

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
в г. Миассе  
Факультет «Машиностроительный»  
Кафедра «Технология производства машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой, к.т.н.

\_\_\_\_\_ Ю.Г. Миков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД ВОДЯНОГО НАСОСА АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ЮУрГУ – 15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ ВКР

Консультант, должность

Старший преподаватель

\_\_\_\_\_ / Е.С.Шапранова /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Консультант, должность

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Консультант, должность

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Руководитель, должность

к.ф.-м.н., доцент кафедры ТПМ

\_\_\_\_\_ / А.И.Новиков /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор

студент группы 515

\_\_\_\_\_ / С.Д. Белокопытов /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер, должность

к.т.н., доцент кафедры ТПМ

\_\_\_\_\_ / В.Г. Зезин /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Миасс 2019

## АННОТАЦИЯ

Белокопытов С.Д. Гидропривод водяного насоса. -  
Миасс: ЮУрГУ, МиМс-515, 2019, 97 с., 9 илл., библио-  
граф. список - 21 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 1 пла-  
кат.

Разработан проект объемного гидропривода водяного насоса автобетоносмесителя. В ходе проектирования разработана принципиальная гидравлическая схема гидропривода, рассчитаны его основные параметры. Проведен анализ элементной базы, выбор гидромашин и гидроаппаратуры проведен по следующим критериям: цена/качество, ресурс. Выбрана рабочая жидкость и фильтры для очистки жидкости. Произведен расчет и выбраны диаметры трубопроводов, а также определены потери давления в гидросистеме. Рассчитан температурный режим работы гидропривода и определен требуемый объем бака рабочей жидкости. Построена нагрузочная характеристика гидропривода.

Раздел безопасность жизнедеятельности посвящен разработке мероприятий, направленных на улучшение условий труда, а также безопасной работе эксплуатации гидропривода.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>					
					<i>Гидропривод водяного насоса автобетоносмесителя</i>			<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>		<i>Белокопытов</i>			<i>Д</i>					
<i>Провер.</i>		<i>Новиков</i>								
<i>Т. Контр.</i>										
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>		<i>Зезин</i>								
<i>Утверд.</i>		<i>Миков</i>								
							<i>Лист 6</i>		<i>Листов 96</i>	
							<b>ЮУрГУ Кафедра ТПМ</b>			

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОБИЛЬНОМ ГИДРОПРИВОДЕ.....	13
2 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	16
3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯХ .....	18
4 РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГИДРОПРИВОДА.....	32
5 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА ГИДРОПРИВОДА .....	37
6 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СХЕ- МЫ ГИДРОПРИВОДА.....	40
7 РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ .....	45
7.1 ВЫБОР НОМИНАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ .....	45
7.2 ВЫБОР РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ.....	46
7.3 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОМОТОРА.....	47
7.4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ВЫБОР ГИДРОНАСОСА.....	49
8 ВЫБОР ОСНОВНОЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ.....	55
9 РАСЧЕТ И ВЫБОР ТРУБОПРОВОДОВ .....	55
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ГИДРОСИСТЕМЕ .....	58
11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ И КПД ГИДРОПРИВОДА.....	63
12 ТЕПЛОВЫЙ РАСЧЕТ ГИДРОПРИВОДА .....	64
13 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СПРОЕКТИРОВАННОГО ГИДРОПРИВОДА.....	66
14 ПОСТРОЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	67
15 ВЫБОР ДВИГАТЕЛЯ.....	75
16 ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ГИДРОПРИВО- ДА И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ.....	76
17 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ, ЭКСП- ЛУАТАЦИИ И РЕМОНТУ ГИДРОПРИВОДА.....	78
18 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	95
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	95

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ПРИЛОЖЕНИЕ:

Графическая часть 6 листов ф. А1

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение это основа научно-технического развития в различных отраслях промышленности. Постоянная модернизация и улучшение машиностроения связано с мировым использованием гидропривода в составе различных узлов станков, машин и другого технологического оборудования.

Объемный гидропривод представляет собой комплекс конструктивно сложных и технологически трудоемких устройств, для изготовления которых необходимы высококачественные материалы, точные литые заготовки из чугуна и алюминиевых сплавов, агрегатные станки с ЧПУ и автоматические линии термической, механической обработки и гальванопокрытий, испытательные стенды и метрологическое обеспечение.

Для создания нового гидрооборудования и на его основе разработки новых мобильных машин с объемным гидроприводом надо иметь специальные знания, обобщенные справочные данные, отражающие современные достижения в данной области.

Гидропривод представляет собой совокупность гидромашин, гидроаппаратуры и других устройств, предназначенные для передачи и преобразования энергии посредством рабочей жидкости.

Основные направления развития гидропривода заключаются в улучшении энергетических и эксплуатационных характеристик гидрооборудования, повышении его быстродействия, применении следящего и пропорционального дистанционного управления, обеспечении связи современных электронных систем с устройствами гидроприводов.

Гидроприводы в современном машиностроении позволяют существенно упростить кинематику оборудования, снизить их металлоемкость, повысить точность и надежность работы, а также уровень автоматизации.

Гидравлические приводы обеспечивают плавность движения и широкие диапазоны бесступенчатого регулирования скорости исполнительных дви-

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

гателей, возможность их работы в динамических режимах при частых включениях, остановках, реверсах движения или изменениях скорости. При этом качество переходных процессов может контролироваться и изменяться в нужном направлении.

Гидропривод позволяет надежно защитить систему от перегрузок и обеспечивает возможность механизмам работать по жестким упорам, с точным контролем действующих усилий путем регулирования давления. В современных станках с высокой степенью автоматизации цикла гидропривод может обеспечить до нескольких десятков различных движений. Использование гидропривода открывает широкие возможности для автоматизации цикла, контроля и оптимизации рабочих процессов, применения копировальных, адаптивных или программных систем управления.

Гидропривод имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с механическим, электрическим или пневматическим приводом. Основные преимущества гидропривода:

- 1) простота и удобство осуществления бесступенчатого регулирования скорости движения и усилия, развиваемого приводом;
- 2) возможность быстрого и частого реверсирования с плавным торможением и разгоном;
- 3) малое трение и износ деталей гидропривода в агрегатах вследствие их хорошей смазки рабочей жидкостью;
- 4) плавность работы;
- 5) простота и экономичность автоматизации движений, выполняемых произвольно расположенными механизмами при обеспечении требуемой последовательности и блокировок;
- 6) большая энергонапряженность и, следовательно, относительная компактность агрегатов.

Из недостатков гидропривода наиболее существенными являются:

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

1) нагрев рабочей жидкости и, вследствие этого, изменение ее свойств (в первую очередь вязкости), нагрев и тепловые деформации деталей и механизмов;

2) огнеопасность минеральных масел – наиболее распространенных рабочих жидкостей;

3) наружные и внутренние утечки жидкости, снижающие точность и экономичность работы системы. Необходимость сбора и отвода наружных утечек;

4) технологическая сложность изготовления точных сопрягаемых пар, характерных для гидроагрегатов.

В правильно спроектированном, изготовленном и эксплуатируемом гидроприводе необходимо обеспечить максимум его достоинств при минимуме недостатков. Задача это непростая, и первое, что необходимо для ее успешного решения, – отличное знание элементной базы, обеспечения расчета, проектирования и эксплуатации.

В настоящее время отечественной и зарубежной практикой накоплен большой опыт применения гидропривода. Создана обширная номенклатура насосов, гидродвигателей, контрольно-регулирующей аппаратуры, трубопроводов, арматуры, уплотнений и т.п. Разработана методика расчета и исследования гидравлических устройств.

Надежная работа мобильных гидроприводов может быть гарантирована только при надлежащей фильтрации рабочей жидкости и ее охлаждении для исключения влияния температурных колебаний в процессе работы, а это повышает стоимость гидроприводов и усложняет их техническое обслуживание.

За многие годы в нашей стране и в других странах были созданы уникальные по конструкции объемные гидроприводы. Некоторые из таких приводов были изготовлены только в виде опытных образцов, другие выпускались серийно и применяются до настоящего времени. Поэтому для каждого инже-

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

нера необходимо получить бесценный опыт в области проектирования и создания, доводки и эксплуатации объемного гидропривода.

При изучении вопросов связанных с объемным гидроприводом мобильных машин, а также механического оборудования студенты, кроме освоения теоретических основ, должны приобрести практические навыки составления гидравлических схем машин, производить расчет объемного гидропривода и обоснованный выбор серийного гидрооборудования, гидроаппаратуры управления, пользоваться справочной литературой и каталогами на гидрооборудование.

Особенностью выпускной квалификационной работы (ВКР) является то, что на базе составленной схемы гидропривода, удовлетворяющей условиям работы и эксплуатации гидромашин или механического оборудования, рассчитаны основные параметры гидроагрегатов, после чего выбраны гидроагрегаты из числа стандартных и выполненных по отраслевым нормам. Суть же самой работы заключается в подготовке студента к будущей практической инженерной деятельности на производстве.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>12</i>



# 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОБИЛЬНОМ ГИДРОПРИВОДЕ

## 1.1 Тенденция развития мобильного гидропривода

1.1.1 Основными направлениями экономического развития в России наблюдается тенденция создания высокопроизводительных машин для комплексной механизации основных работ на всех стадиях строительного производства, ускорение выпуска мощных самоходных, землеройно-транспортных машин, новых видов техники для строительства и коммунального хозяйства.

1.1.2 Возросшие в последнее время темпы создания и освоения серийного производства новых машин с гидравлическим приводом являются наглядным примером научно-технического прогресса в отрасли строительного, дорожного и коммунального машиностроения.

1.1.3 В последнее десятилетие было создано и освоено производство более 180 типоразмеров новых, технически более совершенных видов машин с объемным гидроприводом.

В результате внедрения современных технологических процессов и совершенствования гидравлического оборудования и машин с объемным гидроприводом в последние годы значительно улучшилось качество их изготовления, повысилась продолжительность безотказной работы и технический ресурс.

1.1.4 Наблюдается тенденция наращивания объемов выпуска таких строительных машин с гидроприводом, как автобетоновозов, авторастворовозов, автобетононасосов, стрел автономных распределительных с различным вылетом, гидрокопров, трубоукладчиков и т.п.

1.1.5 В связи с ростом выпуска и расширением номенклатуры ежегодно увеличивается парк строительных и дорожных машин с объемным гидроприводом, находящихся в эксплуатации.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

В настоящее время в России и за рубежом накоплен большой опыт проектирования, изготовления и применения гидравлического оборудования на мобильных машинах.

## 1.2 Главные направления развития мобильного гидропривода

1.2.1 Основными направлениями дальнейшего развития гидрооборудования для перспективных мобильных машин с объемным гидроприводом являются:

а) создание унифицированного ряда регулируемых и нерегулируемых аксиально-поршневых гидромашин с наклонным блоком цилиндров и сферическим распределителем на номинальное давление 32, максимальное 40 и кратковременное (пиковое) 50 МПа с повышением 1,5-2 раза техническим ресурсом;

б) использование устройств, создающих избыточное давление во всасывающей гидролинии насосов и подпитку гидромоторов для повышения частоты их вращения, чтобы обеспечить безкавитационный режим их работы с приводом непосредственно от вала двигателя внутреннего сгорания;

в) создание и освоение серийного производства ряда поршневых машин, гидроцилиндров двухстороннего действия общего назначения унифицированной конструкции на 4 ступени номинального давления (10, 16, 25 и 32 МПа) в соответствии с требованиями стандартов ГОСТ 16514-79 и ОСТ 22-1417-79;

г) совершенствование конструкции секционных и моноблочных гидрораспределителей в целях расширения возможностей, повышения надежности и технического ресурса, а также создания условий для организации серийного производства на неспециализированных заводах;

д) унификация регулирующих гидроаппаратов, увеличение выпуска на специализированных заводах и расширение области их применения для сокращения позиций выпускаемой номенклатуры;

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

е) совершенствование конструкций линейных фильтров в целях применения индикаторов загрязнения и повышение тонкости очистки рабочих жидкостей;

ж) повышение надежности выпускаемых рукавов высокого давления и создание новых с четырехкратным запасом прочности на номинальное давление 32 МПа и выше. [3].

1.2.2 При повышении номинального давления до 32 МПа снижаются габаритные размеры и масса гидрооборудования, уменьшая объем рабочей жидкости в гидравлической системе, что требует более надежных и качественных уплотнений и гибких РВД, обеспечения более тонкой фильтрации и установки специальных теплообменников для охлаждения рабочей жидкости.

1.2.3 В связи с автоматизацией технологических процессов в строительных машинах объемных гидропривод должен обладать необходимым быстродействием и чувствительностью.

1.2.4 Обычно срок службы машины определяется при проектировании, обеспечивается при изготовлении и поддерживается правильной эксплуатацией. Нарушение режима работы объемного гидропривода, несоблюдение требований его технического обслуживания, установленных НТД, неизбежно приведет к повреждению его повреждению или отказу в работе. Поэтому повышение эффективности использования огромного парка машин с объемным гидроприводом, уменьшение трудовых и материальных затрат на поддержание их в работоспособном состоянии являются особенно актуальными при проектировании гидропривода мобильных машин [1].

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>15</i>

## 2 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 2.2 Стадии проектирования гидропривода

2.2.3 Основные стадии проектирования и освоения любых машин, регламентировано ГОСТ 2.103-67. Создание всякого нового оборудования или технологической системы является чрезвычайно сложным процессом и включает в себя многие мероприятия – от составления технического задания на станок до запуска его в серию.

Характерным признаками проектирования гидропривода являются неопределенность и многовариантность. Однако каждый из последующих этапов проектирования последовательно уменьшает неопределенность и число вариантов проектной задачи. Основными принципами, обеспечивающими решение задачи проектирования, является последовательность и итерационность. Последовательность заключается в строгой очередности выполнения этапов проектирования станка, а итерационность – в корректировке проектных решений, полученных на предыдущих этапах проектирования.

2.2.4 Основным исходным документом для начала проектирования или разработки нового или совершенствования старого вида оборудования является техническое задание. Как правило, техническое задание выдается разработчиком, а при инициативной разработке формулируется самостоятельно. Техническое задание обосновывает те новые качества, которыми должен обладать проектируемый станок. Оно устанавливает основное назначение проектируемого станка, обосновывает целесообразность его создания и регламентирует основные технические характеристики. Исходными данными для составления технического задания являются реализуемый станком технологический процесс, номенклатура предназначенных для изготовления деталей и тип производства.

Техническое задание устанавливает основное назначение проектируемого станка исходя из данных о совокупности изготавливаемых деталей (их

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

конфигурации, требований к точности, материалов и т.д.) и типа производства (от единичного до массового).

Техническое задание обосновывает техническую и экономическую целесообразность проектирования нового станочного оборудования. Техническая целесообразность, как правило, вызвана появлением новых технологических процессов или новых материалов, или существенным повышением точности обработки, для реализации чего и предназначается проектируемый привод. Экономическая целесообразность обычно обоснована существенным повышением производительности либо увеличением универсальности, либо пригодностью использования проектируемого привода в составе гидропневмосистем. Во всех случаях техническое задание должно содержать тщательное экономическое обоснование предполагаемой эффективности проектируемого оборудования. Проектируемая машина должна иметь более высокие технико-экономические показатели, чем существующее оборудование, для чего выполняются анализ характеристик лучших машин данного типа [4].

Техническое задание на проектирование объемного гидропривода, как правило, устанавливает назначение, основные функции, режимы работы гидропривода, а также задаются выходные параметры и т.д. Основными данными для проектирования ГП с поступательным движением выходного звена являются максимальное значение силы на штоке гидроцилиндра и скорость движения штока, а для ГП с вращательным движением выходного вала, основными данными для проектирования являются момент, развиваемый на валу гидромотора и требуемая скорость вращения вала [5].

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>17</i>

### 3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯХ

#### 3.1 Назначение автобетоносмесителя

3.1.1 На сегодняшний день сложно представить любой, даже маломасштабный, технологический (строительный) процесс без задействования автобетоносмесителей. С объективной точки зрения, данная техника представляет собой автомобиль грузового типа, оснащённый вращающимся смесительным барабаном грушевидной формы. Специализированный автомобиль применяется для транспортировки многокомпонентных бетонных смесей, с возможностью приготовления раствора в пути или по факту доставки на строительный объект.

3.1.2 Автобетоносмесители предназначены для доставки готовой бетонной смеси потребителям с сохранением её свойств в пути следования и выгрузки в место укладки или бетонотранспортные устройства, а также приготовления бетонной смеси из сухих компонентов на строительном объекте.

3.1.3 Гидравлический привод стандартно комплектуется импортными элементами: планетарным редуктором, маслоохладителем со встроенным фильтром и автоматическим регулятором температуры масла, эластичной муфтой.

#### 3.2 Технические характеристики автобетоносмесителя

3.2.1 Смесительный бак (барабан) устанавливается под 10-15° углом, а находящиеся внутри винтообразные двухзаходные лопасти помогают загружать и смешивать бетонную смесь. Путём вращения барабана в одну сторону производится смешивание компонентов, а выход готового строительного материала обеспечивается реверсом (движением бака в обратном направлении).

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

3.2.2 Для того, чтобы загрузить в барабан компоненты смеси, а потом выгрузить на месте доставки, автобетоносмеситель оснащён загрузочно-погрузочными устройствами лоткового типа. Для оптимизации процесса смешивания сухих составляющих, а также для последующей промывки бака, бетоносмеситель оснащён системой водоснабжения с дозировочно-промывочными ёмкостями и вспомогательными элементами для доставки воды.

Загрузочно-разгрузочный аппарат автобетоносмесителя включает в себя:

- 1) приёмный лоток;
- 2) разгрузочный лоток;
- 3) загрузочный бункер;
- 4) отклоняющее устройство лотка.

