

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Машиностроение, автоматика и электроэнергетика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
к. т. н., доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Проектирование стенда для испытания насоса НП-96

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2017.143.000 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к. т. н., доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Руководитель работы,
к. т. н., доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ДО-484
_____ А.С. Паскидов
_____ 2017 г.

Нормоконтролер,
профессор
_____ Б.А. Решетников
_____ 2017 г.

Челябинск 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1 Насос НП-96 и его функциональное назначение	7
1.2 Характеристики стенда	10
1.3 Настройка и испытание НП-96, ее недостатки и основные направления совершенствования	13
1.4 Задачи проектирования	14
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	16
2.1 Обзор существующих испытательных стендов.....	16
2.2 Разработка структурной схемы	21
2.2.1 Назначение и конструкция стенда для испытания насоса НП-96.....	23
2.2.2 Разработка пневмогидравлической схемы.....	26
2.3 Проектирование мультипликатора	29
2.3.1 Назначение мультипликатора	29
2.3.2 Конструктивное исполнение	29
2.3.3 Расчет мультипликатора.....	31
2.4 Проектирование бака-радиатора.....	39
2.4.1 Назначение бака-радиатора	39
2.4.2 Конструктивное исполнение	41
2.4.3 Расчет теплообменника	41
2.5 Расчет предохранительного клапана	47
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	52
3.1 Обеспечение безопасности проектируемого оборудования.....	52
3.2 Расчет общего искусственного освещения.....	54
3.3 Мероприятия по уменьшению последствий ураганов бурь.....	59
4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	68

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Два года назад на предприятие ПАО «Агрегат» пришел заказ на изготовление 600 насосов НП-96 для двигателей АЛ-31Ф. Раньше данные агрегаты выпускались на украинском предприятии СКБ «Турбина», находящийся на территории Украины. Данный заказ обусловлен стремлением импортозамещения основных узлов двигателестроения российской авиационной промышленности. Выбор министерства промышленности в пользу предприятия ПАО «Агрегат» был обусловлен тем, что данное предприятие уже давно выпускает плунжерные насосы, а именно НП-92 и ПН-99, а значит имеет наработки в производстве данных авиационных агрегатов.

Так как данный насос работает на топливе (в отличие от насоса НП-92, который работает на маслах АМГ-10 или НГЖ-5у) и при максимальных оборотах $n=7500$ об/мин, для проведения полноценных испытаний данного насоса НП-96 потребуется проектирование нового стенда.

Цель работы – определение этапов проектирования испытательного стенда.

Задачи работы:

- определить достоинства и недостатки методов и конструкций испытательных стендов;
- определить проблемы и особенности при создании испытательного стенда;
- определить порядок и содержание этапов работы по проектированию испытательного стенда;
- описать процесс разработки испытательного стенда;
- определить экономическую эффективность применения испытательного стенда, а также определить критерии обеспечения безопасности проектируемого испытательного стенда.

Объект работы – этапы проектирования испытательного стенда.

Предметы работы – процесс создания испытательного стенда.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Насос НП-96 и его функциональное назначение

Насос НП-96 предназначен для питания топливом высокого давления системы управления реактивным соплом двигателя и аварийной насосной станции самолета и работает совместно с агрегатом РСФ-31.

Насос НП-96 входит в состав топливорегулирующей аппаратуры двигателя АЛ-31Ф серии 2 и работает совместно с РСФ, РТ, ТДК, ДЦН, КРД. Данный двигатель устанавливается на самолеты Су-27, Су-30.

Для обеспечения высоких динамических свойств, надежности ЛА, ресурса двигателей и других эксплуатационных характеристик современные авиационные ТРД оснащаются САУ, которые характеризуются сложностью реализуемых в них законов управления, наличием многих контуров регулирования и ограничения, развитой логикой блокировок и переключений.

Основные функции насоса НП-96:

- питание топливом основной КС (камера сгорания);
- поддержание заданной n_2 (частоты вращения ротора высокого давления);
- коррекцию n_2 на режиме МГ (малый газ);
- дозирование подачи топлива на приемистости по трем параметрам n_2 , T_1 (температура потока воздуха на входе в двигатель) и P_2 (давление воздуха за КВД (компрессор высокого давления));
- дозирование подачи топлива при запуске двигателя на земле и в полете.
- ограничение максимальной величины P_2 ;
- переключение термодатчиков;
- управление НА КВД (направляющие аппараты компрессора высокого давления) по n_2 с коррекцией по T_1 ;
- выдачу командного давления топлива в зависимости от n_2 ;
- переключку НА КВД по электрическому сигналу от СУНА (система управления направляющими аппаратами) с выдачей гидравлического сигнала на РСФ (регулятор сопла и форсажа);
- сброс топлива G_t (расход топлива в камеру сгорания) с замедлением по электрическому сигналу;
- прекращение подачи топлива в КС совместно с РТ по электрическому сигналу;
- блокировку срабатывания ограничителей по n_2 ;
- поддержание необходимого уровня давления топлива за качающим узлом на режиме авторотации;
- выключение двигателя стоп-краном;
- коррекцию минимального расхода топлива по P_n .

