости движения поршня v и времени движения t поршня по формулам, приведенным в таблице 1.

Общий коэффициент полезного действия гидросистемы определяется как: $\eta_{\text{П}} = \frac{N_{\text{ПОЛ}}}{N_{\text{НАСОСА}}}$,

$N_{\text{ПОЛ}}$ - полезная мощность гидродвигателя, для гидроцилиндра $N_{\text{ПОЛ}} = Q_p v$, Вт; $N_{\text{НАСОСА}}$ - мощность привода насоса, Вт. Для примера $\eta_{\text{П}} = 0,51$.

2.2.8. Общие требования по технике безопасности гидроприводов [17]

Для защиты гидроприводов от перегрузок и контроля давления в напорных линиях должны быть установлены предохранительные клапаны и манометры, причем на шкале или корпусе по-

следних должны быть нанесены красные метки, соответствующие максимально допустимому давлению. В линиях, ведущих к манометрам, запрещается производить отбор рабочей жидкости.

Конструкция гидроприводов должна исключать представляющие опасность для обслуживающего персонала перемещения выходных звеньев гидродвигателей в любые моменты цикла работы. Гидросистемы должны иметь блокировки, исключающие возможность ошибочного включения несовместимых движений рабочих органов. Если снижение давления в системе может создать опасность для работающих или вызвать аварию машины, должна быть предусмотрена блокировка, останавливающая машину при снижении давления ниже значения, установленного в стандартах или технических условиях. При этом не должны отключаться устройства, перерыв в работе которых связан с возможностью травмирования работающих (зажимные, тормозные и т. п.).

Гидроприводы с несколькими насосами должны иметь блокировки, исключающие появление опасных и вредных факторов в случае остановки одного из насосов или изменения последовательности их работы.

При необходимости фиксации в заданном положении выходных звеньев гидродвигателей должны устанавливаться гидрозамки или другие фиксирующие устройства. Аппараты, регулирование которых некомпетентным персоналом может привести к аварии установки или станда и травмированию, должны снабжаться замками или пломбами. На устройствах, допускающих только одностороннее вращение, должны быть стрелки.

Конструкция гидроприводов должна исключать разбрызгивание или растекание рабочей жидкости. Концентрация минеральных масел в воздухе рабочей зоны должна быть не более 5 мг/м³. Внутренние полости гидробаков должны быть доступны для осмотра, очистки и промывки.

Гидроприводы с гидроаккумуляторами должны иметь предохранительные устройства, защищающие от перегрузки, и устройства, обеспечивающие отключение гидроаккумулятора от гидросистемы и соединение его жидкостной полости со сливной линией. Пневмогидроаккумуляторы следует заряжать азотом или другим инертным газом. Испытание газовой полости пневмогидроаккумулятора на прочность следует проводить жидкостью. При испытании и эксплуатации масляных емкостей и гидроаккумуляторов вместимостью не более 25 л, у которых произведение вместимости (л) на рабочее давление (МПа) составляет более 20, необходимо руководствоваться «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». Емкости и аккумуляторы, у которых указанное произведение превышает 1000, подлежат регистрации (до пуска в работу) соответствующими органами.

Технологическая вибрация, действующая на операторов стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибраций, в производственных помещениях не должна превышать заданных значений [1].

Для постоянных рабочих мест в производственных помещениях в соответствии с ГОСТ 12.1.003—83 установлен допустимый средний уровень звука 85 дБА.

Допустимые средние уровни звука для насосов и насосных агрегатов гидроприводов определяются по ГОСТ 12.2.040—79 [17].

О наличии воздуха в гидросистеме свидетельствует пена на поверхности масла в баке, изменение цвета масла и его плотности. Обычно воздух попадает в гидросистему через неисправные уплотнения валов насосов, неплотности соединений всасывающих и сливных трубопроводов, а также в случае нерациональной конструкции гидробаков. Для снижения шума (кроме удаления воздуха) рекомендуется выполнить виброизоляцию насосных агрегатов на баке (например, с помощью амортизаторов АКСС по ГОСТ 17053.1—80), установить насос на виброизолирующем эластичном фланце (пербутановое кольцо, привулканизированное к металлической втулке) и соединить его с электродвигателем с помощью зубчатой муфты с эластичной оболочкой; сократить длину и количество изгибов трубопроводов, закрепить их скобами (через упругие прокладки); применить малотрубные методы монтажа гидроаппаратуры; установить аккумуляторы или другие гасители пульсаций давления; исключить резонансные явления (на основе анализа частот собственных и возбуждающих колебаний); использовать звукоизолирующие кожухи; заменить жесткие трубопроводы рукавами высокого давления; заменить тип насоса (например, поршневого на пластинчатый); использовать централизованный гидропривод.