Приёмный лоток взаимодействует с выходным отверстием смесительного бака и транспортирует готовый бетонный раствор к разгрузочному лотку. [6].

### 3.3 Классификация автобетоносмесителей

3.3.1 АБС являются подвидом бетоносмесителей, которые также бывают:

- стационарными,
- передвижными (в виде прицепов).
- с самозагрузкой

3.3.2 Кроме того, выделяются следующие классификации АБС:

1) по типу расположения смесительной установки и направлению разгрузки АБС подразделяются на:

- АБС с разгрузкой «назад». Наиболее популярный в российской практике бетонирования тип,
- АБС с разгрузкой «вперед». Позволяет водителю бетономешалки управлять и контролировать процесс разгрузки, не выходя из кабины;

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

2) по типу привода смесительного оборудования:

- механический — редко используемый, устаревший вариант,
- гидравлический — современный стандарт,

3) по типу двигателей смесительного оборудования:

- автономные двигатели — более шумные, но более надежные — в случае поломки двигателя автомобиля перемешивание бетонной смеси не прекращается,

- двигатели на шасси — более экологичные, менее шумные, способствуют уменьшению массы АБС.

### 3.4 Принцип работы автобетоносмесителя

3.4.1 Режим работы автобетоносмесителя определяется типом смеси, загружаемой в барабан:

1) При первом режиме сухая смесь доставляется к месту назначения и разводится водой, барабан запускается за 15-20 минут до выгрузки.

2) Использование второго режима позволяет доставить к строительному объекту уже смешанную сухую смесь с влажными составляющими. Сразу после загрузки сухих компонентов и подачи воды барабан начинает работать.

3) Третий рабочий режим представляет собой транспортировку уже готовой бетонной смеси. В процессе передвижения автобетоносмесителя барабан периодически включается или же работает постоянно, на минимальных оборотах.

3.4.2 Расстояние для транспортировки бетонных смесей не имеет ограничений. Оптимальный температурный режим окружающей среды для эксплуатации данной специализированной техники варьируется от — 30° до + 40 °С. Предельная скорость загруженного автобетоносмесителя в рабочем режиме не должна превышать 60 км/час.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20



3.4.3 Загрузка барабана может производиться как от специализированных установок подачи сухих смесей, так и от бетонных комплексов (заводов) передвижного и стационарного типа. Автобетоносмесители успешно монтируются на шасси ЗИЛ, КрАЗ, КамАЗ, МАЗ, Урал, Амур.

### 3.5 Устройство автобетоносмесителя

3.5.1 Использование специализированного транспорта для перевозки бетонной смеси обусловлено п. 7.2. ГОСТ 7473-94 «Смеси бетонные. Технические условия».

3.5.2 Сохранность и однородность бетонной смеси при транспортировке обеспечивается вращением барабана. Внутри барабана находятся спиральные лезвия. При вращении в одном направлении (при загрузке и транспортировке) лезвия загоняют смесь глубже в барабан. Во время движения автобетоносмесителя с бетонной смесью и на временных остановках, вращение барабана в противоположенном направлении категорически запрещено. При вращении в другом направлении (при разгрузке) используется механизм Винт Архимеда (рисунок 1), с помощью которого смесь выгружается.

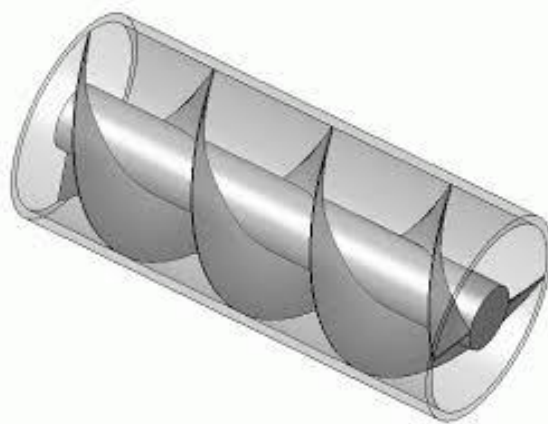


Рисунок 1 – Винт Архимеда

3.5.3 Приготовление бетонной смеси возможно непосредственно в автобетоносмесителе при транспортировке, когда в барабан загружаются цемент, вода и заполнители. В российской практике бетонирования более

распространена схема транспортировки готовой бетонной смеси, замешанной на заводе.

3.5.4 Свойство бетона быстро застывать в статическом состоянии простаивающего автобетоносмесителя негативно сказывается на рабочих характеристиках устройства, потому что застывшая на лопастях бетонная смесь препятствует их эффективной работе. Непромывка смесительного барабана может вывести из строя, казалось бы, мощный бронированный изнутри смеситель. А отбивать застывшую смесь с поверхностей автобетоносмесителя нежелательно, поскольку они получают механические трещины, задиры или повреждения либо искажения геометрической формы.

После выгрузки бетона автобетоносмеситель в обязательном порядке необходимо промыть, иначе остатки бетонной смеси застынут в барабане и в дальнейшем будут препятствовать его нормальной работе.

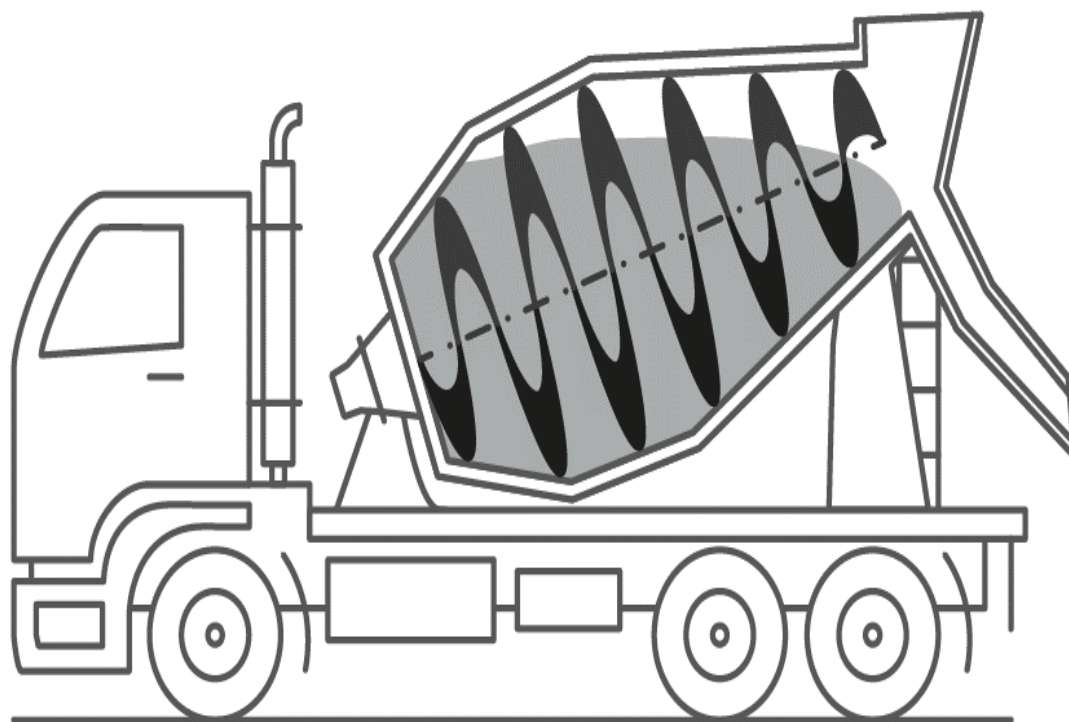


Рисунок 2 – Принцип действия автобетоносмесителя: перемешивание и разгрузка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ

Лист

22

### 3.6 Технические характеристики автобетоносмесителей

Таблица 1 – Характеристики автобетоносмесителей

Наименование показателей	СБ-92-1А	СБ-159А	СБ-92В-1
Базовый автомобиль	КамАЗ-5511	КамАЗ-5511	КамАЗ-5511
Геометрический объем смесительного барабана, м <sup>3</sup>	8	8	8
Объем смесительного барабана по выходу готовой бетонной смеси, м <sup>3</sup> :			
при приготовлении бетонной смеси в бетоносмесителе из сухих компонентов	4	4	4
при транспортировании готовой бетонной смеси	5	5	5
Вместимость бака для воды, л	750	400 (800)	750
Время перемешивания, мин.	15-20	15-20	15-20
Привод смесительного барабана:	От дизельного двигателя	Гидравлический	От дизельного двигателя
тип	Д-144-66		Д-144-66
мощность, кВт	40	58,5	40
Частота вращения смесительного барабана, мин <sup>-1</sup> :			
при загрузке и перемешивании	9-14,5	19	12
	6,5-10,	11	8
при выгрузке	19	9	8
при побуждении			

Продолжение таблицы 1 – Характеристики автобетоносмесителей

Темп выгрузки, м <sup>3</sup> /мин, при подвижности бетон- ной смеси:			
1-2 см	0,5	0,5	0,5
3-5 см	1	1	1
7-8 см	2	2	2
Наибольшая скорость движения при полной нагрузке, км/ч	60	60	60
Габариты, мм:			
длина	7500	7250	8030
ширина	2500	2500	2650
высота	3450	3350	3680
Масса автобето- носмесителя, кг:			
порожного	10150	9500	12300
загруженного	19150	19150	22600

### 3.7 Особенности эксплуатации оборудования для приготовления бетонных смесей

3.7.1 При эксплуатации оборудования необходимо выполнять требования, относящиеся к любой строительной машине, а также некоторые специфические требования.

3.7.1.1 К общим требованиям относятся ежесменные осмотры машин, при которых особое внимание необходимо обращать на состояние фрикционных муфт и тормозов, концевых выключателей и стопорных устройств, так как неудовлетворительная их работа может привести к авариям и травмам.

3.7.1.2 Чрезмерный износ лопастей смесительных машин ухудшает качество смеси и может привести к поломке лопастей и валов, так как при недопустимых зазорах между лопастью и стенкой барабана может происходить заклинивание щебня. Износившиеся лопасти необходимо своевременно заменять. Затем производится смазка узлов машин.

3.7.2 Перед пуском бетоносмесителей с наклоняющимся барабаном нужно несколько раз произвести наклон и подъем барабана, проследив за плавностью его движения, работой пневмопривода и за герметичностью сочленения загрузочных устройств со смесительным барабаном.

3.7.3 Во время работы необходимо наблюдать за показаниями манометров в системе гидро-(пневмо)привода, за нагревом подшипников опорных роликов и других подшипниковых узлов, а также за герметизацией каналов движения материалов. Во время работы машин нельзя производить никаких регулировок. Запрещается «помогать» машине во время операций загрузки или выгрузки. Обслуживающий персонал после сигнала «Пуск» должен находиться только на рабочих постах и специальных площадках.

3.7.4 При неудовлетворительном уходе за машиной, в частности, при плохой очистке ее барабана в ощутимых пределах уменьшается полезный объем барабана, что снижает производительность, а также повышает расход энергии, так как приходится вращать дополнительные массы. Поэтому в процессе работы через каждые 2 ч и в конце смены нужно промывать барабаны смесителей водой, а гравитационные бетоносмесители водой со щебнем. В конце смены необходимо промывать машины в целом водой из шланга. При мойке машин их электродвигатели должны быть отключены от сети.

### 3.8 Типичная конструкция автобетоносмесителя

3.8.1 Промышленностью выпускается три типа автобетоносмесителей СБ-92-1А, СБ-92В-1, СБ-159А. Принципиально они мало чем отличаются,

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

различия существуют лишь в приводе смесительного барабана. В автобетоносмесителе СБ-159А привод гидравлический с отбором мощности от двигателя, а в автобетоносмесителе СБ-92-1А вращение смесительного барабана осуществляется от редуктора через цепную передачу. Рассмотрим типичную конструкцию автобетоносмесителя на примере Автобетоносмеситель СБ-92-1А.

3.8.2 Автобетоносмеситель СБ-92-1А (рис. 3) рассчитан на работу при температуре окружающей среды выше 0°C. Загрузка его может осуществляться от специальных установок сухих компонентов бетонной смеси, а также от передвижных и стационарных бетонных заводов, приспособленных для выдачи сухих смесей.

Основные узлы автобетоносмесителя: шасси автомобиля, рама в сборе, смесительный барабан, загрузочно-разгрузочное устройство, бак для подачи воды, водяной насос, привод смесительного барабана и система управления приводом.

3.8.3 На раме под углом 15° к горизонту устанавливается смесительный барабан (рис. 4) на три опорные точки: на сферический подшипник в передней части передней стойки и на два опорных ролика на задней стойке, на которые опирается бандаж концевой части барабана. При движении автобетоносмесителя смесительный барабан фиксируется стопором, расположенным на задней стойке. Смесительный барабан снабжен двумя винтовыми лопастями, обеспечивающими перемещение бетонной смеси при вращении барабана по часовой стрелке и разгрузку при вращении в обратном направлении. Барабан имеет два люка: один аварийный, который крепится болтами, второй смотровой, закрепленный на двух петлях с помощью эксцентрикового прижима.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

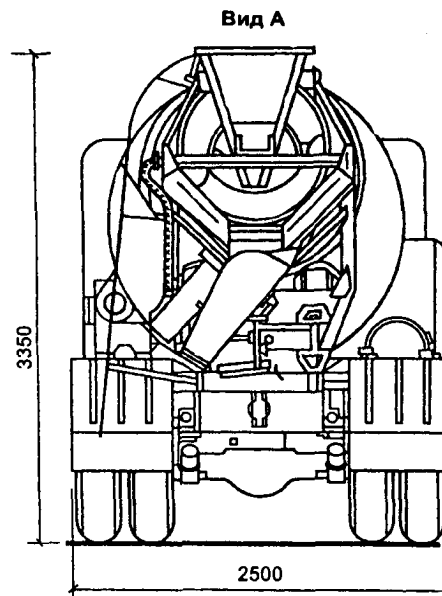
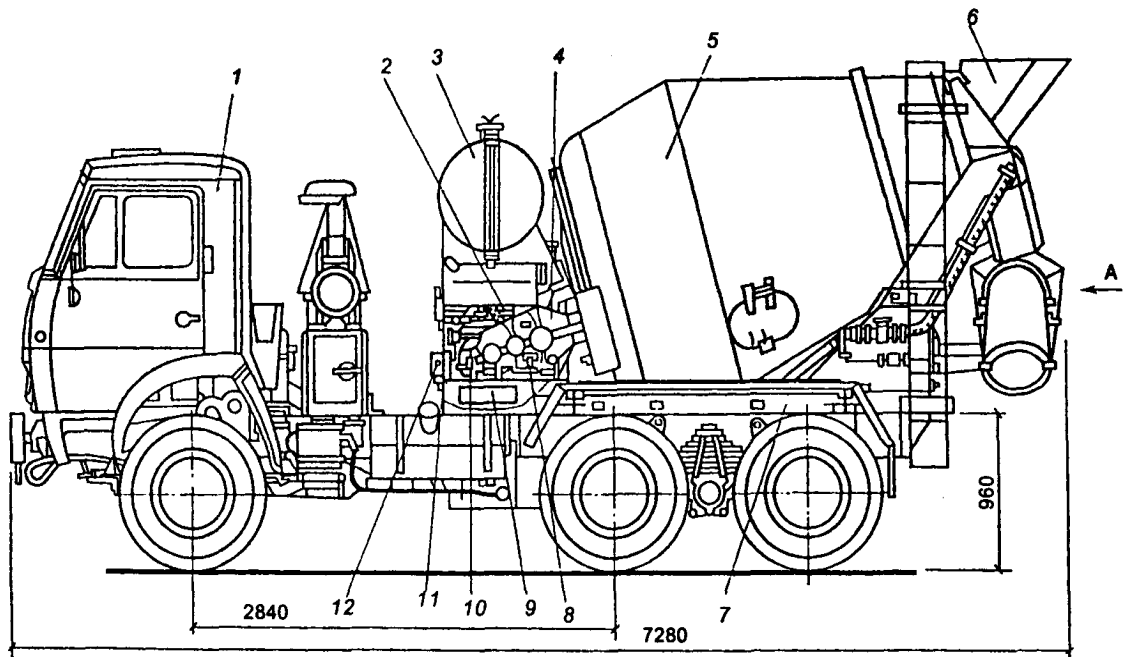


Рисунок 3 – Автобетоносмеситель СБ-92-1А: 1 — насосы КамАЗ-5511; 2 — управление компрессором; 3 — бак для воды; 4 — привод смесительного барабана; 5 — смесительный барабан; 6 — загрузочно-разгрузочное устройство; 7 — рама; 8 — управление реверсом редуктора; 9 — панель контрольно-измерительных приборов; 10 — муфта сцепления; 11 — муфта насоса; 12 — управление подачей топлива

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ

Лист

27

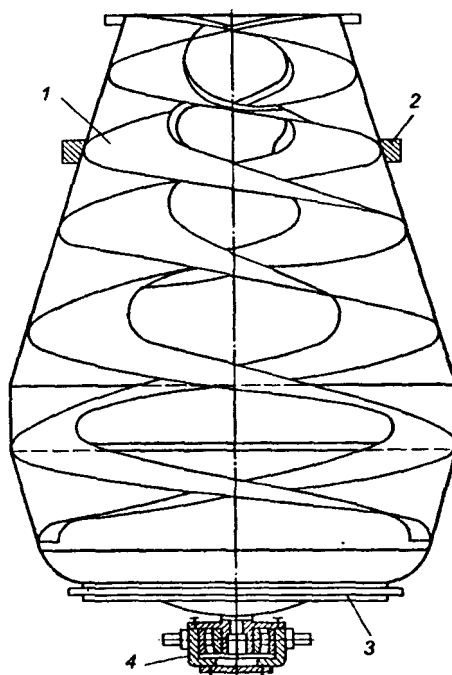


Рисунок 4 – Смесительный барабан:

1 — лопасти; 2 — бандаж; 3 — зубчатый венец; 4 — подшипник

3.8.4 Привод смесительного барабана состоит из индивидуального двигателя внутреннего сгорания, муфты сцепления, карданного вала и реверсивного редуктора. Вращение смесительного барабана осуществляется от редуктора через цепную передачу. Частота вращения смесительного барабана при загрузке выбирается в зависимости от производительности питающей установки и составляет 9–14,5 мин<sup>-1</sup>.