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Основные технические данные:

Привод агрегата.....	от РВД (ротор высокого давления)
Направление вращения привода.....	по часовой стрелке
Максимальная частота вращения качающего узла, об/ мин.....	7500
Потребляемая мощность, кВт (л.с.), не более.....	26 (32)
Настройка регулятора:	
а) диапазон изменения настройки	
- по частоте вращения привода, об/мин.....	2370...6000
Максимальная подача топлива агрегатом при n=6000 об/мин, л/ч, не менее.....	3600
Минимальная потребляемая подача топлива агрегатом, л/ч, не менее.....	270
Давление топлива, МПа	
- на входе в НП	5,5...10,3
- на выходе из НП, не более.....	210
- на сливе из агрегата (аб).....	0,5...3,3
Утечка топлива в дренаж, см /мин, не более	
- на работающем НП.....	0,1
- на неработающем НП.....	0,01
Масса сухого агрегата. кг.....	14,7
Температура при эксплуатации, С	
- топлива на входе в агрегат.....	от минус 50 до плюс 100
- окружающей среды.....	от минус 60 до плюс 120
	длительно
	до плюс 215 кратковременно
Рабочая жидкость.....	основное топливо РТ, резервное топливо ТС-1
Питание электромагнитных клапанов	
постоянным током с напряжением, В.....	27
Межремонтный ресурс.....	900 часов
Назначенный ресурс.....	1800 часов

Среди авиационных плунжерных насосов особое положение занимают насосы с коническим расположением цилиндров, которые применяются в системах топливопитания авиационных газотурбинных двигателей как основные топливные агрегаты, к которым и относится насос НП-96

Гидромашинами с коническим расположением цилиндров называются аксиально-плунжерные насосы, оси цилиндров которых составляют с осью блока цилиндров угол $U = 0,192...0,262$ рад (11-15°).

Для таких гидромашин характерны большие значения хода плунжеров при малых углах наклона шайбы, которые обеспечиваются за счет увеличения радиу-

						15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			8

са контакта плунжеров с наклонной шайбой. Эти гидромашины способны обеспечивать большой расход жидкости при сравнительно небольших габаритных размерах.

Коническое расположение цилиндров способствует прижатию плунжеров к наклонной шайбе за счет составляющей центробежной силы при вращении ротора.

Все гидромашины с коническим расположением цилиндров имеют «жесткий ротор», являются статически неопределенными механизмами и поэтому требуют повышенной точности при изготовлении. Существуют две группы гидромашин с коническим расположением цилиндров: насосы с подпятниковыми плунжерами и насосы с плунжерами без подпятников.

Насосы с подпятниковыми плунжерами

Ротор аксиально-плунжерного насоса с коническим расположением цилиндров с подпятниковыми плунжерами в соответствии с рисунком 1.1 состоит из хвостовика 1 и блока цилиндров 8, выполненных в виде одной детали. Ротор базируется на трех опорах - переднем подшипнике 3, заднем подшипнике 11, а в качестве третьей опоры выступает рабочая поверхность торцового распределительного золотника 12.

Оси цилиндров в блоке расположены на конической поверхности, вершина которой находится на оси ротора. Каждый цилиндр имеет отверстие 14, выходящее на распределительный золотник.

Рабочая поверхность наклонной шайбы 4 выполнена в виде сферы радиусом $R_{ср}$. Рабочие поверхности сепаратора 5 и подпятников плунжеров 6 также сферические.

Для обеспечения постоянного контакта с наклонной шайбой подпятники плунжеров прижаты при помощи сепаратора 5, имеющего сферическую опору 17 и пружину 16, которая одновременно обеспечивает усилие вдоль оси ротора, направленное в сторону распределительного золотника.

Для лучшего прижатия подпятников плунжеров к поверхности наклонной шайбы применены специальные пружины 10, установленные на направляющих 9 во внутренней полости плунжеров.

Наклонная шайба насоса - составная. Она состоит из корпуса 18 и собственно наклонной шайбы 4.

Корпус шайбы связан с механизмом управления 13 агрегата. Ротор с плунжерами, наклонная шайба, распределительный золотник и механизм управления расположены внутри корпуса 7, передняя часть которого закрыта крышкой 2, имеющей специальный фланец для крепления агрегата на двигателе.

Для охлаждения роторной полости насоса используется принудительная прокачка рабочей жидкости, которая из зоны всасывания подводится в центральную расточку ротора и выбрасывается через наклонные (вентиляционные) каналы 15. Жидкость, прошедшая через роторную полость, возвращается во всасывающее окно торцового распределительного золотника 12.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

При этом привод испытываемого насоса оснащен частотным преобразователем. После чего испытываемый насос НП-96 раскручивается до нужных оборотов и происходит замер давления на выходе из насоса и расход топлива. На стенде идет замер давления, температуры и замер расхода, для чего в гидросхеме стенда предусмотрены манометры, датчики давления и карболисовый расходомер. Кроме этого должна быть предусмотрена обкатка агрегата перед началом полного испытания насоса НП-96, так как авиационные агрегаты проходят обкатку на наземных стендах, а не в воздухе, в составе самолета.