Заземление систем и устройств должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0—75 и ГОСТ 21130—75. Электрооборудование должно иметь степень защиты не ниже IP44 по ГОСТ 14254—80. Если гидропривод может работать в полуавтоматическом или автоматическом режимах, на пульте управления должно быть предусмотрено устройство для его переключения на ручное управление в наладочном режиме.

Перед началом испытаний систем и устройств следует установить органы управления в исходные позиции; максимально ослабить регулирующие пружины предохранительных клапанов; проверить наличие и надежность закрепления предусмотренных ограждений, а также наличие заземления электрооборудования; проверить состояние манометров (наружным осмотром) и наличие пломб, правильность направления вращения насосов кратковременным включением; удалить воздух из системы; проверить, нет ли течи в системе, и уровень жидкости. Удалять воздух нужно через специальные устройства, допускается удалять воздух через соединения трубопроводов при минимальном давлении, обеспечивающем движение гидродвигателей без нагрузки. Проверка на отсутствие течи проводится в течение не менее 3 мин при давлении не более $0,5p_{ном}$. Место проведения испытаний следует ограждать и вывешивать предупредительные таблички.

Перед демонтажом следует полностью разгрузить систему (от давления), отключить энергоисточники и слить масло (при необходимости). Испытания и эксплуатация гидроприводов и устройств должны производиться при строгом соблюдении правил пожарной безопасности и электробезопасности.

Дополнительные требования, учитывающие особенности конструкции конкретных узлов гидропривода, при необходимости устанавливаются в стандартах, технических условиях или руководствах по эксплуатации.

2.2.9. Основы эксплуатации гидроприводов

Надежность гидропривода значительно повышается при правильной организации его технического обслуживания. Исключительно большое значение имеет профилактика неисправностей.

Поскольку стоимость узлов гидропривода сравнительно невелика, производить их трудоемкий ремонт обычно нецелесообразно, проще заменить узел новым, однако замена быстроизнашиваемых элементов (шарики, пружины, уплотнения, электромагниты и т. п.) широко применяется при эксплуатации.

Содержание, периодичность и время выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту тех или иных конкретных гидроприводов могут быть различными (уточняются в процессе эксплуатации), однако при составлении регламентов обслуживания следует иметь в виду некоторые общие рекомендации, приведенные в таблице Д.3.

Запуск гидропривода в эксплуатацию

Часто поломки гидропривода происходят при его первом запуске в эксплуатацию, поэтому необходимо соблюдать следующий строго определенный порядок запуска.

1. Заполнить бак маслом.
2. Ослабить регулировочный винт предохранительного клапана.
3. Проверить положение рабочих органов и распределителей. Поставить распределители в положение, обеспечивающее поджим рабочих органов к упору. Поскольку при первоначальном запуске возможны любые случайные движения рабочих органов, следует установить упоры, тщательно наблюдать за движением каждого рабочего органа в момент запуска, предварительно установив их в неопасной зоне.
4. Провернуть рукой вал насоса на несколько оборотов.
5. Запустить толчком приводной электродвигатель, проверив правильность направления вращения (указано в руководствах насосов, чаще всего — по часовой стрелке со стороны вала насоса).
6. Проверить наличие давления при включении насосной установки.
7. Устранить наружные утечки.
8. Начать работу на низком давлении,
9. Выпустить воздух из верхних частей трубопроводов и гидродвигателей.
10. Проверить уровень масла в баке; при необходимости долить масло.
11. Промыть гидросистему.

12. Установить нормальное давление в гидросистеме.
13. Переключая распределители, проверить полный ход всех рабочих органов.
14. Убедиться, что на поверхности масла в баке нет пены. Если пена имеется (повышенное содержание воздуха в масле), проверить уплотнение вала насоса, герметичность всасывающего и сливного трубопроводов, а также глубину погружения концов трубопроводов ниже уровня масла в баке на 4—5 их диаметров, увеличить подпор в сливной линии, установить в напорной линии обратный клапан, исключающий возможность слива масла из гидросистемы при ее остановке, изменить конструкцию бака с целью улучшения деаэрации.
15. Произвести регулировку аппаратов на заданные режимы работы.
16. Подключить схему электроавтоматики.
17. После 1,5—2 ч работы в заданных режимах определить установившуюся температуру масла; при перегреве проверить устройства разгрузки и систему охлаждения.
18. Проверить расход масла через дренажную линию.
19. Тщательно устранить наружные утечки.