После загрузки смесительного барабана частота вращения двигателя уменьшается; перемешивание идет при частоте вращения смесителя 12 мин<sup>-1</sup>, побуждение готовой бетонной смеси – 9 мин<sup>-1</sup>.

3.8.5 Достоинствами привода водяного насоса от редуктора через цепную передачу являются:

- 1) Высокий КПД (98%), экономия энергии.
- 2) Высокая нагрузочная способность. Передача большой мощности практически без потерь
- 3) Высокая кинематическая точность

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ

Лист

28



4) Слабый разогрев. Благодаря высокому КПД вся энергия передается по назначению, а не превращается в тепло.

5) Хорошо работают в режимах частых пусков-остановок и неравномерных нагрузок на валы.

6) Обратимость, т.е. отсутствие самоторможения.

7) Высокая надежность, ресурс работы составляет не менее 15 тыс. час.

Привод водяного насоса от редуктора также имеет следующие недостатки:

1) Низкое значение передаточного отношения одной ступени. При необходимости увеличения передаточного числа требуется использовать двух- трех- или четырехступенчатые редукторы, что увеличивает размеры приводов.

2) Высокий уровень шума

3) Отсутствие самоторможения можно считать недостатком, если нужно, чтобы выходной вал не поворачивался под действием внешних нагрузок.

4) При запуске в работу нового изделия после 1–2 смен требуется заменить масло, чтобы удалить металлические стружки от приработки зубьев.

3.8.6 Для вращения смесительного барабана автобетоносмесителей также применяют:

– механический привод с помощью карданной передачи между коробкой отбора мощности КОМ основного ДВС и редуктором на барабане;

– ОГП с вращением редуктора от гидромотора и приводом насоса от автономного или основного ДВС.

Для объемного гидропривода применяют аксиально-поршневые гидромашины с замкнутой цепью циркуляции рабочей жидкости. Наиболее распространены на автобетоносмесителях гидромашины серии ГСТ производства ОАО «Гидросила» с автономными ДВС, в который мы добавим проектируемый нами контур привода водяного насоса (рис. 5). В состав ОГП

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

входят 2 контура: вращения смесительного барабана и привода водяного насоса.

### 3.9 Привод вращения смесительного барабана

3.9.1 Поток рабочей жидкости от насоса *H* поступает к гидрораспределителю *ГР2*. От гидрораспределителя поток рабочей жидкости направляется к гидромотору *М2*, включенный в соответствующую позицию.

### 3.10 Привод водяного насоса

3.10.1 Поток рабочей жидкости от насоса *H* поступает к гидрораспределителю *ГР1*. От гидрораспределителя поток рабочей жидкости направляется к гидромотору *М1*, включенный в левую позицию. В правой позиции распределитель *ГР1* сливает жидкость в бак.

### 3.11 Основные функции гидроаппаратуры

3.11.1 Давление рабочей жидкости в гидросистеме ограничивается предохранительным клапаном *КП1* и настраивается на давление на 15-25% выше номинального.

3.11.2 Контроль давления в системе осуществляется при помощи манометров *МН1* и *МН2*, установленных в напорной и сливной магистралях гидросистемы.

3.11.3 Для очистки рабочей жидкости в сливной магистрали устанавливают фильтр *Ф1*.

3.11.4 Регулирование скорости вращения гидромоторов осуществляется дросселированием потока рабочей жидкости при помощи дросселя *ДР1*.

3.11.5 Экономичность работы объемного гидропривода в значительной мере определяется уровнем автоматизации системы регулирования частоты вращения гидромотора, которую обеспечивает современная система управления для управления ОГП барабана автобетоносмесителя при вращении насоса от основного ДВС.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

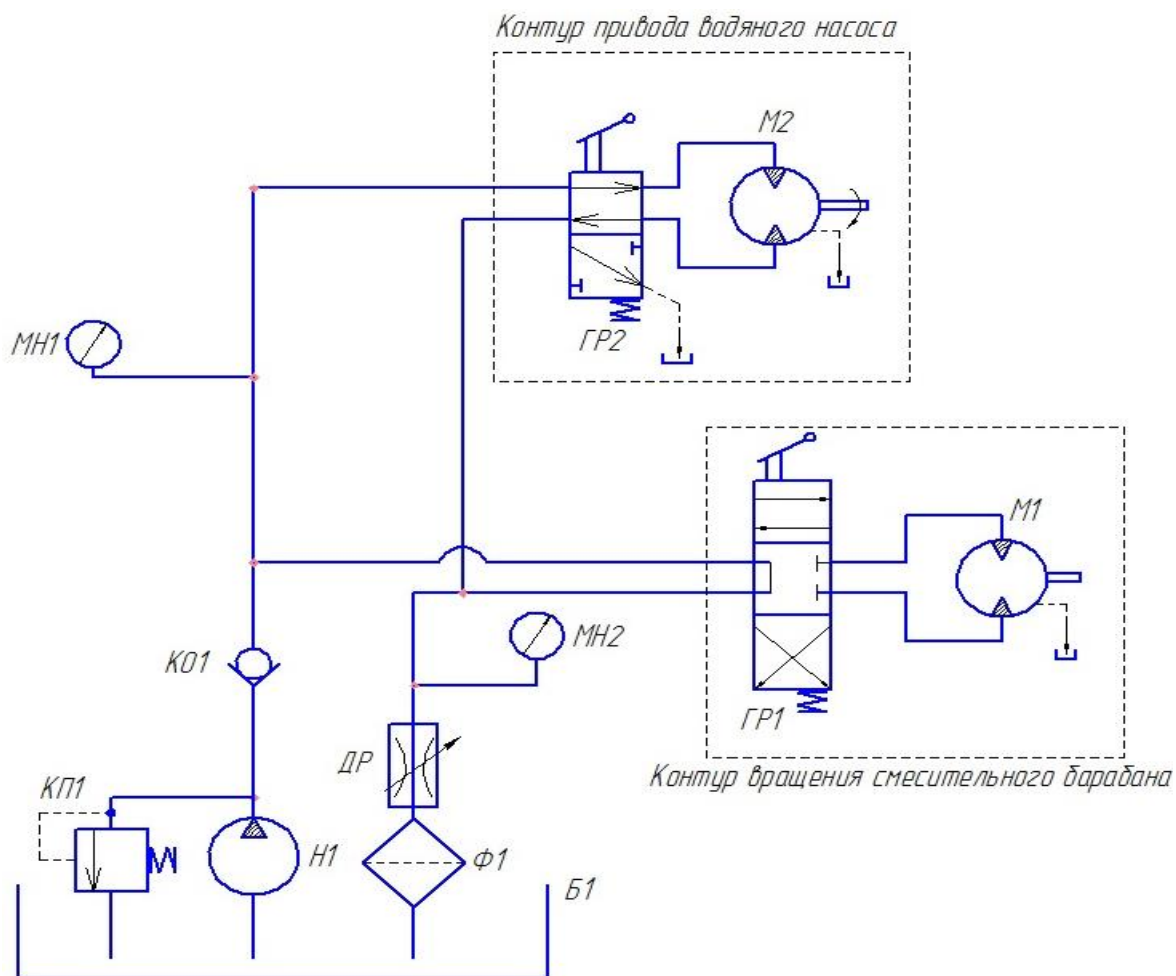


Рисунок 5 – Гидравлическая принципиальная схема ОГП автобетоносмесителя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ

Лист

31

## 4 РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГИДРОПРИВОДА

### 4.1 Назначение и способы регулирования

4.1.1 Назначение регулирования – ручного и автоматического – обеспечение заданного режима работы привода; поэтому регулирование можно определить как процесс установления заданных параметров – давления, скорости, числа оборотов и др. – на должном уровне в каждый момент цикла.

4.1.2 Режим работы оборудования зависит от многих взаимосвязанных между собой параметров и меняется непрерывно или периодически. Для поддержания режима более или менее неизменным, т.е. изменяющимся в заданных пределах либо изменяющиеся по заданному закону, необходимо воздействовать на органы управления. Воздействие может быть как ручным, так и автоматическим.

Ручное регулирование обычно ограничивается воздействием лишь по одному параметру, наиболее эффективно влияющим на изменение режима работы станка.

Автоматическое регулирование может производиться как по одному параметру, так и по нескольким.

Механизм привода, который необходимо регулировать называется регулируемым объектом, а устройство, осуществляющее непосредственно сам процесс регулирования, называют регулятором. Совокупность регулятора и регулируемого объекта образует систему регулирования.

Уровень и качество регулируемого процесса связаны с одним или несколькими параметрами, такими как, давление, скорость, ускорение, перемещение и т.д., их называют регулируемыми параметрами.

Автоматическое регулирование может быть двух видов: регулирование от параметров самого управляемого процесса, при помощи, например, различных аппаратов защиты, гидравлических стабилизаторов скорости и т.д.,

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

и управление от параметров, вводимых извне – так называемое программное управление.

4.1.3 Скорость гидродвигателя регулируется изменением расхода количества жидкости, протекающего в единицу времени через гидродвигатель. Осуществляется следующими способами:

1) либо посредством изменения режима работы насоса – регулированием производительности насоса;

2) либо посредством изменения, но при постоянном давлении, сопротивления участка трубопровода, по которому течет рабочая жидкость.

Первый способ регулирования называется объемным, второй – дроссельным. Каждый из этих способов регулирования может быть осуществлен изменением:

1) расхода жидкости в линии передачи энергии к гидродвигателю – регулирование «на входе»;

2) расхода в линии, выходящей из гидродвигателя – регулирование «на выходе».

Так как сложно и очень дорого, по сравнению с другими способами регулирования, стоимость объемного регулирования на выходе применяется редко и не является типовым способом регулирования в станкостроении.

4.1.4 Выбор способа регулирования зависит от мощности, необходимого давления, характера изменения полезной нагрузки, типа применяемого насоса и его характеристики и некоторых других факторов.

Скорость выходного звена гидропривода прямо пропорциональна количеству поступающей к нему жидкости, а при постоянной подаче обратно пропорциональна рабочему объему камер гидравлического двигателя.

4.1.5 При дроссельном способе регулирования скорости выходного звена происходит за счет изменения величины расхода рабочей жидкости, поступающей в гидродвигатель. При этом часть потока рабочей жидкости, пода-

ваемого насосом, отводится в сливную гидролинию, минуя гидродвигатель и не совершая полезной работы.

При дросселировании на входной или выходной линиях давление и расход насоса постоянны, следовательно, постоянна также и потребляемая им мощность. Скорость гидродвигателя зависит от величины сопротивления дросселя. Избыточная часть масла постоянно сливается через переливной клапан в бак, не выполняя никакой полезной работы.

При уменьшении скорости гидродвигателя возрастает сливаемый в бак избыток расхода насоса, и растут потери, а при увеличении скорости потери уменьшаются. Таким образом, дроссельное регулирование основано на изменении величины потерь, т.е. на изменении КПД гидросистемы. Поэтому дроссельное регулирование оправдывается только при малых мощностях гидродвигателя. Однако вследствие избыточной производительности насоса объемные потери меньше влияют на кинематическую жесткость гидросистемы, чем при объемном регулировании.

Достоинствами дроссельного регулирования являются широкий диапазон регулирования и его простота, недостатками – значительные потери энергии и низкий КПД. Для повышения КПД при дроссельном регулировании используют схему с двумя насосами различной подачи, которые могут быть включены поочередно или одновременно. В пределах каждой ступени плавное регулирование осуществляется дросселями. Дросселем называется местное гидравлическое сопротивление, специально предназначенное для регулирования скорости гидродвигателя и установленное на пути потока жидкости. Отличительной особенностью дросселя от обычных местных сопротивлений, например клапанов, заключается в том, что его проходное сечение изменяется только в результате внешнего воздействия на него, тогда как клапан изменяет свое проходное сечение под действием проходящего через него потока жидкости.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

4.1.6 При объемном способе регулирование скорости выходного звена происходит за счет изменения рабочего объема регулируемого насоса или регулируемого гидромотора. Отличительной особенностью объемного способа регулирования скорости является то, что в этом случае не происходит непроизводительного слива части потока рабочей жидкости. По этой причине такие гидроприводы всегда имеют более высокие энергетические характеристики.

Объемное регулирование характеризуется тем, что при постоянной нагрузке выходная мощность гидродвигателя пропорциональна расходу насоса. Гидромотор будет нагружен постоянным крутящим моментом, а силовой поршень – постоянной тяговой силой. Такой способ регулирования широко используется в различных отраслях машиностроения, особенно в тех машинах, для которых при трогании с места, необходима большая тяговая сила или наибольший крутящий момент.

4.1.7 В поршневом гидроприводе с объемным регулированием скорость движения звена регулируют изменением подачи насоса. Изменение скорости гидродвигателя производят, например, при изменении эксцентриситета  $e$  радиально-поршневого (вместо радиально-поршневого может быть использован аксиально-поршневой или пластинчатый насос) насоса. В схемах с объемным регулированием весь основной поток рабочей жидкости поступает в гидродвигатель без потерь на дросселированные, а рабочее давление насоса устанавливается соответственно нагрузке, поэтому КПД гидропривода с объемным регулированием достаточно высок.

В связи с тем, что утечки в насосе пропорциональны давлению в напорной гидролинии, при колебаниях нагрузки (и соответственно рабочего давления) количество рабочей жидкости, подаваемой насосом в гидродвигатель, и его скорость будут изменяться. Особенно заметно влияние нагрузки на скорость движения выходного звена гидродвигателя при малой величине установленной скорости. Это может привести к низкому качеству обработки и поломке режущего инструмента. Для обеспечения постоянства скорости гид-

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

ропривода применяют устройства стабилизации. Принцип работы системы стабилизации заключается в автоматическом регулировании подачи насоса при изменении давления и утечек [7].

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36



## 5 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА ГИДРОПРИВОДА

### 5.1 Выбор системы объемного гидропривода

5.1.1 Система объемного гидропривода выбирается, исходя из назначения, режимов работы и условий эксплуатации гидравлической машины и оборудования. Гидропривод может быть выполнен в виде замкнутой или разомкнутой системы, с одним или несколькими насосом. В гидроприводе с одним насосом (или несколькими, работающими на одну нагнетающую гидролинию) гидродвигатели могут включаться индивидуально, параллельно или последовательно. Каждая из схем включения гидродвигателя снабжается гидрораспределителями. Система с индивидуальным включением, как правило, предназначается для периодически работающих гидродвигателей с одинаковым рабочим давлением и расходом рабочей жидкости, как это имеет место, например, в гидроприводе автокрана.

5.1.2 В гидроприводе мобильных машин и оборудования применяют все указанные виды гидродвигателей, а также комбинации этих соединений. С целью более полного использования мощности двигателя, установленного на машине, применяют многонасосные системы гидропривода с насосами постоянного и изменяемого рабочего объема. Насосы изменяемого рабочего объема (регулируемые насосы) оснащаются регуляторами, обеспечивающими необходимую форму внешней характеристики гидропривода и необходимый диапазон регулирования. Совмещение операций во времени, как правило, достигается применением двух и более насосов, каждый из которых подключается к соответствующему гидродвигателю. Реже совмещение операций получают последовательным соединением гидродвигателей.

5.1.3 В разомкнутой системе (как правило, применяется в приводе гидроцилиндров) рабочая жидкость забирается насосом из бака, сообщающегося с атмосферой, в этот же бак сливается жидкость из гидродвигателя. В замкнутой системе сливная гидролиния гидродвигателя(гидромотора) является вса-

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

сывающей гидролинией насоса. В замкнутом контуре циркуляция жидкости не имеет свободной поверхности. Замкнутые системы гидропривода обладают рядом достоинств, среди которых важным является меньшая стоимость эксплуатации, окупающая повышенные затраты на изготовление. Недостаток этих систем – сложность охлаждения жидкости.

5.1.4 Гидропривод поступательного движения обычно выполняют с разомкнутой циркуляцией, а гидропривод вращательного движения – как с разомкнутой, так и с замкнутой циркуляцией, с насосами постоянной и переменной подачи.

Для систем с замкнутой циркуляцией для компенсации утечек и сжатии рабочей жидкости требуется подпитка во всасывающей гидролинии насоса.

5.1.5 Требования к гидроприводу (ГП), которыми следует руководствоваться при разработке его разработке:

1) ГП должен быть спроектирован, таким образом, чтобы его установочная мощность и потери энергии при его эксплуатации были минимальные.

2) В процессе работы ГП по возможности должны быть исключены интенсивные колебания давления в гидролиниях и прямые гидравлические удары.

3) Изменение величины давления и направления действия нагрузки приложенное к выходному звену ГП, а также температура рабочей жидкости не должны сказываться на скорости движения выходного звена и времени выполнения гидромашинной технологического цикла.

4) При работе ГП с попутной нагрузкой на выходном звене не должно происходить нарушение сплошности рабочей жидкости в напорной полости гидродвигателя.