Стенд для испытания насоса НП-96 представляет собой бокс, в котором располагаются агрегаты необходимые для проведения испытания насоса. Сам бокс состоит из 2-х залов. В первом зале располагается ниша с испытываемым насосом. В нише кроме испытываемого насоса располагаются основные измерительные приборы (манометры, датчики давления, уровни для баков), а так же рукава и основные трубопроводы для подключения испытываемого насоса к гидросистеме стенда.

В пультовом зале стоит пульт для работы испытателя. На нем размещены все органы управления стендом, а так же компьютер, на который выводится вся информация с цифровых датчиков давления, температуры рабочей жидкости и расходомера. Поэтому испытатель может не только видеть испытание в реальном времени, но и сохранять данные об испытаниях за большой период времени, что упрощает работу испытателя.

Основные характеристики стенда:

- тип стенда – стационарный;
- режим работы – ручной;
- рабочая жидкость масляной гидросистемы - основная ИПМ-10 ТУ38.1011299-2006; резервная ВНИИНП 50-1-4ф ГОСТ 13076-86 или МС-8П ОСТ 38.01163-78; смешивание масел не допускается;
- рабочая жидкость - топливо РТ или ТС-1 ГОСТ 10277-2001;
- температура топлива плюс (15....55)°С;
- температура масла плюс (30±10)°С;
- рабочее давление масла на входе в насос (1,5±0.2) кгс/см²;
- рабочее давление топлива на входе в насос (4,5±0.5) кгс/см²;
- привод насоса НП-96 осуществляется от электродвигателя мощностью не менее 30 кВт и плавным набором оборотов вала привода, посредством одноступенчатого мультипликатора;
- привод шестеренного насоса подкачки рабочей жидкости Н1 осуществляется от электродвигателя мощностью не менее 4 кВт и числом оборотов вала 3000 об/мин;
- тонкость фильтрации рабочей жидкости - 5 мкм;
- род питающего тока: переменный 380 В, 220В; постоянный 27В;
- потребляемая мощность стенда не более N=35 кВт

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.143.000 ПЗ				

1.3 Настройка и испытание НП-96, ее недостатки и основные направления совершенствования

Испытание насоса НП представляет собой замеры давления и расхода топлива при определенных оборотах вращения входного вала испытуемого насоса. Максимальные обороты насоса НП-96 $n=7500$ об/мин, максимальное давление на выходе из насоса 21 МПа. Само топливо подается в испытуемый насос с определенным давлением, от насоса подкачки, чтобы не было голодания испытуемого насоса, так как испытуемый насос НП находится на определенном удалении от бака с топливом (такая же система подкачки существует в гидросистеме самолета). Во время испытания происходит настройка предохранительного клапана и распределителя, который управляет наклонной шайбой, расположенные внутри насоса. От регулировки данного распределителя будет зависеть производительность испытуемого насоса, а от настройки предохранительного клапана – выходное давление. Настройка производится за счет регулирования сжатия пружины, находящиеся в предохранительном клапане. Кроме этого на испытательном стенде производится обкатка агрегата перед началом полного испытания насоса НП, так как авиационные агрегаты проходят обкатку на наземных стендах, а не в воздухе, в составе самолета. Обкатка испытуемого насоса производится с минимальных оборотов входного вала с постепенным увеличением оборотов до максимальных $n=7500$ об/мин. При этом топливо подается в испытуемый насос вместе с маслом в пропорции 75% топлива, 25% масло для лучшей притирки трущихся поверхностей внутри испытуемого насоса.

Два года назад на предприятие ПАО «Агрегат» пришел заказ на изготовление 600 насосов НП-96 для двигателей АЛ-31Ф. Раньше данные агрегаты выпускались на украинском предприятии СКБ «Турбина», находящийся на территории Украины. Данный заказ обусловлен стремлением импортозамещения основных узлов двигателестроения российского авиационной промышленности. Выбор министерства промышленности в пользу предприятия ПАО «Агрегат» был обусловлен тем, что данное предприятие уже давно выпускает плунжерные насосы, а именно НП-92 и ПН-99, а значит имеет наработки в производстве данных авиационных агрегатов.

Чтобы провести полноценные испытания данного насоса потребуется проектирование испытательного стенда, так как насос НП-92 работает на маслах АМГ-10 и НГЖ-5у. На имеющемся стенде для насоса НП-92 применяется привод с электродвигателем постоянного тока мощностью $N=55$ кВт и максимальными оборотами $n=6000$ об/мин, что приводит к значительным энергозатратам (сам привод с электродвигателем был взят со старого стенда). Так что понадобится проектирование нового привода с частотным преобразователем и оборотами до $n=7500$ об/мин.