3. Расчет на прочность наиболее нагруженного элемента конструкции

Наиболее нагруженным элементом является ось, соединяющая шток с поворотной рамой (рисунок 9).

Первоначально выбираем материал для изготовления оси. Область применения и механические свойства различных конструкционных материалов приведены в [1, 2]. Область применения и механические свойства качественных углеродистых сталей представлены в таблицах Д.4, Д.5.

В качестве материала оси выбираем углеродистую качественную конструкционную сталь 45 по ГОСТ 1050-88, вид термообработки стали 45 - нормализация.

Рассчитаем ось по напряжениям среза и смятия. Выполним проектный расчет по напряжениям среза.

Условие прочности для стержня, установленного без зазора, по напряжениям среза τ , МПа, имеет вид [4]

$$\tau = \frac{F}{i\pi d^2 / 4} \leq [\tau],$$

где $F = W$ - внешняя нагрузка, Н; d - диаметр стержня (оси), мм; $i = 2$ - число плоскостей среза; $[\tau]$ - допускаемое напряжение среза, МПа (см. таблицу Д.5 и [1]).

Выразив из данного выражения d (мм), определим требуемый диаметр оси из условия прочности на срез

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi[\tau]i}}.$$

Для примера $d \geq 12$ мм. Принимаем диаметр оси $d = 25$ мм.

Определим напряжения смятия $\sigma_{\text{см}}$ (МПа) для выбранного диаметра оси и сравним его с допустимым [4]

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{d\delta_2} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где δ_2 - длина контактирующей поверхности (см. рисунок 9), мм; $[\sigma_{\text{см}}]$ - допускаемое напряжение смятия, МПа (см. таблицу Д.5 и [1]).

Для примера $\sigma_{\text{см}} = 55,2$ МПа $\leq [\sigma_{\text{см}}] = 294$ МПа. Условие прочности обеспечивается.

Порядок выполнения

1. Изучить пример расчета.
2. Для заданного варианта выполнить расчет кантователя.
3. Оформить отчет и письменно ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

1. Тема, цель работы.
2. Исходные данные и номер варианта.

3. Описание конструкции и принципа действия кантователя, проектирование и расчет гидропривода и силовых механизмов, расчет на прочность наиболее нагруженного элемента конструкции. Необходимо заполнить таблицу 4 и выполнить рисунки 3, 4, 9.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные узлы, которые входят в состав гидропривода и гидростанции.
2. Назовите основные преимущества и недостатки гидропривода.
3. Назовите основные виды гидроцилиндров.
4. Как осуществляется регулирование скорости движения гидропривода? В чем заключается принцип дроссельного регулирования?
5. Какие рабочие жидкости используются в гидроприводе?
6. Какие типы насосов могут применяться в гидроприводе? Назовите области их применения.
7. Назовите основные положения техники безопасности при эксплуатации установок с гидроприводом.
8. Какие виды технического обслуживания и ремонта предусмотрены для гидроприводов?