5) В случае отказа в ГП должны быть предусмотрены устройства, позволяющие довести до конца технологический цикл гидромашинны или, по крайней мере, вернуть рабочее оборудование машины в исходное состояние.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

5.1.6 Выбору системы объемного гидропривода должно предшествовать ознакомление с требованиями, предъявляемыми к устройствам из которых состоит привод. Обосновав выбор системы гидропривода, строят упрощенную схему, начав ее с размещения гидродвигателей. Затем на рабочих линиях показывают места установки гидрораспределителей. После этого соединяют линиями нагнетания, слива и дренажа отдельные участки схемы, определяют места установки предохранительных, переливных, обратных и других клапанов. При необходимости отмечают места установки дросселей и регуляторов расхода, гидрозамков, блокировочных устройств и других элементов, обеспечивающих безаварийную работу машины.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

## 6 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГИДРОПРИВОДА

### 6.1 Схема гидравлическая принципиальная

6.1.1 Обычно гидравлическая схема станка составляется чисто интуитивно. Применение того или иного аппарата управления зависит от выполняющих функций в технологическом процессе.

Управление гидроаппаратами может быть механическое (кулачком, упорами, эксцентриками и т.д.), электрическое и гидравлическое. Все эти способы имеют свои отрицательные и положительные стороны, поэтому в каждом конкретном случае выбор системы управления гидроаппаратами основывается, главным образом, на качественной стороне вопроса в обобщенном сравнении их конструктивных, экономических и рабочих характеристиках.

При конструктивном сравнении обращается внимание на сложность конструкции и технологию изготовления, способ и простоту монтажа. Рабочие характеристики аппаратов управления сравнивают по точности, долговечности, быстродействию, надежности, равномерности рабочего хода и дальности действия.

Экономическими факторами сравнения являются стоимость изготовления и монтажа, КПД и эксплуатационные расходы.

Наладка и выявление дефектов монтажа в гидросистемах управления проще, чем, например, в электрических системах, так как гидравлические системы регулируются по показаниям прибора – манометра.

Долговечность гидроаппаратов управления, не имеющих возвратных пружин, неограниченная, в то время как электромеханические аппараты допускают число срабатываний не больше нескольких десятков тысяч. Дальность действия электросистем практически неограниченно, гидросистемы допускают протяженность трубопровода 40-50 м.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

6.1.2 Гидравлический привод водяного насоса автобетоносмесителя выполнен по открытой гидравлической схеме и предназначен для передачи механической энергии двигателя насосу, а от него гидродвигателю механизма.

Водяной насос автобетоносмесителя служит для промывки цистерны от остатков бетонной смеси после окончания работы.

Принципиальная гидравлическая схема гидропривода водяного насоса автобетоносмесителя изображена на рисунке 6. Гидропривод водяного насоса состоит из следующих элементов: насоса (Н), гидромотора (ГМ), гидрораспределителя (ГР), предназначенного для распределения потоков жидкости, ограничения давления и управления гидравлическим контуром, предохранительного клапана (КП), предназначенного для защиты от механического разрушения оборудования и трубопроводов избыточным давлением, путём автоматического перепуска избытка рабочей жидкости из системы с давлением сверх установленного. Для очистки рабочей жидкости от загрязнений в сливной гидролинии установлен фильтр (Ф). Для контроля давления предусмотрены манометры (М1-М2).

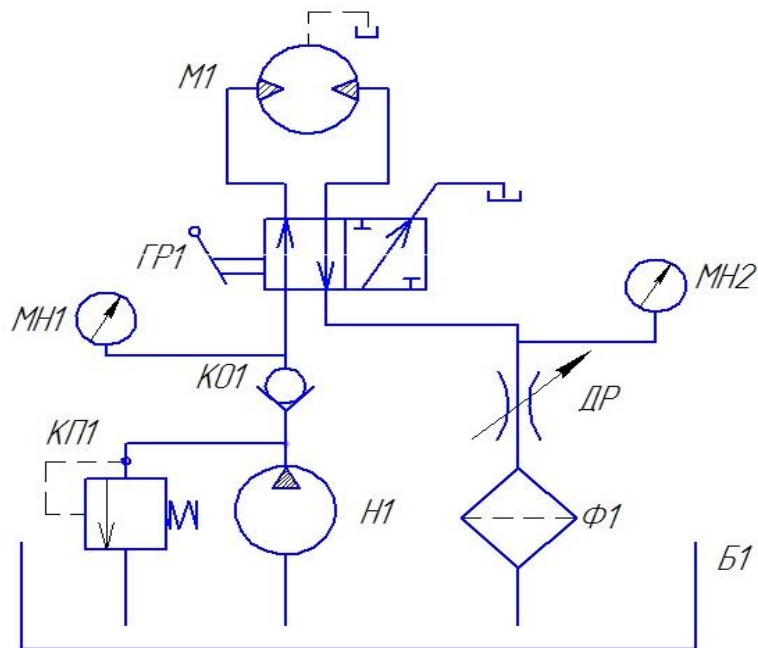


Рисунок 6 – Схема гидравлическая принципиальная

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

## 6.2 Исходные данные для проектирования гидропривода

6.2.1. Перед проектированием гидропривода и расчетом основных характеристик назначаются основные параметры. Изучив специализированную литературу и проанализировав существующие аналоги автобетоносмесителей, которые выпускают различные компании, например, ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов», задаем исходные данные для проектирования гидропривода. Данные параметры имеет один из самых распространенных автобетоносмесителей марки СБ-170, который активно используется в строительной промышленности.

Данные для проектирования:

Максимальная подача воды – 60 л/мин;

Максимальное давление воды – 20 атм;

КПД водяного насоса – 0,7;

Длина трубопровода от насоса до ГР – 3 м, от ГР до ГМ – 2 м;

Температура окружающей среды – от минус 30 до плюс 40°С;

Время непрерывной работы - до 6 часов;

Частота вращения вала насоса - 1500...1800 об/мин.

## 6.3 Описание работы гидропривода на основе предлагаемой гидравлической схемы

6.3.1 Механическая энергия двигателя преобразуется насосом  $H$  в энергию потока рабочей жидкости, которая направляется по системе трубопроводов к гидродвигателю механизма.

6.3.2 Поток рабочей жидкости от насоса  $H$  поступает к гидрораспределителю  $ГР1$ . От гидрораспределителя поток рабочей жидкости направляется к гидромотору  $ГМ1$ .

6.3.3 Давление рабочей жидкости в гидросистеме ограничивается предохранительным клапаном  $КП$  и настраивается на давление на 15-25% выше номинального.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

6.3.4 Контроль давления в гидросистеме осуществляется при помощи манометров *MН1* и *MН2*, установленных соответственно в напорной и сливной магистралях гидросистемы.

6.3.5 Для очистки рабочей жидкости в сливной магистрали устанавливают фильтр *Ф*. Фильтры — это специальные фильтрующие элементы, очищающие рабочую жидкость от мелких загрязнений, пыли, металлической стружки, волокон, элементов химического распада масла и др. Устройства широко применяются на производстве, в строительстве, дорожно-коммунальной сфере и др. Установка фильтров позволяет сохранить рабочие части (насосы, клапаны и др.) систем гидроприводов машин и мобильной техники, которые работают в условиях высокого давления и постоянно соприкасаются с рабочей жидкостью.

6.3.6 Регулирование скорости гидродвигателя может осуществляться изменением частоты вращения вала насоса и дросселированием рабочей жидкости в каналах гидрораспределителя.

#### 6.4 Приведение гидромотора в рабочее положение

6.4.1 Рабочая жидкость от насоса *Н* поступает в напорную магистраль гидрораспределителя *ГР1*.

При правом положении золотника гидрораспределителя *ГР1* гидромотор *М* находится в нерабочем состоянии, напорная магистраль соединена со сливом. Рабочая жидкость от насоса *Н* под давлением направляется в гидробак *Б*.

Для приведения гидромотора в рабочее положение золотник гидрораспределителя *ГР1* должен быть выставлен в соответствующее положение (левая позиция). При этом рабочая жидкость от насоса *Н* через этот гидрораспределитель *ГР1* поступает в гидромотор *М*, создавая крутящий момент на его валу.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

6.4.2 Принцип действия гидравлического мотора прост и соответствует требованиям надежности к этому механизму. При работе гидромотора происходит преобразование энергии жидкости (подача рабочей жидкости под давлением) в механическую энергию. Сам процесс описывается, как периодическое заполнение рабочей камеры жидкостью при дальнейшем её вытеснении. Слив происходит с потерей давления, что позволяет получить полезный перепад давления, который и трансформируется в механическую энергию.

6.4.3 Преимущество, которым обладают гидромоторы обусловлено широким диапазоном регулирования частоты вращения. Так при использовании гидрораспределителя или других средств, регулирующих движение вала, можно добиться показателей 30-40 об/мин, а гидромоторы специального исполнения позволяют задать параметры 1-4 об/мин.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44



## 7 РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

### 7.1 Выбор номинального давления

7.1.1 Номинальное давление  $p_{ном}$  выбирают, исходя из номенклатуры и технических характеристик гидрооборудования, главным образом, насосов и гидромоторов. Рабочее давление, при котором должен работать гидропривод регламентирует ГОСТ 12445-80 [8].

7.1.2 Следует иметь в виду, что с повышением давления уменьшается масса и стоимость гидролиний, насосов, гидродвигателей и гидроаппаратов. Однако увеличение давления, например, свыше 50 МПа ведет к значительному проявлению сжимаемости рабочей жидкости (свыше 3%), а также необходимости увеличения прочности гидроагрегатов и гидролиний в таких пределах, когда начинает сказываться увеличение их массы.

Так, например, гидроприводы строительных и дорожных машин работают на давлении от 10 до 20 МПа.

Принимаем номинальное давление  $p_{ном}=10$  МПа.

### 7.2 Выбор рабочей жидкости

7.2.1 От правильности выбора рабочей жидкости зависит работоспособность и долговечность гидропривода. Для эффективной работы гидропривода необходимо, чтобы рабочая жидкость соответствовала условиям эксплуатации. Чем ниже температура рабочей жидкости, тем менее вязкую жидкость следует выбирать и наоборот. Выбор рабочей жидкости производится в зависимости от температурных условий, режима работы гидропривода и его номинального давления.

7.2.2 В качестве рабочих принимают специальные гидравлические жидкости, рекомендуемые для гидропривода строительных и дорожных машин.

7.2.3 Температуры застывания принимаемых жидкостей должны быть ниже минимальной температуры воздуха на  $10^0...15^0$ С. Указанным требовани-

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

ям отвечает гидравлическое масло марки ВМГЗ [2]. Технические характеристики которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики рабочих жидкостей

Марка жид- кости	Плотность при +50 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость при +50 <sup>0</sup> С, м <sup>2</sup> /с·10 <sup>-6</sup>	Кинематическая вязкость при +80 <sup>0</sup> С, м <sup>2</sup> /с·10 <sup>-6</sup>	Температура за- стывания, <sup>0</sup> С
ВМГЗ	890	11,5...20,5	6	-45

### 7.3 Расчет основных параметров гидромотора:

#### 7.3.1 Мощность, потребляемая водяным насосом:

$$N_{\text{ПОТ}_{\text{НВ}}} = \frac{Q_B \cdot p_B}{\eta}; \quad (1)$$

$$N_{\text{ПОТ}_{\text{НВ}}} = \frac{Q_B \cdot p_B}{\eta} = \frac{0,001 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}}{0,7} = 2857 \text{ Вт} \approx 2,86 \text{ кВт}.$$

где  $Q_B$  – максимальная подача воды – 60 л/мин (0,001 м<sup>3</sup>/с);

$p_B$  – максимальное давление воды – 20 атм. (2 МПа)

$\eta$  – КПД водяного насоса – 0,7;

7.3.2 Потребляемая мощность вала водяного насоса это полезная мощность, получаемая от ГМ

Момент, возникающий на валу водяного насоса

$$N_{\text{ПОТ}_{\text{НВ}}} = N_{\text{ГМ}} = M \cdot \omega \Rightarrow \quad (2)$$

$$M_H = \frac{N_{\text{ГМ}}}{\omega} 4$$

$$M_H = \frac{N_{\text{ГМ}}}{\omega} = \frac{60 \cdot N_{\text{ГМ}}}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{2,86 \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot 1500} = 18,22 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

#### 7.3.3 Рабочий объём ГМ

Рабочий объём гидромотора находим по формуле:

$$V_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_H}{p \cdot \eta_M}; \quad (3)$$

$$V_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_H}{p \cdot \eta_M} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 18,22}{10 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 12,05 \text{ см}^3.$$

Лучше всего выбирать те гидродвигатели, которые активно выпускаются промышленностью. В гидроприводах дорожных машин наибольшее распространение получили роторные, радиально-поршневые и аксиально-поршневые гидромоторы. К перспективным видам гидромашин следует отнести шестеренные гидромашины с внутренним зацеплением и специальным профилем зубьев [7]. Так как у нас в результате расчетов получился рабочий объем 12,05 см<sup>3</sup>, с помощью каталогов выбираем гидромотор, который очень близко к нашему расчетному рабочему объему.

Согласно каталогам наиболее оптимальным по своим параметрам будет являться аксиально-поршневой гидромотор БК2.957.179, получивший широкое распространение в строительной технике благодаря компактности конструкции высоким техническим характеристикам.

Таблица 3 – Основные параметры нерегулируемого аксиально-поршневого гидромотора

Основные параметры ГМ	Нерегулируемый аксиально-поршневой гидромотор БК2.957.179
Рабочий объем $V_0$ , см <sup>3</sup>	16
Номинальный расход, л/мин	24
Номинальное давление $P$ , МПа	16
Частота вращения, об/мин	
минимальная	3
номинальная	1500
максимальная	3000
Номинальный крутящий момент, $H \cdot м$	37,3
Номинальная (эффективная) мощность, кВт	6,4
Объемный КПД $\eta_0$	0,95
Полный КПД, $\eta$	0,91

Требуемый расход необходимый для вращения гидромотора определяем по формуле:

$$Q_{ГМ} = \frac{V_0 \cdot n}{\eta_0}; \quad (4)$$

$$Q_{ГМ} = \frac{V_0 \cdot n}{\eta_0} = \frac{16 \text{ см}^3 \cdot 1500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}}{0,95} = 25,26 \frac{\text{л}}{\text{мин}}.$$

#### 7.4 Расчет параметров и выбор гидронасоса

7.4.1 В гидроприводах мобильных машин применяются, главным образом, насосы объемного действия, в которых повышение давления создается за счет статического напора. В гидроприводах дорожных и строительных машин наибольшее распространение получили шестеренные насосы, пластинчатые насосы, радиально-поршневые и аксиально-поршневые насосы [1, с. 32].

7.4.2 Наиболее важным требованием при выборе насоса являются: обеспечение требуемых усилий и скоростей движения.

7.4.3 Определяем тип насоса и его основные параметры. Насос выбирают по следующим основным параметрам: номинальному давлению и расходу, а также частоте вращения вала насоса.

7.4.3.1 Номинальное давление принимается  $p_{НОМ} = 10$  МПа.

7.4.3.2 Определим расход, который должен обеспечить насос.

Требуемый расход, который должен обеспечить насос необходимый для вращения гидромотора с частотой вращения  $n_{ш} = 1500$  об/мин и составляет  $Q = 25,26 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$ .

7.4.3.3 В задании на проектирование гидропривода предварительно частота вращения вала гидронасоса может изменяться от 1500 до 1800 об/мин. Исходя из этого, определим рабочий объем насоса при разной частоте вращения по формуле:

$$V_0 = \frac{Q_{ТР}}{n}; \quad (5)$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 4.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Таблица 4 – Зависимость рабочего объема от частоты вращения

Частота вращения $n$ , $\frac{об}{мин}$	Рабочий объем $V_0$ , $см^3$
1500	16,84
1600	15,79
1700	14,86
1800	14,03

Для диапазона частот от 1500 до 1800 об/мин рабочий объем изменяется от 16,84  $см^3$  до 14,03  $см^3$ .

7.4.4 Лучше всего выбирать те насосы, которые активно выпускаются промышленностью. Рабочий объем может изменяться от 16,84  $см^3$  до 14,03  $см^3$ , а наибольшая подача, которую должен создавать насос  $Q = 25,26 \frac{л}{мин}$ . Согласно вышесказанному, мы можем выбрать шестеренный насос, который очень часто используют в промышленности.

7.4.5 Современные шестеренные насосы наружного зацепления имеют диапазон рабочих объемов 0,25 до 250  $см^3$ , рабочее давление до 32 МПа и частоту вращения 500 до 6000 об/мин (в зависимости от рабочего объема).

Схема действия насоса показана на рисунке 7.

Основные детали – зубчатые колеса 1 и 4, расположенные в расточках корпуса 3. При вращении колес в направлении, указанном стрелкой, рабочая жидкость из бака всасывается в камеру 5, где зубья выходят из зацепления, создавая вакуум, затем во впадинах между зубьями она переносится в камеру 2, откуда под давлением  $p$  вытесняется в напорную линию зубьями, входящие в зацепление (S-линия всасывания).

Шестеренные насосы отличаются компактностью, позволяющей создавать многопоточные связки (до трех-четырех насосов и более); малым числом подвижных деталей; возможностью работы в широком диапазоне

частот вращения и вязкостей рабочей жидкости; сравнительно низкой стоимостью.

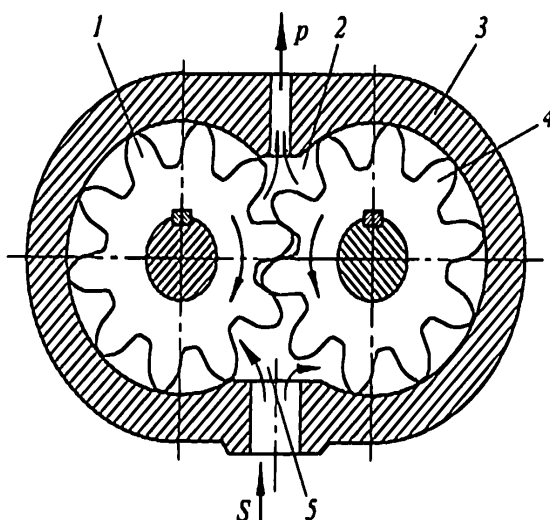


Рисунок 7 – Схема действия шестеренного насоса

7.4.6 Используя каталоги, выбираем для нашего гидропривода шестеренный насос НШ16Г-3 с рабочим объемом 16 см<sup>3</sup>.