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.143.000 ПЗ					

К основным этапам при проектировании стенда для проведения испытаний насоса НП-96 относятся:

1) В камере, где происходит испытание агрегата НП-96 установлены ручные краны для перекрытия подачи масла на три входа, вдобавок в самой камере находятся турбинные преобразователи для замера расхода топлива. Все эти гидроагрегаты очень мешают работе испытателя во время настройки агрегата НП-96. Предлагаю заменить ручные краны на краны с дистанционным управлением (от электромагнитов) и вынести их вместе с турбинными преобразователями за пределы испытательной камеры.

2) На имеющемся стенде для испытания насоса НП-92 применяется электродвигатель постоянного тока с мощностью $N=55$ кВт частота вращения изменяется с помощью теристорной установки, которая занимает много места, вдобавок применяется многоступенчатый мультипликатор который скрадывает значительную мощность электродвигателя. Предлагаю применить для привода испытуемого насоса асинхронный электродвигатель мощностью всего $N=30$ кВт с частотным преобразователем, передающим вращение к насосу НП через одноступенчатый вертикальный мультипликатор с передаточным числом $i = 2,5$ что понизит энергозатраты стенда.

3) При испытаниях насоса НП потребуется разработка системы смазки как самого насоса так и его привода. Так как при оборотах редукторов свыше 6000 об/мин естественная смазка не работает, а точнее приводит к быстрому износу редуктора системы смазки. В нашем случае насос НП-96 выдает 7500 об/мин, что требует применения смазки его опор, причем в двух местах. Предлагаю в качестве насосов применить три герметичных бака (один будет создавать давление масла для редуктора смазки, а два других – для опор внутри насоса НП) с наддувом от воздушной системы цеха. Данная схема упростит систему смазки, а главное удешевит ее, так как нет надобности применять насосы с электродвигателями для них.

На существующем стенде для настройки и испытания насоса НП применяются манометры (для замера давления). Данные изделия очень капризны к перепаду давления (манометр при повышении давления в системе выше предела своего измерения как правило выходит из строя), пьезометр не может показать мгновенный результат, что требует программа на регулировку и испытание. Предлагаю в качестве манометров применить датчики избыточного давления и перепада давления фирмы «EMERSON», которые удовлетворяют всем современным нормам измерения. Они не выходят из строя при перепаде давления и могут показывать мгновенный результат. Так же в качестве расходомера предлагаю заменить пьезометр на кориолисовый цифровой расходомер той же фирмы «EMERSON». Все показания датчиков выдаются на компьютер, имеющий блок памяти, то есть все показания будут записываться.

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.143.000 ПЗ				

1.4 Задачи проектирования

К основным задачам проектирования стенда для проведения испытаний насоса НП относятся:

1) Разработка пневмогидравлической схемы, которая определяет саму работоспособность стенда. В них нужно отразить все составляющие узлы, от которых будет зависеть работа всего испытательного стенда в целом. Для полного функционирования стенда для испытания насоса НП-96 потребуется разработка принципиальной пневмогидросхемы, которая будет состоять из гидросистемы (бак-радиатор, насос, фильтра, предохранительные и редукционные клапана, средства измерения, а так же цифровая измерительная аппаратура) и пневмосистемы. Так же понадобится произвести расчет на проектирование предохранительного клапана.

2) Для привода насоса НП-96 потребуется разработать привод с асинхронным электродвигателем мощностью всего $N=30$ кВт и частотным преобразователем (данный частотный преобразователь изменяет обороты электродвигателя за счет изменения частоты тока), передающим вращение к насосу НП через одноступенчатый вертикальный мультипликатор с передаточным числом $i = 2,5$ что понизит энергозатраты стенда.

3) При испытаниях насоса НП потребуется разработать систему смазки как самого насоса так и его привода. Так как при оборотах редукторов свыше 6000 об/мин естественная смазка не работает, а точнее приводит к быстрому износу редуктора системы смазки. В нашем случае насос НП-96 выдает 7500 об/мин, что требует применения смазки его опор, причем в двух местах. Предлагаю в качестве насосов применить три герметичных бака (один будет создавать давление масла для редуктора смазки, а два других – для опор внутри насоса НП) с наддувом от воздушной системы цеха. Данная схема упростит систему смазки, а главное удешевит ее, так как нет надобности применять насосы с электродвигателями для них.

4) При испытаниях насоса НП-96 необходимо изменение температуры рабочей жидкости от плюс 15 до 55°C, для этой цели нужно спроектировать бак-радиатор, обеспечивающий изменение температуры топлива при испытании насоса НП-96. Причем данный бак-радиатор должен иметь возможность не только охлаждать топливо, но и нагревать его в зависимости от условий испытания.

5) Так же во время проектирования выяснилось, что в гидравлической системе проектируемого стенда потребуется применение регулируемого предохранительного клапана.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Выводы по разделу один

В данном разделе представлены: основные характеристики насоса НП-96. Настройка и испытание НП-96, ее недостатки и основные направления совершенствования. Представлены основные задачи проектирования испытательного стенда для насоса НП-96.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Обзор существующих испытательных стендов

2.1.1 Стенд производителя АО «Турбина»

Стенд предназначен для испытания насоса НП-96 – производитель АО «Турбина» Луцк, Украина.