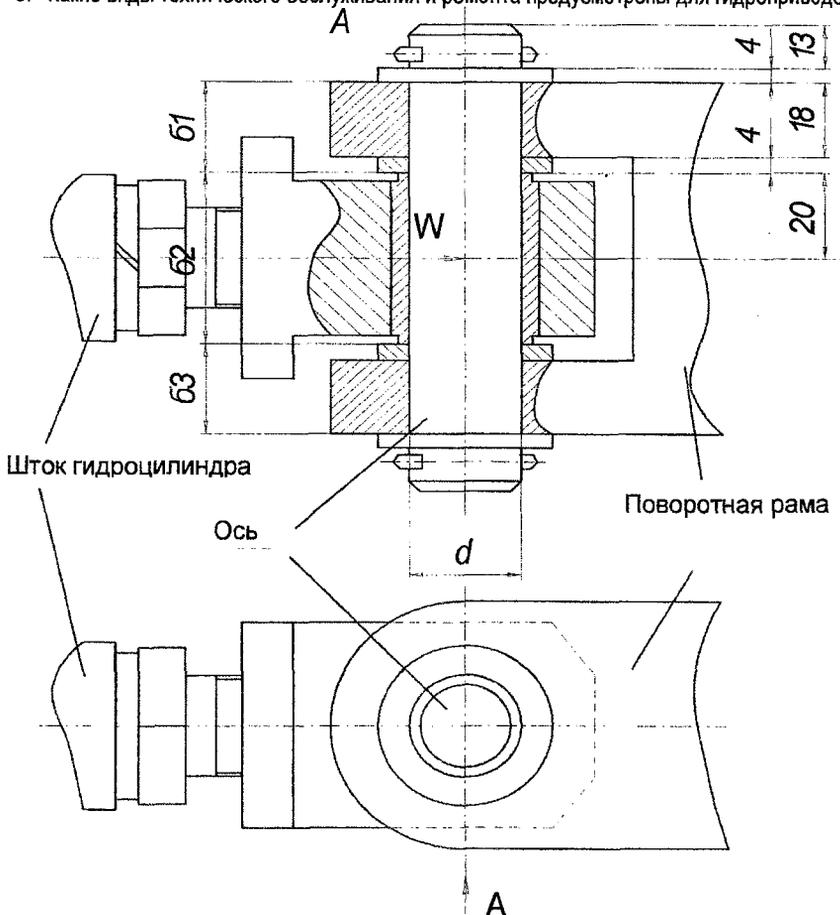


Рисунок 9 – Расчетная схема для расчета оси на срез и смятие

Таблица 4 - Рассчитываемые параметры конструкции

№ п/п	Название параметра, обозначение, ед. измерения	Расчетная формула в символьной форме и с подставленными числовыми данными, полученное значение, единицы измерения
1.	Усилие на штоке гидроцилиндра W , Н	
2.	Давление жидкости p , МПа	
3.	Диаметр гидроцилиндра D (расчетный), мм	
4.	Диаметр гидроцилиндра D (принятый), мм	
5.	Диаметр штока d (принятый), мм	
6.	Площадь поршня F_1 , см ²	
7.	Площадь штоковой полости F_2 , см ²	
8.	Толкающее усилие Q_1 , кН	
9.	Тянущее усилие Q_2 , кН	
10.	Толщина доньшка гидроцилиндра b , мм	
11.	Толщина стенки гидроцилиндра S , мм	
12.	Напряжение растяжения на внутренней поверхности стенки цилиндра σ_r , мм	
13.	Скорость v движения поршня за рабочий ход, м/с	
14.	Ход поршня L , мм, его проверка по условиям прочности и технологичности	
15.	Расход V жидкости за рабочий ход, л/мин	
16.	Внутренний диаметр трубопровода d_w , мм	
17.	Диаметр и толщина стенки выбранных холоднодеформируемых стальных бесшовных труб	
18.	Рабочая жидкость для гидропривода	
19.	Требуемая производительность насоса V , л/мин	
20.	Приводная (потребляемая) мощность насоса N , кВт	
21.	Модель и основные параметры пластинчатого нерегулируемого насоса (рабочий объем, номинальная подача, давление на выходе насоса, мощность, КПД)	
22.	Требуемая частота вращения приводного вала n , мин ⁻¹	
23.	Требуемая мощность электродвигателя $N_{ТРЕБ_Э}$, кВт	
24.	Требуемый номинальный крутящий момент двигателя $M_{ТРЕБ_НОМ}$, Н*м	
25.	Модель и параметры электродвигателя ($n_э, N_э, M_{НОМ}$)	
26.	Полезная мощность гидродвигателя $N_{ПОЛ}$, Вт	
27.	Общий коэффициент полезного действия гидросистемы $\eta_{гп}$	
28.	Фактическая подача насоса $V_{ФАКТ}$, л/мин	
29.	Фактическая скорость движения поршня $v_{ФАКТ}$, м/с	
30.	Фактическое время поворота рамы t , с	
31.	Материал для изготовления оси (марка стали, область ее применения, термообработка, механические свойства)	
32.	Рассчитанный диаметр оси d , мм, по напряжениям среза	
33.	Принятый диаметр оси d , мм	
34.	Рассчитанное напряжение смятия $\sigma_{СМ}$, мм, и допускаемое напряжение смятия $[\sigma_{СМ}]$, мм. Выводы по результатам расчета на прочность	