Шестеренный насос НШ16Г-3 предназначен для нагнетания рабочей жидкости в гидравлических системах различных механизмов, машин, тракторов, погрузчиков, агрегатах сельскохозяйственной, строительной, дорожной, лесной, коммунальной техники.

7.4.7 Особенно эффективно использование насосов данной марки на машинах со стесненными габаритами в зоне установки. Насос крепится на валу отбора мощности, крутящий момент передается при помощи шлицевого соединения вала насоса и вала отбора мощности, или приводного устройства иного типа. Возможно, так же, применение насосов в различных стационарных установках с приводом от электродвигателей различных типов. Диапазон кинематической вязкости минерального масла 20–213 мм<sup>2</sup>/с при температуре от +10 до +50 °С.

Основные параметры шестеренного насоса НШ16Г-3 заносим в таблицу 5.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Таблица 5 – Основные параметры шестеренного насоса НШ16Г-3

Основные параметры насоса	Шестеренный насос НШ16Г-3
Рабочий объем $V_0$ , см <sup>3</sup>	16
Номинальная подача, л/мин	34,4
Номинальное давление $P$ , МПа	16
Частота вращения насоса, об/мин	
максимальная	3000
минимальная	500
Потребляемая мощность, не более кВт	11,72
Объемный КПД $\eta_0$	0,92
Полный КПД, $\eta$	0,85

Определим частоту вращения вала при котором будет создаваться требуемая подача по формуле:

$$Q = V_0 \cdot n; \quad (6)$$

где  $Q$  – требуемая подача  $25,26 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$ ;  $V_0$  – рабочий объем насоса  $16 \text{ см}^3$  ( $16 \cdot 10^{-3} \text{ л}$ )

$$n = \frac{Q}{V_0} = \frac{25,26 \frac{\text{л}}{\text{мин}}}{16 \cdot 10^{-3} \text{ л}} = 1579 \text{ об / мин.}$$

Подача  $Q = 25,26 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$ , необходимая для вращения гидромотора будет обеспечиваться при частоте вращения вала  $n=1579$  об/мин.

## 8 ВЫБОР ОСНОВНОЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ

### 8.1 Подбор гидроаппаратуры

Согласно выбранной схеме гидропривода, а также учитывая значения расходов и давлений, произведем подбор гидроаппаратуры. Выбор основных гидроагрегатов осуществляется по известным параметрам: номинальному давлению  $p_{НОМ} = 10$  МПа и максимальному расходу рабочей жидкости  $Q = 25,26 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$ . Применительно к нашему гидроприводу водяного насоса автобетоносмесителя, необходимо выбрать гидрораспределитель, дроссель, обратный клапан и фильтры.

#### 8.1.1 Выбор гидрораспределителя

Выбираем гидрораспределитель марки 1Р6 по каталогам и заносим его основные параметры в таблицу 6 [1].

Таблица 6 – Характеристики гидрораспределителя ГР

Основные параметры ГР	1Р6
Расход масла, л/мин	20...26
Диаметр условного прохода, мм	6
Номинальное давление $P$ , МПа	32
Максимальное давление на выходе, МПа	6
Максимальное давление управления, МПа	0,6-6,0

Золотниковые гидрораспределители предназначены для управления исполнительными механизмами в станкостроении, полиграфической, сельскохозяйственной, транспортной, дорожной, погрузочно-разгрузочной, пожарной и другой технике.

Гидрораспределители типа 1Р6 предназначены для изменения направления или пуска и остановки потока рабочей жидкости в гидравлических системах станков, прессов и других стационарных машин с давлением до 32 МПа.



Виды управления - ручное, гидравлическое, электрогидравлическое. Возможны варианты исполнений с одним и двумя электромагнитами, с дроссельной плитой.

Гидрораспределители эксплуатируются на минеральных маслах с кинетической вязкостью от 10 до 400 мм<sup>2</sup>/с с номинальной тонкостью фильтрации не грубее 25 мкм.

Разрешается эксплуатация гидрораспределителей при температуре окружающей среды от -40 до +50 °С.

### 8.1.2 Выбор предохранительного клапана

Выбираем предохранительный клапан КП марки ТУ2-053-5749043-002-88 по каталогу [1] и заносим их основные параметры в таблицу 7.

Таблица 7 – Характеристики предохранительного клапана

Основные параметры КП	ТУ2-053-5749043-002-88
Диаметр условного прохода, мм	10
Расход масла, л/мин	40
Номинальное давление $P$ , МПа	12,5
Суммарные утечки см <sup>3</sup> /мин, не более	100

Утечки через запорно-регулируемый элемент не допускаются.

### 8.1.3 Выбор фильтра

Выбираем фильтр марки 1.1.25-25 по каталогу [2] и заносим его основные параметры в таблицу 8.

Таблица 8 – Характеристики фильтра

Основные параметры фильтра	1.1.25-25
Тонкость фильтрации, мм	25
Номинальная пропускная способность, л/мин	63
Номинальное давление, МПа	0,63
Фильтрующий материал	15ФМ

В зависимости от мест установки фильтров в гидросистеме различают фильтры высокого и фильтры низкого давления. Последние можно устанавливать только на всасывающих или сливных гидролиниях.

#### 8.1.4 Выбор дросселя

Выбираем регулируемый дроссель ДР марки МПГ55-12 по каталогу [3] и заносим их основные параметры в таблицу 9.

Таблица 9 – Характеристики дросселя

Основные параметры дросселя	МПГ55-12
Диаметр условного прохода, мм	10
Номинальный расход жидкости, л/мин	20
Номинальное давление, МПа	10
Перепад давления на дросселе регулятора расхода не менее, МПа	0,15-0,25

Назначение данной гидроаппаратуры состоит в том, чтобы, независимо от нагрузки и лимита давления в напорной линии, поддерживать определенную скорость перемещения рабочих органов гидравлических систем.

#### 8.1.5 Выбор гидробака

Гидробаки предназначены для размещения необходимого объема рабочей жидкости, компенсации разности объемов рабочих полостей, компенсации утечек, охлаждения рабочей жидкости, ее отстоя, выпуска паров и воздуха.

Размеры и конструкция гидробаков зависят от конкретных условий применения. Основным параметром является вместимость. Номинальные вместимости гидробаков должны соответствовать значениям из предпочтительного ряда в соответствии с ГОСТ 14065-68. Объем гидробака (полезную вместимость) обычно выбирают равным трехминутной и более производительности насоса.

## 9 РАСЧЕТ И ВЫБОР ТРУБОПРОВОДОВ

### 9.1 Расчет трубопроводов

9.1.1 Расчет трубопровода сводится к определению диаметра и потерь давления. Расчет проводим по линиям.

Типоразмер любого трубопровода характеризуется диаметром условного прохода  $d_v$ , равным внутреннему диаметру трубы  $d_m$ .

При выполнении расчетов условный проход трубопровода определяют из выражения

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{ж}}}; \quad (7)$$

где  $Q$  – расход жидкости в рассчитываемом трубопроводе;  $v_{ж}$  – скорость жидкости.

При выборе внутреннего диаметра трубопровода необходимо учитывать соответствие его значений стандартному ряду ГОСТ 8734-75 (8;10; 12; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80 мм).

После определения значения условного прохода  $d_v$  в соответствии с ГОСТ необходимо уточнить фактическую скорость движения рабочей жидкости в трубопроводах.

### 9.1.2 Допустимые скорости жидкости в соответствующих линиях:

$v_{доп} \leq (0,5 - 1,5) \frac{M}{c}$  – всасывающий трубопровод. Предварительно принимаем  $v'_{ж} = 1 \frac{M}{c}$ .

$v_{доп} \leq (1,4 - 2,2) \frac{M}{c}$  – сливной трубопровод. Предварительно принимаем  $v'_{ж} = 2,2 \frac{M}{c}$ .

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$v_{доп} \leq (3-6) \frac{м}{с}$  – напорный трубопровод. Предварительно принимаем

$$v'_ж = 5,2 \frac{м}{с}.$$

## 9.2 Расчет сечения трубопроводов

9.1.3 Максимальный расход  $Q=25,26$  л/мин ( $4,21 \cdot 10^{-4} \frac{м^3}{с}$ ), который необходим для работы водяного насоса.

I. Всасывающий трубопровод:

1) Площадь сечения трубы  $S_{ТБ} = \frac{Q}{v'_ж} = \frac{4,21 \cdot 10^{-4}}{1} = 4,21 \cdot 10^{-4} м^2$ ;

2) Диаметр трубы  $D_v = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{ТБ}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,21 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0,0232 м = 23,2 мм$ . Принимаем  $d_v = 25 мм$ .

3) Реальная скорость жидкости  $v_{ж} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_v} = \frac{4 \cdot 4,21 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,025^2} = 0,86 \frac{м}{с}$ .

4) Длина трубопровода  $L_{вс} = 1 м$ .

II. Сливной трубопровод:

1) Площадь сечения трубы  $S_{ТБ} = \frac{Q}{v'_ж} = \frac{4,21 \cdot 10^{-4}}{2,2} = 1,91 \cdot 10^{-4} м^2$ ;

2) Диаметр трубы  $d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{ТБ}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,91 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0,0156 м = 15,6 мм$ . Принимаем  $d_v = 16 мм$ .

3) Реальная скорость жидкости  $v_{ж} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_v} = \frac{4 \cdot 4,21 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,016^2} = 2,09 \frac{м}{с}$ .

4) Длина трубопровода  $L_{сл} = 6 м$ .

III. Напорный трубопровод:

1) Площадь сечения трубы  $S_{ТБ} = \frac{Q}{v'_ж} = \frac{4,21 \cdot 10^{-4}}{5,5} = 0,765 \cdot 10^{-4} м^2$ ;

2) Диаметр трубы  $d_y = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{ТБ}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,765 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0,00987 \text{ м} = 9,87 \text{ мм};$

Принимаем  $d_y = 10 \text{ мм}.$

3) Реальная скорость жидкости  $v_{ж} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_y} = \frac{4 \cdot 4,21 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,01^2} = 5,36 \frac{\text{м}}{\text{с}} ;$

4) Длина трубопровода  $L_{нап} = 5 \text{ м}.$

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>57</i>

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ГИДРОСИСТЕМЕ

### 10.1 Суммарные потери давления

Потери в гидротрубопроводах  $\Delta p_{\text{гт}}$  состоят из потерь давления на трение в трубопроводах и потерь давления на местных сопротивлениях (гидроагрегатах).

#### 10.1.1 Потери давления на трение:

1) Напорный трубопровод:

а) Потери давления на трение в трубопроводах при работе гидромотора:

1) Число Рейнольдса находим по формуле:

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{ж}} \cdot d_{\text{в}}}{\nu} ; \quad (8)$$

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{ж}} \cdot d_{\text{в}}}{\nu} = \frac{5,36 \cdot 0,01}{15 \cdot 10^{-6}} = 3573.$$

Число Рейнольдса лежит в границах от  $\text{Re}_{\text{кр}} < \text{Re} < 20 d_{\text{в}} / \Delta$ , где  $\Delta$  - абсолютная шероховатость трубы, а  $\text{Re}_{\text{кр}}$  - критическое значение числа Рейнольдса. Принимается  $\text{Re}_{\text{кр}} = 2300$ . Исходя из выше сказанного, коэффициент гидравлического сопротивления считаем по формуле Блазиуса:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (9)$$

Принимаем  $\Delta = 0,06$  мм для новых стальных труб [13].

2) Определяем коэффициент гидравлического трения по формуле (15):

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} = \frac{0,316}{3573^{0,25}} = 0,0409.$$

3) Потери давления на трение находим по формуле:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{в}}} \cdot \rho \cdot \frac{v_{\text{ж}}^2}{2} ; \quad (10)$$

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{в}}} \cdot \rho \cdot \frac{v_{\text{ж}}^2}{2} = 0,0409 \cdot \frac{5}{0,01} \cdot 890 \cdot \frac{5,36^2}{2} = 261446,5 \text{ Па}.$$

2) Сливной трубопровод:

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

а) Потери давления на трение в трубопроводах при работе гидромотора:

1) Определяем число Рейнольдса по формуле (8):

$$Re = \frac{v_{ж} \cdot D_y}{\nu} = \frac{2,09 \cdot 0,016}{15 \cdot 10^{-6}} = 2229.$$

Число Рейнольдса лежит в границах от  $Re_{кр} < Re < 20 D_y / \Delta$ , где  $\Delta$  - абсолютная шероховатость трубы, а  $Re_{кр}$  - критическое значение числа Рейнольдса. Принимается  $Re_{кр} = 2300$ . Исходя из выше сказанного, коэффициент гидравлического трения считаем по формуле Пуазейля [4, с. 78], так как  $Re_{кр} < 2300$ .

2) Определяем коэффициент гидравлического трения по формуле:

$$\lambda = \frac{64}{Re}; \quad (11)$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{2229} = 0,0287.$$

3) Потери давления на трения определяем по формуле (10):

$$\Delta p_{тр} = \lambda \cdot \frac{L}{D_y} \cdot \rho \cdot \frac{v_{ж}^2}{2} = 0,0287 \cdot \frac{6}{0,016} \cdot 890 \cdot \frac{2,09^2}{2} = 20920,2 \text{ Па.}$$

#### 10.1.2 Потери давления в гидроаппаратуре:

Потери рабочего давления при прохождении рабочей жидкости через контрольно-регулирующую, распределительную и вспомогательную аппаратуру  $\Delta p_r$  определяются в соответствии с принятой схемой гидропривода. Величина потерь давления в гидроаппаратуре принимается из их технических характеристик или определяется расчетом местных потерь давления в гидроаппаратуре. Для этого необходимо учесть коэффициент местных сопротивлений гидроаппаратуры (таблица 10).

При расчете местных потерь давления можно объединить коэффициенты местных сопротивлений трубопроводов и гидроаппаратуры и получить общие результаты или считать отдельно. Расчет сопротивлений проводился по отдельным участкам.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

1) Напорный трубопровод:

Потери давления в гидроаппаратуре считаем по формуле:

$$\sum \Delta p_{\Gamma} = \rho \cdot \sum \zeta_M \cdot b \cdot \frac{v^2}{2}, \quad (12)$$

где  $\zeta_M$  – коэффициент местного сопротивления, численное значение которого может быть определено из справочной и учебной литературы [2, с. 9]; некоторые значения коэффициентов местных сопротивлений приведены в таблице 10;  $\rho$  – плотность рабочей жидкости;  $v$  – скорость жидкости в соответствующем трубопроводе;  $b$  – поправочный коэффициент, приближенно учитывающий при ламинарном режиме зависимость коэффициентов местного сопротивления от критерия  $Re$ . При турбулентном режиме коэффициент  $\zeta_M$  не зависит от числа  $Re$  и поэтому коэффициент  $b = 1,0$ . Значение коэффициента  $b$  может быть определено по графику (рисунок 8).

Режим будет ламинарным, если

$$Re < Re_{кр};$$

и турбулентным, если

$$Re > Re_{кр};$$

То есть, для нашего случая реализуется турбулентный режим течения в трубах на всех участках трубопровода (см. п. «Потери давления на трение»).

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60



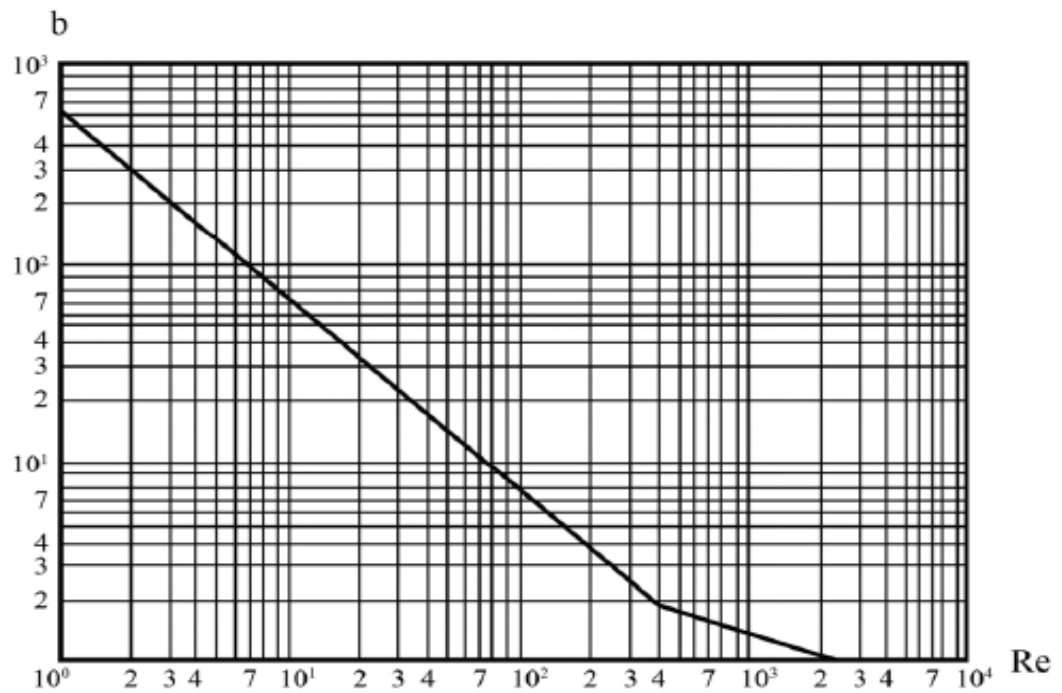


Рисунок 8 – Зависимость поправочного коэффициента  $b=f(Re)$

а) Потери давления в гидроагрегатах при работе гидромотора находим по формуле (12):

$$\sum \Delta p_{Г_{ГМ1}} = \rho \cdot \sum \zeta_M \cdot b \cdot \frac{v^2}{2} = \rho \cdot \sum (\zeta_{ГР1}) \cdot b \cdot \frac{v^2}{2} = 890 \cdot \sum (3) \cdot 1 \cdot \frac{4,93^2}{2} = 32447,04 \text{ Па},$$

где  $\zeta_{ГР1}$  – коэффициент местного сопротивления гидрораспределителя ГР1. Определяется по таблице 10, принимаем  $\zeta_{ГР1} = 3$ .