Стенд представляет собой бокс, в котором располагаются агрегаты необходимые для настройки и испытания насоса НП-96. В боксе предусмотрена ниша для размещения насоса и его привода. Сама ниша закрыта сдвижным ограждением с бронестеклом. В качестве подкачивающего насоса используется авиационный шестеренный насос марки 4020, что приводит к пульсации потока жидкости. Данное явление приводит к снижению ресурса испытуемого насоса НП-96. В стенде применен двухступенчатый вертикальный мультипликатор с передаточным числом $i = 5$, который получает вращение от двигателя переменного тока мощностью не менее 55 кВт и оборотами $n=1500$ об/мин, изменение частоты вращения двигателя происходит за счет частотного преобразователя «Hitachi». У мультипликатора на выходном валу размещен цифровой датчик, который замеряет частоту вращения вала и посылает сигнал на компьютер. Изменение частоты вращения двигателя происходит также как и главного привода за счет частотного преобразователя с выводом информации на компьютер.

В машинном зале размещены редуктора с электродвигателями для вращения насоса 888, плунжерного насоса НП-92, трех топливных насосов подкачки и привода для смазки.

Данный стенд изображен на рисунке 2.1, технические характеристики стенда приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Техническая характеристика стенда

Наименование параметра	Значение
Используемый насос подкачки	888
Подача насосов подкачки, л/мин	80
Потребляемая мощность, кВт	55
Нагрев раб. жидкости, до С	45
Габаритные размеры, мм	
–длина×ширина×высота	3800×2500×4000
размеры агрегатного зала	400×1000
Цена тыс. руб.	1732680

Таблица 2.2 – Техническая характеристика стенда

Наименование параметра	Значение
Используемый насос подкачки	4020
Подача насосов подкачки, л/мин	150
Потребляемая мощность, кВт	45
Нагрев раб. жидкости, до С	45
Габаритные размеры, мм	
–длина×ширина×высота	6800×7500×4000
размеры агрегатного зала	2800×2500
Цена тыс. руб.	1450600