Рекомендуемая литература для выполнения курсовой работы

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений.: Справ. Пособие. – Мн.: Беларусь, 1991.- 400 с.
2. Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки: Учебник . – Мн.: «Бервита», 1997. – 344 с.
3. Епифанов Л. И., Епифанова Е. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2002.
4. Иванов М. Н. Детали машин. – М.: Высш. шк., 1984.
5. Кац А. М. Окраска автомобилей на автотранспортных и авторемонтных предприятиях. – М.: Транспорт, 1986.
6. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы по курсу «Основы расчета, проектирования и эксплуатации технологического оборудования» для студентов специальности 15.05 «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ БГПА. – Мн., 1992.
7. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы по курсу «Основы расчета, проектирования и эксплуатации технологического оборудования» для студентов специальности 15.05 «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ БГПА. – Мн., 1995.
8. Оборудование для ремонта автомобилей. Справочник./ Под ред. М. М. Шахнеса. -М.: Транспорт, 1978. - 384с.
9. Оборудование ремонтных предприятий./В. В. Курчаткин, К. А. Алкасов и др. / Под ред. В. В. Курчаткина. – М.:Колос, 1999.
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ Под ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988.
11. Проектирование авторемонтных предприятий. Курсовое и дипломное проектирование / А. С. Савич и др. / Под ред. В. К. Ярошевича. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002.
12. Суворов С. Г., Суворова Н. С. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985.
13. Технологическое оснащение ремонтного производства / В. И. Коробко, В. П. Иванов, В. И. Семенов. – Мн.: Университетское, 1994.
14. Требования безопасности при ремонте автотранспорта/ Под ред. Ю. С. Рысина. – Нижний Новгород: ВЕНТА-2, 2000.
15. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Высш. шк., 1991.
16. Правила по охране труда на автомобильном транспорте. – СПб.: ДЕАН, 2001.
17. Свешников В. К., Усов А. А. Станочный гидропривод. Справочник. – М.: Машиностроение, 1982.
18. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Под ред. Некрасова - Мн.: Высш. школа, 1985.
19. Сарбаев В. И. и др. Механизация производственных процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей: учебное пособие. – М.: МГИУ, 2003. – 284 с.
20. Скойбеда А. Т. и др. Детали машин и основы конструирования: Учеб. /А. Т. Скойбеда и др. Под общ. ред. А. Т. Скойбеда. – Мн.: Высш. шк., 2000.
21. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины. – М.: Высш. шк., 1985.
22. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1978.
23. Правила охраны труда на автомобильном транспорте. – Мн.: Тесей, 2002.
24. Табель технологического оборудования для автотранспортных предприятий РБ. – Мн.: НПО Транстехника, 1993.
25. Альбом по проектированию приспособлений. - М.: Машиностроение, 1991.
26. Курмаз Л. В. Детали машин. Проектирование: учеб. пособие/ Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – Мн.:УП «Технопринт», 2002. – 290 с.
27. Web-сайт фирмы GAPO – www.gapo.cc
28. Методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Гидропривод и гидропневмоавтоматика» для студентов специальности 36 01 01 «Технология машиностроения», 36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»/М. В. Голуб, В. М. Голуб; УО «БГТУ». – Брест, 2003.
29. Башта Т. М. И др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра технической эксплуатации автомобилей

Допущен к защите

« ____ » _____

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Проектирование, расчет и эксплуатация технологического оборудования»
на тему: **«Разработка комплекта узлов кантователя автомобиля»**

Выполнил: студент гр. ТЭА-3
Иванов И. И.

Проверил: доцент Монтик С. В.

Брест 2005

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Машиностроительный факультет

Кафедра ТЭА

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____

« ____ » _____

ЗАДАНИЕ

на выполнение курсовой работы по дисциплине
 «Проектирование, расчет и эксплуатация технологического оборудования»

Студенту гр.ТЭА-3 Иванову И. И.

1. **Тема курсовой работы** «Разработка комплекта узлов кантователя автомобиля»2. **Сроки сдачи студентом законченного проекта** – 25 мая 2005г.3. **Исходные данные к курсовой работе****Технические характеристики:**

Масса поднимаемого автомобиля – до 1200 кг

Время поворота рамы – 16 с

Прототип –

кантователь автомобилей мод. $\frac{НЭ - 6811}{30А}$

4. Содержание курсовой работы

Введение

1. Назначение разрабатываемого или модернизируемого оборудования. Анализ возможных вариантов конструкции и выбор направления модернизации (или оптимального варианта конструкции).
2. Описание конструкции и принципа действия разрабатываемого или модернизируемого оборудования, расчет и обоснование технических характеристик.
3. Проектирование и расчет силовых механизмов и привода разрабатываемого или модернизируемого узла.
4. Расчет наиболее нагруженных элементов конструкции на прочность.
5. Эксплуатация и техническое обслуживание данного оборудования, правила техники безопасности при работе.