Общие потери давления в гидроагрегатах при работе гидромотора:

$$\Delta p_{ГН} = \Delta p_{Г_{ГМ}} = 2498,095 + 20818,41 = 23316,505 \text{ Па}$$

2) Сливной трубопровод:

а) Потери давления в гидроаппаратуре при работе гидромотора:

$$\sum \Delta p_{Г_{ГМ2}} = \rho \cdot \sum \zeta_M \cdot b \cdot \frac{v^2}{2} = \rho \cdot \sum (\zeta_{ГР1} + \zeta_{ДР1} + \zeta_{Ф1} + \zeta_{ГБ}) \cdot b \cdot \frac{v^2}{2} = 890 \cdot \sum (3 + 2,2 + 0,8 + 2) \cdot 3 \cdot \frac{1,93^2}{2} = 13260,64 \text{ Па},$$

где  $\zeta_{ДР1}$  – коэффициент местного сопротивления дросселя ДР1. Определяется по таблице 10, принимаем  $\zeta_{ДР1} = 2,2$ .

$\zeta_{ГБ}$  – коэффициент местного сопротивления на внезапное расширение (вход в гидробак). Определяется по таблице 10, принимаем  $\zeta_{ГБ} = 0,8$ .

$\zeta_{Ф1}$  – коэффициент местного сопротивления фильтра  $\Phi 1$ . Определяется по таблице 12, принимаем  $\zeta_{Ф1} = 2$ .

$b$  – поправочный коэффициент, приближенно учитывающий при ламинарном режиме зависимость коэффициентов местного сопротивления от критерия  $Re$ . Значение коэффициента  $b$  может быть определено по графику (рисунок 7).  $Re < Re_{кр}$ , число Рейнольдса  $Re = 2059$ , значит, режим течения в трубах будет ламинарным. По графику рис. 7 определяем коэффициент  $b = 3$ .

Общие потери давления в гидроагрегатах в напорном и сливном трубопроводах:

$$\Delta p_{ГА} = \Delta p_{ГМ1} + \Delta p_{ГМ2} = 32447,04 + 13260,64 = 45707,68 \text{ Па}.$$

Общие потери давления в гидролиниях

$$\Delta p_{ГЛ} = \sum \Delta p_H + \sum \Delta p_{СЛ} + \Delta p_{ГА} = 261446,5 + 20920,2 + 45707,68 = 328074,38 \text{ Па} \approx 0,33 \text{ МПа}$$

Потери давления составляют 3,3% от номинального давления [14].

Таблица 10 – Значения коэффициентов местных сопротивлений для клапанов и соединений

Тип сопротивления	$\zeta_M$
Распределитель золотниковый	3 – 5
Обратный и предохранительный клапаны	2 – 3
Дроссель	2 – 2,2
Самозапирающаяся муфта	1 – 1,5
Редукционный клапан	3 – 5
Фильтр	2 – 3
Внезапное расширение (вход в гидробак)	0,8 – 0,9
Внезапное сужение (выход из гидроцилиндра)	0,5 – 0,7
Штуцер, переходник	0,1 – 0,15

## 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ И КПД ГИДРОПРИВОДА

### 11.1 Мощность гидропривода:

#### 11.1.1 Полезная мощность гидропривода

$$N_{\text{пол}} = M_H \cdot \omega; \quad (13)$$

$$N_{\text{пол}} = M_H \cdot \omega = 18,22 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 1579 \text{ об}}{60 \text{ с}} = 3,01 \text{ кВт}.$$

#### 11.1.2 Мощность, потребляемая насосом

$$N_{\text{пот}} = p_H \cdot Q_H \quad (14)$$

$$N_{\text{пот}} = p_H \cdot Q_H = 10 \cdot 10^6 \cdot 4,21 \cdot 10^{-4} = 4,21 \text{ кВт}$$

### 11.2 КПД гидропривода:

$$\eta_{\text{ГП}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{пот}}} \quad (15)$$

$$\eta_{\text{ГП}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{пот}}} = \frac{3,01}{4,21} = 0,72 \text{ или } 72\%$$

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## 12 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГИДРОПРИВОДА

12.1 Тепловые потери и установившаяся температура РЖ гидропривода

12.1.1 Определим потери мощности в гидроприводе, переходящие в тепло, найдя разницу между затрачиваемой мощностью и полезной

$$\Delta N = N_{\Pi} - N_{\text{н}}; \quad (16)$$

$$\Delta N = N_{\text{пот}} - N_{\text{пол}} = 4,21 - 3,01 = 1,2 \text{ кВт.}$$

12.1.2 Количество тепла  $E_{np}$ , выделяемое в гидроприводе в единицу времени, эквивалентно теряемой в гидроприводе мощности  $\Delta N$ :

$$E_{np} \equiv \Delta N; \quad (17)$$

$$\text{т.е. } E_{np} = 1,2 \text{ кВт.}$$

12.1.3 Площадь поверхности теплообмена, необходимая для поддержания перепада  $\Delta T_{уст} \leq \Delta T$ :

$$S_{\text{пов}} \geq \frac{E_{np}}{(K_{\delta} + K_{mp}) \cdot \Delta T}, \quad (18)$$

где  $\Delta T$  - перепад температур между рабочей жидкостью и окружающим воздухом

$K_{mp}$  и  $K_{\delta}$  - коэффициенты теплопередачи труб и гидробака, Вт/(м<sup>2</sup>·°С):

1) для труб  $K_{mp} = 35 \dots 40$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

2) для гидробака  $K_{\delta} = 15 \dots 20$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

3) для гидробака с водяным охлаждением  $K_{\delta} = 110 \dots 175$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Принимаем для нашего расчета  $K_{mp}=35$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С), а  $K_{\delta}=15$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С)

[15].

$$S_{\text{пов}} = S_{mp} + S_{\delta}$$

(19)

Определим площадь поверхности труб по формуле:

$$S_{mp} = \pi \cdot D_y \cdot L \quad (20)$$

1) всасывающий трубопровод:  $S_1 = \pi \cdot D_y \cdot L = \pi \cdot 0,025 \cdot 1 = 0,0785 \text{ м}^2$ ;

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

2) напорный трубопровод:  $S_2 = \pi \cdot D_y \cdot L = \pi \cdot 0,01 \cdot 5 = 0,157 \text{ м}^2$ ;

3) сливной трубопровод:  $S_3 = \pi \cdot D_y \cdot L = \pi \cdot 0,016 \cdot 6 = 0,301 \text{ м}^2$ ;

$$S_{mp} = S_1 + S_2 + S_3 = 0,0785 + 0,157 + 0,301 = 0,5365 \approx 0,537 \text{ м}^2$$

12.1.4 Объем гидробака равен трех-пятикратной подаче насоса и определяется по формуле:

$$V_{\delta} = (3...5) \cdot Q_H ; \quad (21)$$

$$V_{\delta} = (3...5) \cdot Q_H = 4 \cdot 23,24 = 92,96 \text{ л.}$$

По ГОСТ 12448-80 примем объем бака  $V_{\delta} = 100$  литров [16, с. 1].

12.1.5 Площадь гидробака  $S_{\delta}$  определяем по формуле:

$$S_{\delta} = 6,7 \cdot V_{\delta}^{2/3} ; \quad (22)$$

$$S_{\delta} = 6,7 \cdot V_{\delta}^{2/3} = 6,7 \cdot (0,1)^{2/3} = 1,44 \text{ м}^2.$$

Площадь поверхности теплообмена находим по формуле (19):

$$S_{пов} = S_{mp} + S_{\delta} = 0,537 + 1,44 = 1,977 \text{ м}^2.$$

Из формулы (26) выражаем и находим  $\Delta T \Rightarrow$

$$\Delta T \geq \frac{E_{np}}{(K_{\delta} + K_{mp}) \cdot S_{пов}} = \frac{1200}{(15 + 35) \cdot 1,977} = 12,14 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

1) Установившаяся температура РЖ

$$T_{уст} = \Delta T + T_{O_{max}} ; \quad (23)$$

$$T_{уст} = \Delta T + T_{O_{max}} = 12,14 + 40 = 52,14 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2) Условие приемлемости теплового режима в системе гидропривода

$$T_{уст} \leq T_{дон} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C} ,$$

где  $T_{дон}$  – допустимая температура рабочей жидкости;

$52,14 \leq 60$  – условие приемлемости теплового режима выполняется, дополнительное охлаждение рабочей жидкости не требуется.

## 13 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СПРОЕКТИРОВАННОГО ГИДРОПРИВОДА

### 13.1 Технические данные гидропривода

13.1.1 Основные технические данные спроектированного гидропривода плоскошлифовального станка занесем в сводную таблицу 11.

Таблица 11 – Основные параметры спроектированного гидропривода

Номер	Основные параметры	Значение
1	Номинальное давление гидропривода, МПа	10
2	Максимальная подача, л/мин	25,26
3	Крутящий момент на валу гидромотора, Н·м	18,22
4	Число оборотов гидронасоса, об/мин	1579
5	Полезная мощность, кВт	3,01
6	Потребляемая мощность, кВт	4,21
7	КПД гидропривода, %	72
8	Рабочая жидкость	ВМГЗ
9	Тип двигателя	ДВС

Основные технические данные гидропривода получены при работе на чистом минеральном масле ВМГЗ с вязкостью 11,5...20,5 мм<sup>2</sup>/с.

13.1.2 Проверка ограничения нагрева масла в гидросистеме производится при работе гидропривода на холостом ходу в циклическом режиме в течение 8 часов. В начале, в процессе и в конце испытаний термометром измеряется температура масла в баке и температура окружающего воздуха.

## 14 ПОСТРОЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

### 14.1 Нагрузочная характеристика гидропривода

14.1.1 Нагрузочная характеристика гидропривода выражает зависимость скорости движения выходного звена от нагрузки на нем.

14.1.2 Для нахождения зависимости между крутящим моментом  $M_{КР}$  и частотой вращения вала гидромотора  $n$  воспользуемся формулой [3, с. 20]

$$n = \mu \cdot \frac{S_{ДР}}{V_{0ГМ}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (\Delta p_{ДР})} - \frac{\Delta Q_{ДВ}}{V_{0ГМ}}; \quad (24)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода дросселя, для дросселей золотникового типа

$\mu = 0,4 \dots 0,6$ . Принимаем  $\mu = 0,4$  [15].

$S_{ДР}$  – площадь проходного отверстия дросселя  $\text{м}^2$ ;

$V_{0ГМ}$  – рабочий объем гидромотора  $\text{м}^3$ ;

$p_H$  – номинальное давление:  $p_H = 10$  МПа;

$\rho$  – плотность рабочей жидкости:  $\rho = 890 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$\eta$  – КПД гидропривода;

$M_{КР}$  – крутящий момент на валу гидромотора Н·м;

$\Delta Q_{ДВ}$  – утечки жидкости в гидромоторе,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\Delta p$  – общие потери давления в гидросистеме, МПа.

Ранее для нашего гидропривода был выбран регулируемый дроссель ДР марки МПГ55-12.

14.1.3 Регулировка дросселя производится с помощью винта, который изменяет проходное сечение дросселирующей щели. Площадь проходного отверстия дросселя будет изменяться от максимального до полного перекрытия.

Находим некоторые площади проходного сечения дросселя:

$$S_{ДР_i} = \frac{\pi \cdot d_{yi}^2}{4}; \quad (25)$$

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

где  $d_{v_i}$  – диаметр проходного сечения дросселя.

1) При диаметре дросселирующей щели  $d_{v1} = 0,01$  м:

$$S_{др_1} = \frac{\pi \cdot d_{v1}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2;$$

2) При диаметре дросселирующей щели  $d_{v2} = 0,8 \cdot 0,01 = 0,008$  м:

$$S_{др_2} = \frac{\pi \cdot (d_{v2})^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,008)^2}{4} = 5,024 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2;$$

3) При диаметре дросселирующей щели  $d_{v3} = 0,6 \cdot 0,01 = 0,006$  м

$$S_{др_3} = \frac{\pi \cdot (d_{v3})^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,006)^2}{4} = 2,826 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2;$$

4) При диаметре дросселирующей щели  $d_{v4} = 0,4 \cdot 0,01 = 0,004$  м

$$S_{др_4} = \frac{\pi \cdot (d_{v4})^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,004)^2}{4} = 1,256 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2;$$

5) При диаметре дросселирующей щели  $d_{v5} = 0,2 \cdot 0,01 = 0,002$  м

$$S_{др_5} = \frac{\pi \cdot (d_{v5})^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,002)^2}{4} = 0,314 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Для построения силовой характеристики зададимся рядом значений  $M_{кр}$  от нуля до максимального значения, при котором  $n = 0$ . Все вычисления сведем в таблицу.

1) Найдем частоту вращения вала гидромотора  $n$  при площади проходного сечения дросселя  $S_{др_1} = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$  (относительная площадь дросселя:

$$S_{др} = \frac{S_{др_1}}{S_{др_{max}}} = \sqrt{\frac{7,85 \cdot 10^{-5}}{7,85 \cdot 10^{-5}}} = 1, \text{ где } S_{др_{max}} = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2) \text{ при различных значениях}$$

крутящего момента  $M_{кр}$ . Расчеты проводим в программе Excel. Результаты заносим в таблицу 12:

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68



Таблица 12 – Зависимость скорости движения поршня от внешней нагрузки при  $S_{др} = 1$

Крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}$ Н·м	Частота вращения вала гидромотора $n$ ,
	$n = 0,6 \cdot \frac{7,85 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}} \sqrt{\frac{2}{890} \left( 10 \cdot 10^6 - \frac{2\pi \cdot M_{кр}}{0,96 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}} - 0,65 \cdot 10^6 \right)} - \frac{2 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}}$ об/мин
0	25532
5	22551
10	19113
15	14905
20	8905
22	4736
22,1	4427
22,2	4095
22,3	3735
22,4	3337
22,5	2889
22,6	2352
22,7	1661
22,804	0

2) Найдем частоту вращения вала гидромотора  $n$  при площади проходного сечения дросселя  $S_{др_2} = 5,024 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$  (относительная площадь дросселя:

$$S_{др} = \frac{S_{др_2}}{S_{др_{max}}} = \sqrt{\frac{5,024 \cdot 10^{-5}}{7,85 \cdot 10^{-5}}} = 0,8) \text{ при различных значениях крутящего момента}$$

$M_{кр}$ . Расчеты проводим в программе Excel. Результаты заносим в таблицу 13:

Таблица 13– Зависимость скорости движения поршня от внешней нагрузки при  $S_{др} = 0,8$

Крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}$ Н·м	Частота вращения вала гидромотора $n$ ,
	$n = 0,6 \cdot \frac{5,024 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}} \sqrt{\frac{2}{890} \left( 10 \cdot 10^6 - \frac{2\pi \cdot M_{кр}}{0,96 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}} - 0,65 \cdot 10^6 \right)} - \frac{2 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}}$ об/мин
0	16313
5	14405
10	12205
15	9512
20	5672
22	3004
22,1	2806
22,2	2594
22,3	2363
22,4	2109
22,5	1820
22,6	1478
22,7	1036
22,75	0

3) Найдем частоту вращения вала гидромотора  $n$  при площади проходного сечения дросселя  $S_{др_3} = 2,826 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$  (относительная площадь дросселя:

$$S_{др} = \frac{S_{др_3}}{S_{др_{max}}} = \sqrt{\frac{2,826 \cdot 10^{-5}}{7,85 \cdot 10^{-5}}} = 0,6) \text{ при различных значениях крутящего момента}$$

$M_{кр}$ . Расчеты проводим в программе Excel. Результаты заносим в таблицу 14:

Таблица 14 – Зависимость скорости движения поршня от внешней нагрузки при  $S_{др} = 0,6$

Крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}$ Н·м	Частота вращения вала гидромотора $n$ ,
	$n = 0,6 \cdot \frac{2,826 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}} \sqrt{\frac{2}{890} \left( 10 \cdot 10^6 - \frac{2\pi \cdot M_{кр}}{0,96 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}} - 0,65 \cdot 10^6 \right)} - \frac{2 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}}$ об/мин
0	9143
5	8070
10	6833
15	5318
20	3158
22	1657
22,1	1546
22,2	1426
22,3	1297
22,4	1153
22,5	990
22,6	800
22,7	550
22,74	0

4) Найдем частоту вращения вала гидромотора  $n$  при площади проходного сечения дросселя  $S_{др_4} = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  (относительная площадь дросселя:

$$S_{др} = \frac{S_{др_3}}{S_{др_{max}}} = \sqrt{\frac{1,256 \cdot 10^{-5}}{7,85 \cdot 10^{-5}}} = 0,4) \text{ при различных значениях крутящего момента } M_{кр}.$$

Расчеты проводим в программе Excel. Результаты заносим в таблицу 15:

Таблица 15– Зависимость скорости движения поршня от внешней нагрузки при  $S_{др} = 0,4$

Крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}$ Н·м	Частота вращения вала гидромотора $n$ ,
	$n = 0,6 \cdot \frac{1,256 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}} \sqrt{\frac{2}{890} \left( 10 \cdot 10^6 - \frac{2\pi \cdot M_{кр}}{0,96 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}} - 0,65 \cdot 10^6 \right)} - \frac{2 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}}$ об/мин
0	4022
5	3545
10	2995
15	2322
20	1362
22	695
22,1	645
22,2	592
22,3	535
22,4	471
22,5	399
22,6	313
22,7	203
22,79	0

5) Найдем частоту вращения вала гидромотора  $n$  при площади проходного сечения дросселя  $S_{др_s} = 3,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  (относительная площадь дросселя:

$$S_{др} = \frac{S_{др_s}}{S_{др_{max}}} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{7,85 \cdot 10^{-5}}} = 0,2) \text{ при различных значениях крутящего момента}$$

$M_{кр}$ . Расчеты проводим в программе Excel. Результаты заносим в таблицу 16:

Таблица 16– Зависимость скорости движения поршня от внешней нагрузки при  $S_{др} = 0,2$

Крутящий момент на валу гидромотора $M_{кр}$ Н·м	Частота вращения вала гидромотора $n$ ,
	$n = 0,6 \cdot \frac{0,314 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}} \sqrt{\frac{2}{890} \left( 10 \cdot 10^6 - \frac{2\pi \cdot M_{кр}}{0,96 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}} - 0,65 \cdot 10^6 \right)} - \frac{2 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-5}}$ об/мин
0	927
5	804
10	662
15	485
20	213
21	117
22	105
22,1	92
22,2	77
22,3	62
22,4	43
22,5	22
22,6	0

По полученным данным необходимо построить график  $n = f(M_{кр})$ .