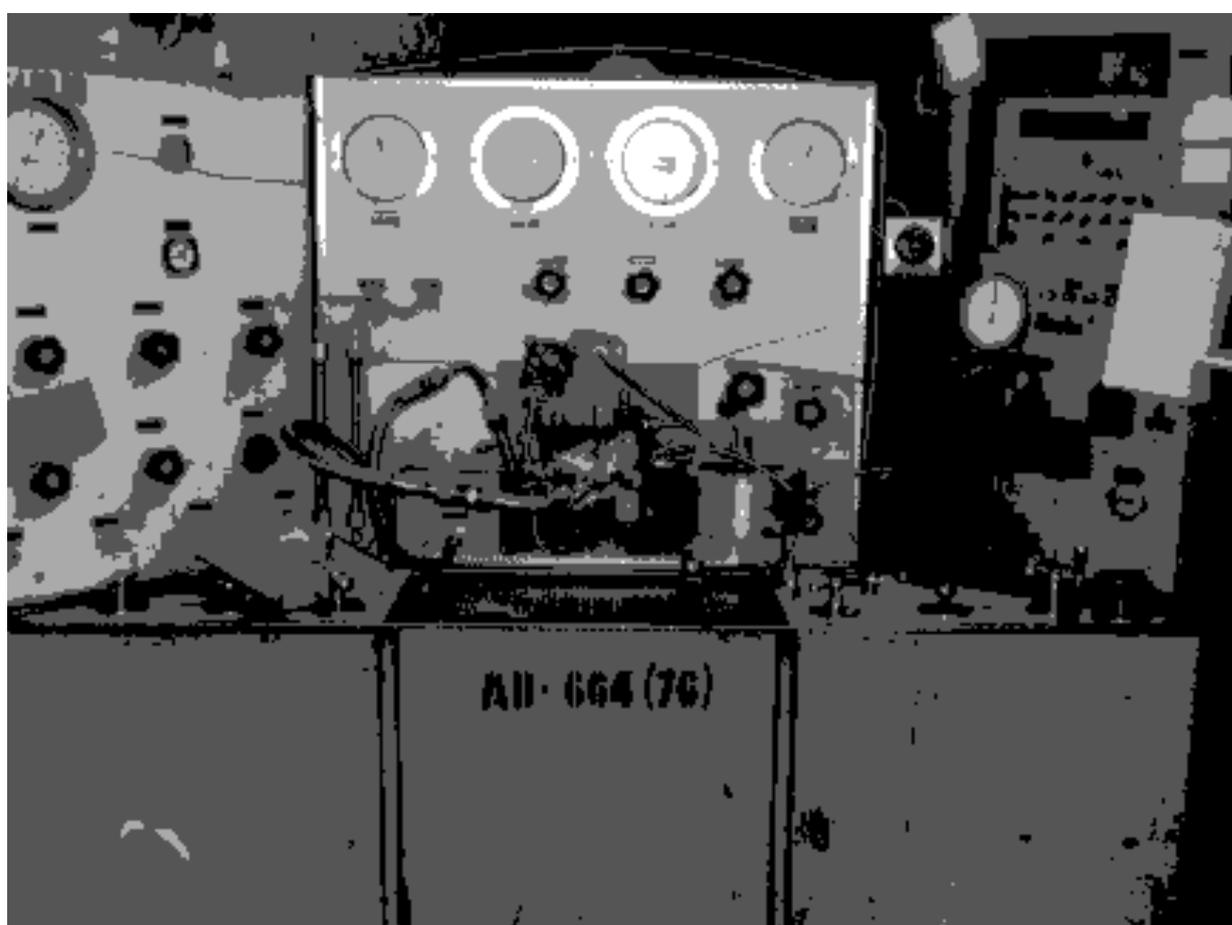


Рисунок 2.2 – Стенд для испытания насоса ОАО «Инкар».

Данный стенд удовлетворяет предъявляемым требованиям. На стенде применена сложная гидросистема, так как испытывается весь агрегат НП-96, соответственно она удорожает весь стенд и усложняет работу испытателя (время испытания 14,5 часов). Недостатком данного стенда является наличие аналоговых приборов измерения (манометры, дифманометры и термометры), что влечет за собой низкую точность и сложность замеров при настройке насоса НП-96.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2.1.3 Стенд производителя ОАО «Завод им. Румянцева»

Стенд предназначен для приемоздаточных испытаний насоса НП-96 – производитель ОАО «Завод им. Румянцева» Москва, Россия.

Стенд представляет собой бокс, в котором располагаются агрегаты необходимые для настройки регулятора. В боксе предусмотрена ниша для размещения регулятора и его привода. Сама ниша закрыта сдвижным ограждением с бронестеклом. В качестве подкачивающего насоса применяется центробежный насос ДЦН-80. На стенде проводятся испытания имитирующие работу насоса НП-96 в топливной системе двигателя самолета. Их сущность заключается в том, что в определенные полости агрегата НП-96 подается давление. Стенд для испытания плунжерного насоса должен иметь источник энергии для привода испытуемого насоса (электродвигатель). Агрегаты и элементы гидросистемы должны быть расположены и смонтированы по возможности так, как на самолете. Сечения и длина трубопроводов должны соответствовать самолетным. Сам насос получает вращение от асинхронного электродвигателя мощностью N=55 кВт. На стенде идет замер давления, температуры и замер расхода.

Сам бокс состоит из 4-х залов. В первом зале располагается стол с испытуемым агрегатом. В гидрозале располагаются гидроагрегаты предназначенные для работы испытательного стенда

В машинном зале размещены редуктора с электродвигателями для вращения насоса ДЦН-202, плунжерного насоса, трех топливных насосов подкачки и привода для смазки. В 4-ом зале стоит пульт для работы оператора.

Данный стенд изображен на рисунке 2.3, технические характеристики стенда приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики стенда

Наименование параметра	Значение
Используемый насос подкачки	ДЦН-80
Подача насосов подкачки, л/мин	180
Потребляемая мощность, кВт	55
Нагрев раб. жидкости, до С	45
Габаритные размеры, мм	
–длина×ширина×высота	5800×6500×4000
размеры агрегатного зала	2800×2500
Цена тыс. руб.	2150400

Данный стенд удовлетворяет предъявляемым требованиям. На стенде применена сложная гидросистема, соответственно она удорожает весь стенд и усложняет работу испытателя, что влечет низкую производительность стенда (время испытания 13,5 часов). Недостатком данного стенда является наличие аналоговых приборов измерения (манометры, дифманометры и пьезометры), что влечет за собой низкую точность и сложность замеров при испытании насоса НП-96. Так же стенд снабжен мощной энергоустановкой в 55 кВт, что влечет большие затраты, которые отразятся в стоимости НП-96.

На основе анализа и в целях достижения требований предъявляемых к процессу приемо-сдаточных испытаний, а также экономии денежных средств, было принято решение, модернизировать имеющийся на заводе испытательный стенд. Модернизированный испытательный стенд не предназначается для реализации сторонним покупателям, только для внутривозвратного использования.