Заключение

Список использованных источников

Приложение (спецификации к чертежу общего вида, сборочному чертежу, гидравлической схеме).

5. Перечень графического материала (листы формата А1):

1. Чертеж общего вида кантователя с указанием технических характеристик – 1 лист
2. Сборочный чертеж гидроцилиндра - 1 лист
3. Гидравлическая схема гидропривода кантователя – 0,5 листа
4. Рабочие чертежи деталей гидроцилиндра (цилиндр, поршень) – 0,5 листа

6. **Дата выдачи задания** – 16 февраля 2005 г.

7. **Календарный график выполнения курсовой работы:** раздел 1- до 23.02.05, раздел 2 - до 9.03.05, раздел 3 – до 28.03.05; раздел 4 – до 11.04.05, раздел 5- до 18.04.05, , выполнение чертежей – до 10.05.05, оформление расчетно-пояснительной записки – до 25.05.05.

Руководитель _____ С. В. Монтик

Задание принял к исполнению « ____ » _____

Подпись _____

Пример оформления реферата

РЕФЕРАТ

Разработка комплекта узлов кантователя автомобиля / Иванов И. И. гр. ТЭА-3 –Брест.: 2006 – 40 с.: 8 ил., 5 табл., 5 источников.

Ключевые слова: **РЕМОНТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, КАНТОВАТЕЛЬ АВТОМОБИЛЯ.**

Содержит описание конструкции и принципа действия кантователя автомобиля, его функциональную схему, технические характеристики, расчет силовых механизмов и привода, а также расчет наиболее нагруженных элементов конструкции на прочность, описание мероприятий по охране труда при работе на данном оборудовании, правила его эксплуатации и технического обслуживания.

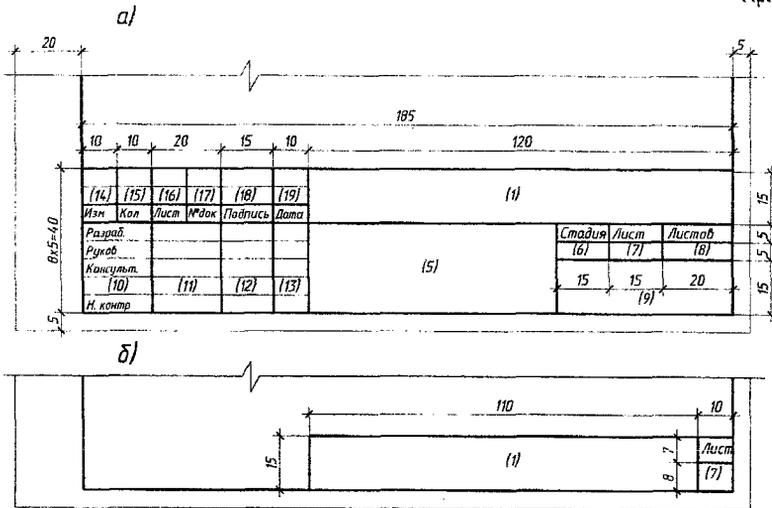


Рисунок Г.1 - Основная надпись для текстовых документов :а) – первого или заглавного листа пояснительной записки (лист с **Содержанием**) (форма 5 по ГОСТ 21.101-93); б) – последующих листов (форма 6 по ГОСТ 21.101-93)

Содержание надписи:

Графа 1 - обозначение документа . Например **КР.ПРЭТО.00.00.000 ПЗ**, где **КР** – курсовая работа, **ПРЭТО** – название предмета «Проектирование, расчет и эксплуатация технологического оборудования», **ПЗ** – расчетно-пояснительная записка.

Графа 5 – записывается тема курсовой работы полностью.

Графа 6 - стадия проектирования: **К** – курсовая работа.

Графа 7 – Лист - порядковый номер листа. Номер листа с содержанием - **4** (1 лист – титульный, 2 лист – задание, 3 лист – реферат, 4 лист - содержание).

Графа 8 – Листов - общее количество листов пояснительной записки.

Графа 9 - место выполнения курсовой работы - **УО БГТУ, кафедра ТЭА.**

Графа 10 - характер работы лиц, подписавших документ.