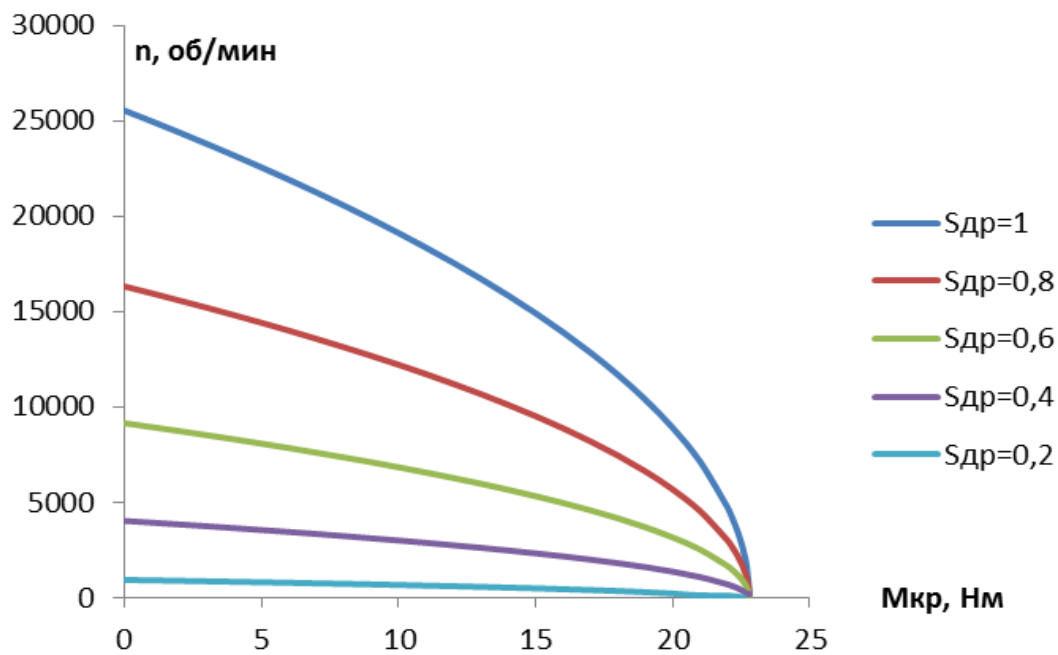


Рисунок 9 – Нагрузочная характеристика гидромотора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ

Лист

74

## 15 ВЫБОР ДВИГАТЕЛЯ

### 15.1 Основные параметры двигателя

15.1.1 Ранее были произведены расчеты, по результатам которых потребляемая мощность  $N_{\text{пот}} = 4,21$  кВт, частота вращения насоса  $n = 1579 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ .

15.1.2 Привод насоса осуществляется от коробки отбора мощности, установленной на коробке передач шасси автомобиля. Насос установлен на специальном кронштейне и соединен с коробкой отбора мощности при помощи кардана.

15.1.3 Коробка отбора мощности – это устройство, которое перераспределяет мощность двигателя внутреннего сгорания и передает ее часть на исполнительные механизмы, которые монтируются в шасси автомобиля.

Коробка отбора мощности представляет собой одноступенчатый редуктор с цилиндрическими прямозубыми шестернями, который крепится к картеру коробки передач шасси.

15.1.4 Частота вращения приводного двигателя автомобиля может изменяться от 1000 до 2000 об/мин, что удовлетворяет заданным условиям. Мощность приводного двигателя может составлять до 100 кВт. Значит, двигатель внутреннего сгорания автомобиля обеспечивает требуемые параметры.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

## 16 ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ГИДРОПРИВОДА И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

### 16.1 Неисправности при работе машин и оборудования

16.1.1 В процессе эксплуатации техника постепенно утрачивает свою работоспособность и потребительскую стоимость из-за объективно неизбежного старения, а, в основном, из-за физического износа.

Неравномерность изнашивания отдельных деталей и является главной причиной отказов машин в работе. Неравномерность изнашивания составляющих элементов присуща всей современной технике. Это связано с тем, что достигнутый уровень науки и производства не позволяет пока решить задачу создания равнопрочной конструкции как по техническим, так и по экономическим причинам. Кроме того, широкое разнообразие условий эксплуатации приводит к тому, что одни и те же элементы однотипных машин работают при значительно различных режимах и условиях, а, следовательно, имеют различную интенсивность изнашивания (долговечность). В этой связи, при все возрастающем значении сложных и дорогостоящих систем, особенно в машиностроении, требования безопасности, работоспособности и экономичности делают все более необходимой оценку текущего состояния той или иной системы и необходимость периодического восстановления их работоспособности путем технического обслуживания и ремонта в эксплуатации [18].

16.1.2 При долгой эксплуатации гидропривода могут возникнуть различные неисправности. Заносим возможные неисправности и методы их устранения в таблицу 17.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76



Таблица 17 – Возможные неисправности и методы их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
1. Отсутствие давления в гидросистеме	1.Неправильное направление вращения приводного электродвигателя насоса 2.Низкий уровень масла в гидробаке	1.Исправить подключение приводного двигателя 2.Долить масла до требуемого уровня
	3.Неисправность насоса	3. Отремонтировать насос или заменить его новым
2. Стук при работе насосной установки	Износилась резиновая звездочка упругой муфта	Заменить звездочку
3. Шум в гидросистеме	1. Наличие воздуха в гидросистеме 2. Низкий уровень масла в баке	1. Произвести затяжку всасывающего патрубка насоса, проверить наличие сливной трубы, ввинченной в блок управления 2. Долить масло до необходимого уровня
4. Отсутствие движение гидромотора	1. Отсутствует давления в системе привода 2. Заклинил в крайнем положении золотник гидрораспределителя ГР1 из-за попадания посторонних частиц на посадочные поверхности золотника или засорились встроенные в крышку дроссели	См. п.1 2. Снять крышки гидрораспределителя, промыть дроссели, крышки, корпус панели и золотник. После промывки корпуса и крышек керосином окунуть золотник и дроссели в минеральное масло и установить их в корпус панели и крышки. Обеспечить легкое перемещение и поворот золотника и дросселей от руки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ

Лист

77

## 17 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТУ ГИДРОПРИВОДА

### 17.1 Техническое обслуживание машин и оборудования

17.1.1 Во время эксплуатации следует проверять уровень масла в гидробаке по маслоуказателю и при необходимости производить добавление масла.

Масло, попадающее на верхнюю плиту гидробака, удаляется через отверстия на передней стенке гидробака.

17.1.2 При появлении течи из-под боковых крышек, маслоуказателей или стыковых соединений необходимо затянуть крепежные винты. Если это не помогает, заменить резиновые кольца или уплотнительные прокладки.

17.1.3 Во время эксплуатации необходимо следить за чистотой масла. Присутствие в масле механических примесей, воздуха и воды, попавших в гидросистему в процессе ее сборки и эксплуатации, приводит к резкому ухудшению условий работы ГП, снижению долговечности и надежности работы. Поэтому количество механических примесей в рабочей жидкости в процессе эксплуатации не должно превышать 0,005% по массе, присутствие воды также не допускается. Наибольший размер частиц, содержащихся в рабочей жидкости должен быть не более 0,01 мм [19].

17.1.4 Смену масла в баке производить через шесть месяцев после первоначального пуска станка с предварительной очисткой бака и промывкой его чистым керосином.

Для слива масла из гидробака необходимо вывернуть пробку  $K 1/2$ , находящуюся с передней стороны корпуса сливной пробки, и в зависимости от того, куда и как будет сливаться масло, в это отверстие можно ввернуть трубу, шланг и т.п. После этого на несколько оборотов отвернуть нижний прижимной болт, который с помощью шарика обеспечивает перекрытие сливного отверстия.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Чистка бака выполняется через люки, которые находятся на его боковых стенках. Предварительно необходимо снять с этих люков крышки.

После слива рабочей жидкости и чистки бака закрыть сливную пробку, для чего вначале плотно завернуть нижний болт, обеспечив герметичность соединения, а затем, после остатков масла из полости сливной пробки, – коническую пробку К 1/2.

17.1.5 Для обеспечения надежности работы гидропривода в процессе эксплуатации необходимо:

- 1) ежедневно проверять уровень рабочей жидкости в баке;
- 2) заливать тщательно отфильтрованное масло;
- 3) периодически раз в месяц в течение 2 часов пропускать масло через фильтр тонкой очистки  $\Phi I$  путем включения непрерывной работы привода на холостом ходу;
- 4) по мере загрязнения фильтроэлементов производить своевременную их замену;
- 5) периодически удалять воздух из гидросистемы;
- 6) не допускать наружных утечек рабочей жидкости;
- 7) своевременно заменять уплотнения.

17.1.6 Гидропривод подлежит следующим видам ремонта: текущему, среднему и при необходимости внеплановому.

Текущий и средний ремонт проводят во время аналогичного ремонта станка. Периодичность ремонтов установлена единой системой планово-предупредительного ремонта и эксплуатации технологического оборудования промышленных предприятий (система ППР).

17.1.6.1 При текущем ремонте выполняются следующие виды работ:

- 1) смена загрязненной рабочей жидкости и очистка гидросистемы;
- 2) настройка гидроаппаратов в соответствии с гидросхемой;
- 3) подтяжка стыков и соединений в местах течи рабочей жидкости;

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

4) выявление неисправностей, которые подлежат устранению при ближайшем среднем ремонте;

При текущем ремонте проверяется:

- 1) уровень рабочей жидкости в гидробаке;
- 2) диапазон скоростей перемещения стола;
- 3) рабочее давление в гидросистеме;
- 4) герметичность соединений и уплотнений;
- 5) состояние манометров;
- 6) состояние фильтров.

17.1.6.2 При среднем ремонте выполняются работы согласно пункту 18.1.6.1, а также ряд дополнительных работ:

- 1) разборка и промывка гидропанели, включая гидроаппараты, золотники, клапаны, их притирка при необходимости;
- 2) проверка состояния насоса, устранение основных неисправностей с последующей проверкой на гидростенде;
- 3) сборка ГП и настройка гидросистемы в соответствии с гидросхемой;
- 4) замена поврежденных соединений, труб, а также частичная или полная замена всех уплотнений.

17.1.6.3 Внеплановый ремонт выполняется при возникновении отказа в работе ГП.

При внеплановом ремонте определяется причина отказа и в зависимости от нее выполняются все необходимые работы по устранению отказа и приведению ГП в работоспособное состояние.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>80</i>

## 18 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 18.1 Техника безопасности

18.1.1 Под техникой безопасности подразумевается комплекс мероприятий технического и организационного характера, направленных на создание безопасных условий труда и предотвращение несчастных случаев на производстве.

18.1.2 На любом предприятии принимаются меры к тому, чтобы труд работающих был безопасным, и для осуществления этих целей выделяются большие средства. На заводах имеется специальная служба безопасности, подчиненная главному инженеру завода, разрабатывающая мероприятия, которые должны обеспечить рабочему безопасные условия работы, контролирующая состояние техники безопасности на производстве и следящая за тем, чтобы все поступающие на предприятие рабочие были обучены безопасным приемам работы.

18.1.3 Работник обязан соблюдать нормы, правила и инструкции по охране труда, пожарной безопасности и правила внутреннего трудового распорядка, правильно применять коллективные и индивидуальные средства защиты.

О каждом несчастном случае, о признаках профессионального заболевания, а также о ситуациях, которые создают угрозу жизни и здоровью людей работник должен немедленно сообщать своему непосредственному начальнику [20, с. 12].

### 18.2 Противопожарные мероприятия

18.2.1 Каждый работник, работающий в отделе, не зависимо от занимаемой должности, обязан четко знать и выполнять установленные правила пожарной безопасности, не допуская действий, могущих привести к пожару или возгоранию.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Лица виновные в нарушении установленных правил пожарной безопасности, несут установленную законом дисциплинарную, административную или уголовную ответственность.

#### 18.2.2 Характеристика помещений по пожарной безопасности

1) К классу П-2а относятся помещения, содержащие твердые и волокнистые горючие вещества (дерево, ткани) не выделяющие горячую пыль и волокна, переходящие во взвешенное состояние.

2) К классу «В» (пожароопасная) относятся помещения в которых имеются горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы (в том числе и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся, не относятся к категории «А» и «Б».

#### 18.2.3 Меры пожарной безопасности на строительных площадках

Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожаров и пожарной защиты.

В процессе ремонта запрещается применять открытый огонь во всех (кроме специальных) помещениях и курить вне отведенных для этого мест. Необходимо своевременно удалять горючие отходы и мусор, строго соблюдать все правила эксплуатации аппаратуры и контролировать состояние электросетей. Производственные помещения должны быть оборудованы противопожарной сигнализацией и необходимым противопожарным инвентарем и средствами.

В пределах строительной площадки в пожароопасных пунктах необходимо размещать противопожарные посты, снабженные табельным противопожарным инвентарем (лопатами и ящиками с песком, баграми, ведрами, огнетушителями), а в стационарных помещениях следует к тому же предусматривать краны и брандспойты. Около поста должен висеть плакат с указанием телефонов, по которым следует звонить в случае возникновения пожара.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Каждый работник обязан срочно сообщить в соответствующие инстанции о возникновении очага пожара и до приезда пожарной команды сам активно включиться в тушение пожара подручными средствами.

Помимо штатной охраны на строительной площадке должна быть создана добровольная противопожарная дружина, в функции которой входят проведение профилактических мероприятий по предотвращению пожаров, контроль за состоянием противопожарных постов, а также активное участие в тушении пожаров.

Для согласованности действий всех работников при возникновении пожара должны быть разработаны специальные инструкции по наиболее эффективным мерам тушения пожара, учитывающие условия данной конкретной строительной площадки. Все работники, занятые на строительной площадке, должны быть ознакомлены с этой инструкцией. Кроме того, она должна быть размножена и вывешена на каждом противопожарном посту.

Для курения отводят специальные места, оборудованные ящиком с песком и бочкой, заполненной водой. В остальных местах строительной площадки курить строго запрещается.

Автогенный аппарат запрещается размещать ближе чем в 10... 15 м от открытых источников огня. Это же правило относится к кислородным баллонам, которые необходимо также защищать и от других источников теплоты.

На складах топливно-смазочных материалов и стационарных постах заправки необходимо соблюдать нормы противопожарных разрывов между сооружениями нефтесклада и другими зданиями. Чтобы предотвратить возникновение искр от разрядов статического электричества, все металлические сооружения этих складов заземляют. Кроме того, в опасных зонах необходимо повесить пенные огнетушители.

Для пожарной безопасности хранилищ с топливно-смазочными материалами и другими горючими жидкостями применяют следующие основные средства:

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

1) огневые предохранители, соединяющие резервуары с атмосферой и состоящие из корпуса, заполненного гофрированными алюминиевым или латунными пластинами толщиной 0,2 мм. Возникшее в резервуаре пламя попадает в корпус, разбивается пластинами на тонкие струи и охлаждается до температуры, при которой горение прекращается;

2) автоматически действующие устройства, подающие при первых признаках огня значительные количества густой изолирующей пены; систему, использующую защитные инертные газы (СОг, аргон), подаваемые под небольшим избыточным давлением в резервуар в свободное от топлива пространство.

На каждом складе в обязательном порядке должны находиться комплектные средства пожаротушения.

При возникновении пожара на складе топливно-смазочных материалов пожар тушат с помощью земли, песка, воды, пены, углекислого газа. Песок и землю применяют для тушения небольших очагов пожара, вызванных воспламенением различных горючих жидкостей. Воду используют для тушения построек, но не применяют для тушения нефтепродуктов.

Огнетушители применяют для тушения легковоспламеняющихся и горючих нефтепродуктов и жидкостей, ликвидации пожаров на электроустановках.

Для тушения пожаров используют ручные пожарные насосы с подачей до 210 л/мин, засасывающие воду с глубины 5...7 м и создающие напор до 40 м. С этой же целью применяют пожарные насосы серии МП с подачей 600...1200 л/мин при напоре 60...80 м и глубине всасывания до 6 м.

#### 18.2.4 Действия в случае пожара

1) В случае обнаружения пожара или возгорания независимо от места его обнаружения необходимо незамедлительно сообщить в пожарную охрану. При сообщении четко назвать место, характер и объем возгорания, свою фамилию и должность.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84



2) Отключить технологическое оборудование в зоне возгорания при помощи местных аварийных выключателей.