2.2 Разработка структурной схемы

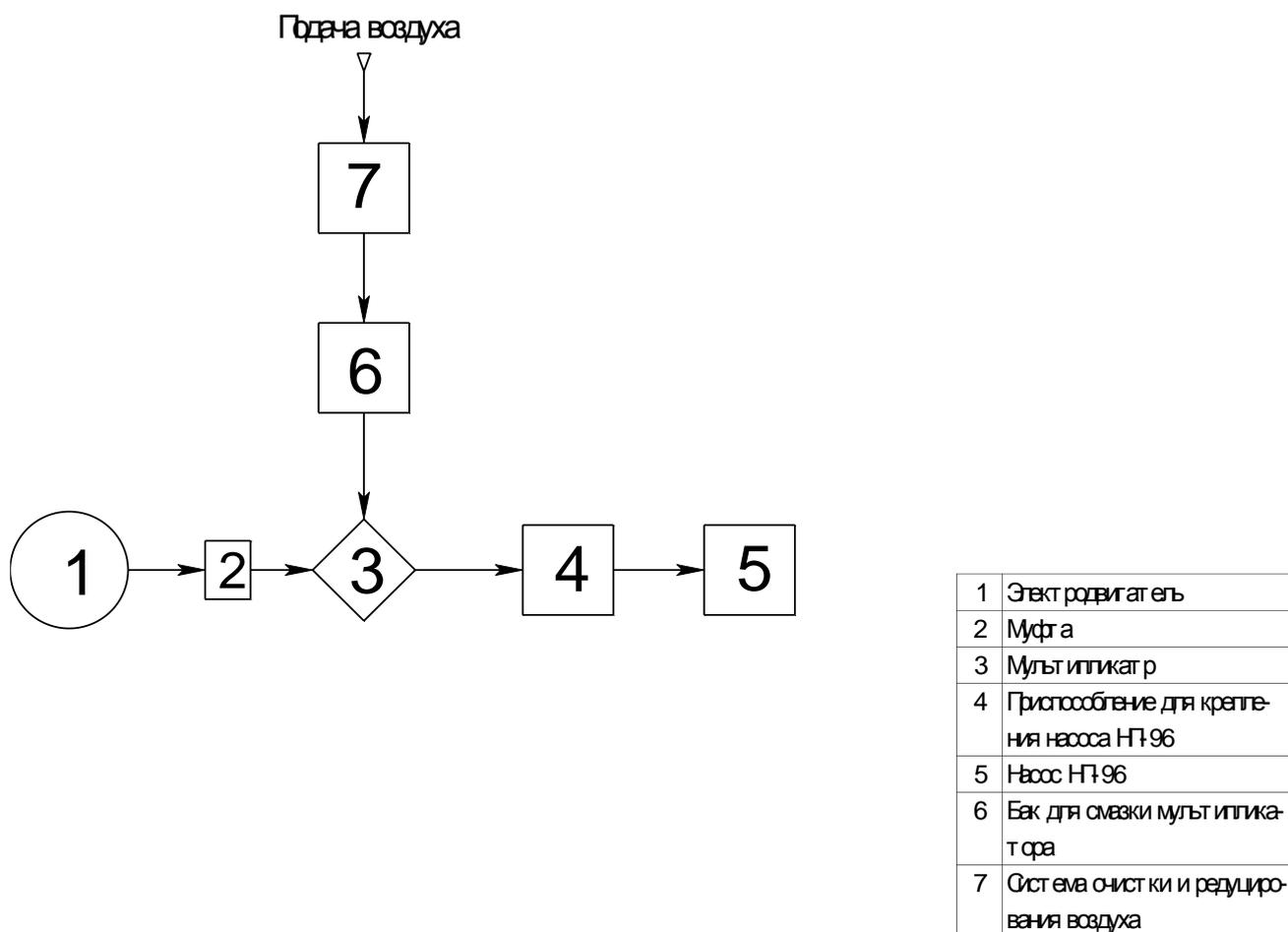


Рисунок 2.4 – Структурная схема стенда

2.2.1 Назначение и конструкция стенда для испытания насоса НП-96

На стенде проводятся испытания имитирующие работу насоса НП-96 в топливной системе двигателя самолета. Их сущность заключается в том, что в определенные полости агрегата НП-96 подается авиационное топливо с определенным давлением. Сам насос получает вращение от асинхронного электродвигателя мощностью $N=30$ кВт, через одноступенчатый мультипликатор. При этом привод испытываемого насоса оснащен частотным преобразователем.

После чего испытываемый насос НП-96 раскручивается до нужных оборотов и происходит замер давления на выходе из насоса и расход топлива. На стенде идет замер давления, температуры и замер расхода, для чего в гидросхеме стенда предусмотрены манометры, датчики давления и карболисовый расходомер. Кроме этого должна быть предусмотрена обкатка агрегата перед началом полного испытания насоса НП-96, так как авиационные агрегаты проходят обкатку на наземных стендах, а не в воздухе, в составе самолета.

Стенд для испытания насоса НП-96 представляет собой бокс, в котором располагаются агрегаты необходимые для проведения испытания насоса. Сам бокс состоит из 2-х залов. В первом зале располагается ниша с испытываемым насосом. В нише кроме испытываемого насоса располагаются основные измерительные приборы (манометры, датчики давления, уровни для баков), а так же рукава и основные трубопроводы для подключения испытываемого насоса к гидросистеме стенда.