Графы 11, 12, 13 -Ф.И.О., подпись, дата.

Разработал – Фамилия И. О. студента.

Руков. – Фамилия И. О. руководителя.

Н. контр. - **нормоконтроль** – указывается Фамилия И. О. руководителя.

Остальные графы не заполняются.

Таблица Д.1 – Исходные данные к практической работе № 1

Вар. №	Модель автомобиля	Масса автомобиля, кг	Ширина В, мм	Длина рычага рамы кантователя L1, мм	Время поворота рамы t, с	Масса рамы, кг
1	ВАЗ-111 «Ока»	635	1420	400	15	400
2	ВАЗ-1102 «Таврия»	710	1554	400	20	400
3	ВАЗ-2101 «Жигули»	955	1611	400	16	400
4	ВАЗ-2105 «Жигули»	995	1620	400	17	400
5	ВАЗ-2121 «Нива»	1150	1680	400	10	500
6	ВАЗ-2108 «Спутник»	900	1620	500	15	400
7	АЗЛК-2140 «Москвич»	1045	1550	500	20	500
8	АЗЛК-2141 «Москвич»	1070	1690	500	17	500
9	ИЖ-2126 «Орбита»	1040	1650	500	15	500
10	ГАЗ-2410 «Волга»	1400	1800	500	18	500

Таблица Д.2 – Основные параметры нерегулируемых пластинчатых насосов типов Г12-2М, Г12-3 М по ГОСТ 13167-82 [17]

Параметр	Тип насоса											
	Г12-31АМ	Г12-31М	Г12-32АМ	Г12-32М	Г12-33АМ	Г12-33М	Г12-24АМ	Г12-24М	Г12-25АМ	Г12-25М	Г12-26АМ	
Рабочий объем, см ³	8	12,5	16	25	32	40	63	80	125	160	224	
Номинальная подача, л/мин	5,8	9,7	12,7	21,1	27,9	35,7	53,8	70	110,4	142,8	204,2	
Давление на выходе из насоса, МПа	6,3											
- номинальное												
- предельное	7											
Частота вращения, мин ⁻¹	960											
- номинальная												
- максимальная												
- минимальная	600											
Мощность номинальная, кВт	1,04	1,6	1,9	2,8	3,6	4,3	7	8,8	13,4	17,3	24,2	
КПД при номинальном режиме работы, не менее	0,91											
- объемный												
- полный	0,76	0,81	0,83	0,88	0,91	0,93	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	
	0,58	0,65	0,7	0,78	0,81	0,85	0,8	0,82	0,85	0,85	0,87	

Таблица Д.3 - Типовой регламент по техническому обслуживанию и ремонту гидроприводов [17]

Содержание работ по техническому обслуживанию и ремонту	Вид технического обслуживания				Вид ремонта		
	ЕО	ТО-1	ТО-2	ТО-3	Т	С	К
	Наработка, ч						
	6-8	60 - 80	240 - 360	720 - 960	3000-4000	9000 - 12000	18000 - 24000
Проверить уровень масла; при необходимости восстановить	+	+	+	+			
Проверить температуру масла в баке (на ощупь); при необходимости проверить работу устройств разгрузки и охлаждения	+	+	+	+			
Проверить степень засорения фильтра по индикатору или манометру; засоренные фильтрозлементы промыть или заменить новыми	+	+	+	+			
Проверить уровень давления в напорной линии и других точках гидросистемы по манометрам; при необходимости произвести регулировку клапанов	+	+	+	+			
Проверить давление зарядки аккумулятора (если он имеется) по манометру; при необходимости аккумулятор подзарядить		+	+	+			
Проверить визуально наружные утечки; при необходимости устранить течи	+	+	+	+			
Проверить шум и вибрации при работе (на слух); при необходимости заменить неисправные элементы	+	+	+	+			
Проверить нагрев приводного электродвигателя (на ощупь); при необходимости устранить причины перегрева	+	+	+	+			
Проверить расход масла через дренажную линию (визуально при наличии прозрачного трубопровода)		+	+	+			
Проверить наличие пены на поверхности масла в баке, а также мутность масла; при необходимости устранить возможность попадания воздуха и воды в масло		+	+	+			
Проверить состояние заделок гибких металлорукавов; при необходимости заправить рукава в концевые соединения		+	+	+			
Определить мощность холостого хода регулируемых насосов (по току в фазе приводного электродвигателя), а также максимальную подачу (по скорости движения рабочих органов); при необходимости насос заменить			+	+			
Произвести подстройку регулирующих аппаратов (при необходимости): дросселей, тормозных устройств, клапанов уравнивания, реле давления			+	+			