3) Провести эвакуацию людей и ценностей согласно схеме эвакуации.

4) Приступить к тушению пожара, если это не угрожает жизни и здоровью, имеющимися на рабочем месте средствами пожаротушения (огнетушитель, пожарный кран, стационарная установка пожаротушения и т.д.)

При изготовлении, испытании и эксплуатации гидроприводов следует руководствоваться всеми правилами и нормами техники безопасности, принятыми для общемашиностроительных и станкостроительных производств. Необходимо подчеркнуть также ряд специфических требований:

1) Электродвигатели насосных, охлаждающих и фильтрующих установок должны иметь заземление.

2) Все клеммы электропроводки должны быть прикрыты кожухами.

3) Предохранители двигателя насосной установки должны соответствовать мощности, потребляемой насосом при испытательном (условном) давлении с превышением не более чем на 30%.

4) Все быстродвижущиеся элементы должны иметь ограждение.

5) Присоединения и места регулировки, требующие работы гаечным ключом, должны быть расположены так, чтобы не повредить рук при срыве инструмента.

6) Все присоединения должны быть тщательно затянуты, во фланцы поставлены все болты.

7) Должны быть проверены все предусмотренные конструкцией блокировки и замки.

8) При испытании системы не следует находиться вблизи трубопроводов с высоким давлением.

9) Контрольный манометр должен быть расположен удобно для обозрения.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>85</i>

10) Шум, создаваемый гидроустановкой, во всем диапазоне частот, не должен превышать норм, установленной для данного класса машин.

11) Особое внимание должно быть обращено на возможность поражения обслуживающего персонала рабочей жидкости соблюдении необходимых мер предосторожности работа с нефтяными маслами и другими жидкостями для гидроприводов безвредна.

Попадание жидкости на кожу опасно, если оно продолжается длительно или носит частый периодический характер в течение длительного времени. При таких условиях могут возникать масляные угри, экзема, воспаление кожных покровов. Имеются случаи возникновения злокачественных опухолей под действием масел нефтяного происхождения. Возможны механические и термические повреждения жидкостью при больших давлениях и высоких температурах.

Опасность представляет (помимо случайного попадания жидкости внутрь организма) длительное вдыхание паров или распыленных жидкостей. Предельно допустимой концентрацией паров в воздухе рабочих помещений для бензина, керосина, минеральных масел и других нефтепродуктов (не содержащих в качестве присадок или компонентов каких-либо ядовитых веществ) считается 0,3 мг/л.

### 18.3 Техника безопасности при эксплуатации электрооборудования

18.3.1 Нарушение правил электробезопасности при использовании технологического оборудования, электроустановок и непосредственное соприкосновение с токоведущими частями установок, находящихся под напряжением, создает опасность поражения электрическим током.

Защита от опасности поражения электрическим током. Для защиты от поражения электрическим током при работе с электрооборудованием, находящимся под напряжением, необходимо использовать общие и индивидуальные электротехнические средства. К общим средствам защиты относятся: за-

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

щитные ограждения, заземление, зануление и отключение корпусов электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением; применение малого безопасного напряжения 12–36 вольт; предупредительные плакаты, вывешиваемые у опасных мест; автоматические воздушные выключатели.

К общим средствам защиты также относят предупредительные плакаты, которые в зависимости от назначения подразделяются на предостерегающие, запрещающие и напоминающие.

Индивидуальные защитные средства подразделяются на основные и дополнительные. Основными защитными изолирующими средствами в установках до 1000 вольт являются штанги изолирующие, клещи изолирующие и электроизмерительные указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками. Изоляция перечисленных средств длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок, и они позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Дополнительными изолирующими защитными средствами называются средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током. Они дополняют основные средства защиты, а также могут служить для защиты от напряжения прикосновения и шагового напряжения. Дополнительными защитными средствами в установках до 1000 вольт служат диэлектрические галоши, диэлектрические коврики, изолирующие подставки [20].

#### 18.4 Общие требования по технике безопасности при эксплуатации гидроприводов

18.4.1 Требования безопасности объемных гидроприводов регламентированы ГОСТ 12.2.003-91 и Р 52543-2006 (ЕН 982:1996); последний содержит указания по исключению следующих опасностей, присущих гидроприводам:

1) механической из-за недостаточной прочности, воздействия внешних вибраций и ударов, накопленной энергии в пружинах или жидкостях/газах,

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

кинетической или потенциальной энергии поднятого груза и потери устойчивости его опор, выброса жидкости под давлением;

2) повышенных шумоизлучения или вибрации;

3) термической (ожоги, воспламенение или взрыв);

4) теплового расширения жидкости в замкнутом объеме;

5) непреднамеренных движений;

6) отказов средств защиты, пусковых и тормозных устройств;

7) нарушения электроснабжения, невыполнения аварийных команд, несрабатывания защиты, поражения током;

8) неправильной установки аварийных символов и/или сигналов;

9) ошибок при монтаже, наладке и техническом обслуживании;

10) непреднамеренных действий персонала или отказов системы управления;

11) экологической.

18.4.2 При проектировании гидроприводов должны анализироваться и исключаться опасные ситуации и при необходимости предусматриваться защитные устройства.

Гидроприводы и их элементы следует применять только в соответствии с требованиями и рекомендациями разработчика.

18.4.3 Для защиты гидроприводов от перегрузок устанавливаются предпочтительно предохранительные клапаны, ограничивающие давление величиной  $1,1 \cdot p_{MAX}$  ( $p_{MAX}$  – максимальное рабочее давление), пики  $\leq 1,3 \cdot p_{MAX}$ . Безопасность разрушения гидроустройств должна обеспечиваться при давлении  $\geq 2 \cdot p_{MAX}$ , а гидропневмоаккумуляторов  $\geq 4 \cdot p_{MAX}$ . Опрессовка гидропривода производится давлением  $1,25 \cdot p_{НОМ}$  ( $p_{НОМ}$  – номинальное рабочее давление), но  $\leq p_{MAX}$ .

18.4.4 Для постоянных рабочих мест в производственных помещениях в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 установлен допустимый уровень звука 80 дБА.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>88</i>

Элементы гидропривода создают весьма интенсивные звуковые, гидродинамические и механические колебания, вызванные несовершенством процессов распределения в насосах или технологическими погрешностями их изготовления; наличием воздуха в масле, приводящим к кавитационным явлениям; механическими колебаниями элементов, имеющих большую звукоизлучающую поверхность (стенки бака, щиты с аппаратурой и др.); вибрациями регулирующих аппаратов или незакрепленных трубопроводов; динамической неустойчивостью следящих гидроприводов.

18.4.5 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.

18.4.6 Для снижения шума (кроме удаления воздуха) рекомендуется виброизолировать насосные агрегаты на баке, установить насос на виброизолирующем эластичном фланце (пербутановое кольцо, привулканизированное к металлической втулке), соединить его с гидроприводом с помощью рукава высокого давления и с электродвигателем - посредством зубчатой муфты с эластичной оболочкой; сократить длину и число 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 возмущающихся колебаний); использовать звукоизолирующие кожухи и взамен жестких трубопроводов – рукава высокого давления; заменить тип насоса (например, поршневого на шестеренный внутреннего зацепления).

18.4.7 Температура рабочей жидкости должна находиться в пределах, указанных в технической документации на гидропривод.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>89</i>

18.4.8 Гидроприводы должны оснащаться устройствами аварийного отключения; при наличии нескольких пультов управления эти устройства необходимы на каждом пульте, а блокировки и сигнализация должны исключать возможность одновременного управления от различных пультов. Если может работать в полуавтоматическом или автоматическом цикле, на пульте управления надо предусмотреть устройство для его переключения на ручное управление в наладочном режиме.

18.4.9 Предпочтительно следует использовать управление по пути, не зависящее от нагрузки.

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, необходимо предусмотреть блокировку, останавливающую машину при снижении давления, ниже значения, установленного в стандартах или технических условиях. При этом недопустимо отключение устройств, перерыв в работе которых связан с возможностью травмирования работающих (зажимные, тормозные и т. п.).

18.4.10 В станках с механизированным или автоматизированным закреплением заготовок обязательными являются блокировки (по пути или давлению), разрешающие включение цикла обработки только после окончания зажима детали.

Механизированные устройства для закрепления заготовки и инструмента должны надежно удерживать заготовку и инструмент даже при неожиданном падении давления масла в гидроприводе. Это условие обеспечивается при механическом (например, пружинном) зажиме и гидравлическом разжиме или применении механизмов с самоторможением. В станках с автоматическим

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>90</i>

циклом обработки в технически обоснованных случаях при затруднениях с выполнением указанного выше условия, а также наличии опасности падения давления ниже предельно допустимого значения в зажимных устройствах должны быть обеспечены автоматический отвод инструмента и выключение подачи и главного привода.

18.4.11 Для фиксирования в заданном положении выходных звеньев гидродвигателей должны устанавливаться гидрозамки или другие фиксирующие устройства. Аппараты, регулирование которых некомпетентным персоналом может привести к аварии машины или травмированию, требуется снабжать замками или пломбами. На устройствах, допускающих только одностороннее вращение, следует предусмотреть стрелки. Подвижные части, например ременные передачи, расположенные вне корпусов машин, должны иметь ограждения (предпочтительно сплошные); в случае применения сеток с отверстиями до 8; 8...25 и 25 ...40 мм расстояние от сетки до движущихся частей должно быть соответственно  $\geq 15$ ;  $\geq 120$  и  $\geq 200$  мм.

18.4.12 Конструкцией гидроприводов необходимо исключить разбрызгивание или растекание рабочей жидкости. Внутренние полости гидробаков должны быть доступны для осмотра, очистки и промывки, а концентрация минеральных масел в воздухе рабочей зоны была  $\leq 5$  мг/м<sup>3</sup>.

18.4.13 Гидропривод и его элементы не должны вызывать опасность при снижении параметров питающей энергии, включении и отключении энергоснабжения или управления. Нельзя допускать возможности самопроизвольного включения элементов управления под давлением собственной массы или вибрации.

18.4.14 Все каналы гидроустройств должны иметь маркировку, совпадающую с технической документацией. Гидроприводы необходимо снабдить манометрами (или другими устройствами) для контроля и регистрации давления, либо иметь места для их подключения. Не допускать эксплуатацию неаттестованных или поврежденных приборов.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

18.4.15 Заземление систем и устройств должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007 - 75. У электрооборудования степень защиты должна быть не ниже IP44 по ГОСТ 14254-96. Электромеханические устройства гидроаппаратов должны надежно функционировать при колебаниях напряжения в сети до  $\pm 10\%$  от номинального значения.

18.4.16 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 заземления электрооборудования; проконтролировать состояние манометров (наружным осмотром) и наличие пломб, уровень жидкости, правильность направления вращения насосов кратковременным включением; удалить воздух из гидросистемы; проверить, нет ли наружной течи.

18.4.17 Удалять воздух нужно через специальные устройства; допускается его удаление и через соединения трубопроводов при минимальном давлении, обеспечивающем движение гидродвигателей без нагрузки. Место испытаний следует ограждать и вывешивать предупредительные таблички.

18.4.18 При испытаниях на разрушение испытуемое устройство должно быть помещено в закрытый шкаф или в специальный бокс, исключающий возможность травмирования в случае разрушения этого устройства, а персонал, проводящий испытания, должен находиться на безопасном расстоянии. Не допускается эксплуатация систем при выходе одного из параметров за пределы допустимого, появлении повышенного шума и вибраций, наружных утечек сверх нормы, повреждении измерительных приборов и сигнальных устройств. Подтягивание болтов, гаек и других соединений на системе, находящейся под давлением, и во время ее работы не допускается.

18.4.19 Перед демонтажем следует полностью разгрузить систему от давления, отключить энергоисточники и слить масло (при необходимости). Испытания и эксплуатация гидроприводов и устройств должны производиться

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92



при строгом соблюдении Правил пожарной безопасности и электробезопасности по ГОСТ 12.1.019–79.

18.4.20 Дополнительные требования, учитывающие особенности конструкции конкретных узлов гидропривода, при необходимости устанавливаются в стандартах, технических условиях или руководствах по эксплуатации [21, с. 336].

#### 18.5 Ответственность и обязанности руководства

К лицам, ответственным за должное обеспечение ПБ на стройке, относятся:

- руководители генеральной подрядной организации;
- руководители строительных работ;
- выполняющие обязанности или замещающие руководителя работ.

За пожарную безопасность отдельных помещений будут нести ответственность те должностные лица, которым подведомственны данные участки.

За то, насколько качественно, в соответствии с нормативными актами разработаны инструкции по ПБ, отвечают проектные организации (руководство и непосредственно разработчик проекта).

Руководитель строительных или монтажных работ обязан организовать следующие мероприятия, что касается обеспечения пожарной безопасности на объекте, а также регулярно следить за их выполнением:

- занятия по изучению правил пожарной безопасности (ППБ) в установленном порядке;
- режим курения в специально отведенных местах;
- огневые, пожароопасные работы;
- уборка, вывоз, утилизация легкогоряемых строительных отходов;
- теоретическая подготовка работников по пожароопасности материалов, оборудования, конструкций, присутствующих на стройке, а также всех видов строительно-монтажных работ;

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

- назначить добровольную пожарную дружину и комиссию из членов строительной бригады;
- обеспечить все объекты, находящиеся в его ведении, необходимыми средствами пожаротушения, связи, сигнализации и т. д.;
- следить за достаточным противопожарным водоснабжением, открытыми подъездными путями, исправной связью;
- незамедлительно устранять нарушения правил ПБ в случае выявления;
- назначить из числа работников ответственных за противопожарное обеспечение объекта и отдельных его участков;
- осуществлять меры по профилактике пожаров;
- в случае возникновения пожара приложить все усилия по выявлению причин его возникновения.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>94</i>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе спроектирован объемный гидропривод водяного насоса автобетоносмесителя. Водяной насос предназначен для подачи воды в смесительный барабан и служит для его дальнейшей очистки и промывки от остатков бетонной смеси.

Разработана принципиальная гидравлическая схема гидропривода с дроссельным регулированием скорости выходного звена и выполнено ее описание. Рассчитаны и выбраны основные параметры гидропривода:

- 1) номинальное давление  $p_{ном} = 10$  МПа;
- 2) максимальный расход  $Q_{MAX} = 23,24 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$ ;
- 3) потребляемая мощность  $N_{ном} = 4,21$  кВт;
- 4) КПД гидропривода  $\eta = 72\%$ .

Произведен выбор выпускаемых промышленностью гидромашин (шестеренный насос НШ-16Г, нерегулируемый аксиально-поршневой гидромотор БК 2.2957.179), выбрана необходимая гидроаппаратура (гидрораспределители, обратные клапаны, дроссели и др.), рабочая жидкость, фильтр для очистки рабочей жидкости.

Рассчитаны и выбраны диаметры трубопроводов:

- 1) диаметр всасывающего ТБ  $d_v = 25$  мм;
- 2) диаметр напорного ТБ  $d_v = 10$  мм;
- 3) диаметр сливного ТБ  $d_v = 16$  мм.

Определены потери давления в гидросистеме, температурный режим работы гидропривода и требуемый объем бака рабочей жидкости.

Тепловой расчет показывает, что температурный режим гидропривода обеспечивается без дополнительных устройств охлаждения.

					<i>15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник – М.: Машиностроение, 1983. – 301 с.
2. Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы: Учебное пособие – М., ФОРУМ, 2004. – 295 с.
3. Расчет гидравлических приводов станочного оборудования: Учебно-метод. пособие по курсовому проектированию по дисц. «Гидропривод и гидропневмоавтоматика» для студ. машиностроит. спец. / В.И. Глубокий. – Мн.: БНТУ, 2005. – 80 с.
4. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т.: Проектирование станков / А.С. Проников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Аполлонов и др.; Под общ. ред. А.С. Проникова.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1994. – Т. I – 444 с.
5. Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов. М.: Машиностроение, 2009. – 304 с.
6. Металлорежущие станки: Учебник для нач. проф. Образования / Б.И. Черпаков, Т.А. Альперович. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 368 с.
7. Бирюков Б.Н. Гидравлическое оборудование металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.
8. ГОСТ 12445–80. Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Номинальные давления. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 3 с.
9. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справочник.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Машиностроение, 2004.– 514 с.
10. ГОСТ 17479.4–87. Масла индустриальные. Классификация и обозначения. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 5 с.
11. ГОСТ 6540–68. Гидроцилиндры и пневмоцилиндры. Ряды основных параметров. – М.: Изд-во стандартов, 1968. – 7 с.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

12. Аврутин Р.Д. Справочник по гидроприводам металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1965. – 267 с.

13. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов/ Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. — 2-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1982.

14. Корпачев В. П. Основы проектирования объемного гидропривода: учебное пособие для студентов. – 3-е изд., перераб. и доп. / В. П. Корпачев, А. А. Андрияс, А. И. Пережилин. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 164 с.

15. Елюкин Н.Н. Расчет и проектирование объемного гидропривода: учебное пособие / Н.Н. Елюкин. – Миасс: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 41 с.

16. ГОСТ 12448-80. Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Номинальные вместимости. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 3 с.

17. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для техн. специальностей вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 6-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2000. – 448 с.

18. Барышев В.И. Надежность и диагностика гидропривода: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 154 с.

19. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебник / под ред. А.А. Шейпака. – 5-е изд., доп. И перераб. – М.: МГИУ, 2008. – 352 с.

20. Безопасность жизнедеятельности: учебник / под ред. проф. Э.А. Арустамова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2006.– 476 с.

21. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы. Башта Т.М. М., «Машиностроение», 1970, 504 с.

					15.03.02.2019.404.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97