Продолжение таблицы Д. 3

Определить максимальную подачу нерегулируемых насосов (по скорости движения рабочих органов); при необходимости насос заменить				+				
Определить величину утечек в сливную линию при неработающих гидродвигателях; при необходимости заменить дефектные узлы				+				
Проверить срабатывание аварийных блокировок (датчики давления, блокировки движений, диагностика); при необходимости произвести дополнительную регулировку				+				
Взять пробу масла на анализ; при отрицательном результате очистить бак и заменить масло				+				
Очистить воздушный фильтр и магнитные патроны (если имеются) в баке				+				
Проверить надежность закрепления гидроагрегатов; при необходимости подтянуть крепежные элементы				+				
Выполнить при необходимости операции по техническому обслуживанию, указанные выше						+	+	+
Очистить от пыли и грязи радиаторы воздушного охлаждения						+	+	+
Заменить унифицированные узлы и детали, отработавшие ресурс						+	+	+
Проверить внутреннюю полость бака; при наличии коррозии зачистить до металлического блеска и окрасить							+	+
Отремонтировать специальные узлы гидропривода с последующим испытанием на стендах								+

Примечание. Принятые обозначения: ЕО – ежедневное обслуживание; ТО – технический осмотр; Т, С, К – текущий, средний и капитальный ремонты соответственно.

Таблица Д.4 - Область применения некоторых углеродистых качественных конструкционных сталей по ГОСТ 1050 –88 [1]

Марка стали	Термо-обработка	Твердость после термо-обработки HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			Пластичность	Свариваемость	Прокаливаемость	
40	Закалка в воде, отпуск	33 ... 52	Удовлетворительная	ограниченная	Хорошая	Средненагруженные детали (оси, валы, штоки, шпиндели, шлицевые валы, звездочки, гайки, шпонки, штоки, зубчатые колеса, кронштейны)
45, 50	То же	32 ... 42	Умеренная	То же	Пониженная	Ответственные детали различного характера (корпуса, оси, валы, муфты, фланцы, кольца, кронштейны)
	Закалка в масле, отпуск	42 ... 51				
	Закалка с нагревом ТВЧ, отпуск	40 ... 47				
55 пп	Поверхностная закалка ТВЧ, охлаждение под водяным душем, отпуск	58 ... 60 поверхности	Низкая	Не сваривается	Пониженная	Ответственные детали с тонкими сечениями (тонкие шпиндели, зубчатые колеса)

Таблица Д.5 – Механические свойства конструкционных сталей, МПа [1]

Марка стали	Термическая обработка	Твердость	Временное сопротивление σ_b	Предел текучести σ_T	Допускаемые напряжения при статической нагрузке при				
					растяжении [σ_p]	изгибе [$\sigma_{из}$]	кручении [τ]	срезе [$\tau_{ср}$]	смятии [$\sigma_{см}$]
35	Нормализация	HB 179	530	314	177	206	132	108	265
	Закалка в воде, отпуск	HRC ₃ 32...42	981	638	324	392	245	196	490
45	Нормализация	HB 207	598	353	196	235	147	123	294
	Улучшение	HB 192...285	798	441	235	284	181	142	353
	Закалка в масле, отпуск	HRC ₃ 32... 42	883	638	294	353	226	181	441
	Закалка в воде, отпуск	HRC ₃ 42... 51	810...307	687	294	353	226	181	441
	Закалка в воде, отпуск	HRC ₃ 45... 54	1177	932	392	471	294	235	589
	Закалка с нагревом ТВЧ, отпуск	HRC ₃ 51... 61	736	441	235	284	181	142	353

Учебное издание

Составитель: Монтик Сергей Владимирович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы и практической работы № 1
по дисциплине

**«Проектирование, расчет и эксплуатация
технологического оборудования»**

для студентов специальности

1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Ответственный за выпуск: Монтик С.В.
Редактор Строкач Т.В.
Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.
Корректор: Никигчик Е.В.

Подписано к печати 24.11.2005 г. Формат 60x84 ¹/₁₆ Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 1,9.
Уч. изд. л. 2,0. Заказ N 1156. Тираж 100 экз. Отпечатано на ризографе Учреждения
образования «Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.