В гидрозале зале размещены редуктора с электродвигателями для вращения насоса НП-96 и привод для подкачки топлива. Также в гидрозале размещаются три бака для смазки привода и самого насоса, а так же бак-радиатор для размещения топлива. Давление масла из баков происходит за счет наддува воздуха от воздушной системы цеха. Масло через фильтра и жиклеры поступает в штуцера в испытываемый насос для смазки подшипниковой пары, так как данный узел раскручивается до оборотов $n=7500$ об/мин, что требует применения принудительной смазки, без которой данный узел может выйти из строя. Кроме этого в машинном зале располагаются фильтра для очистки рабочей жидкости, предохранительные и редукционные клапана и др. гидроаппаратура. Бак-радиатор оснащен аварийным сливом рабочей жидкости, который срабатывает от воздуха в случае аварийной ситуации, которая может привести к взрыву или возгоранию, так как авиационное топливо склонно к возгоранию. Для того чтобы в баке-радиаторе поддерживалось постоянное давление рабочей жидкости в гидросистеме стенда предусмотрен насос подкачки 888, для которого предусмотрен привод через стену с электродвигателем мощностью $N=5,5$ кВт. Так же в гидросистеме стенда предусмотрен воздухоотделитель, который служит для отделения воздуха от рабочей жидкости, который попадает в гидросистему стенда при снятии и установке испытываемого насоса.

										Лист
										23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2017.143.000 ПЗ

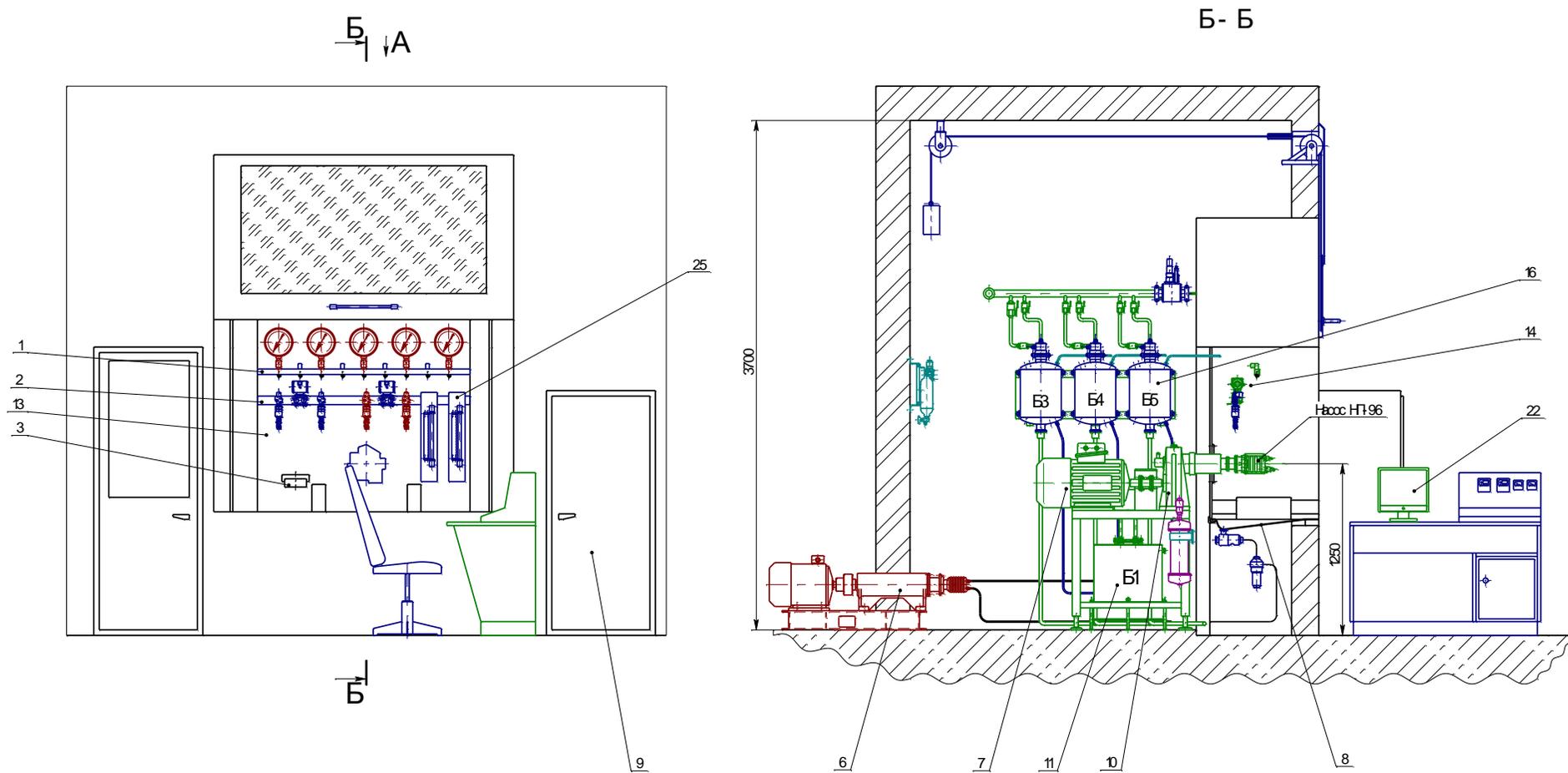


Рисунок 2.5 – Стенд для испытания насоса НП-96

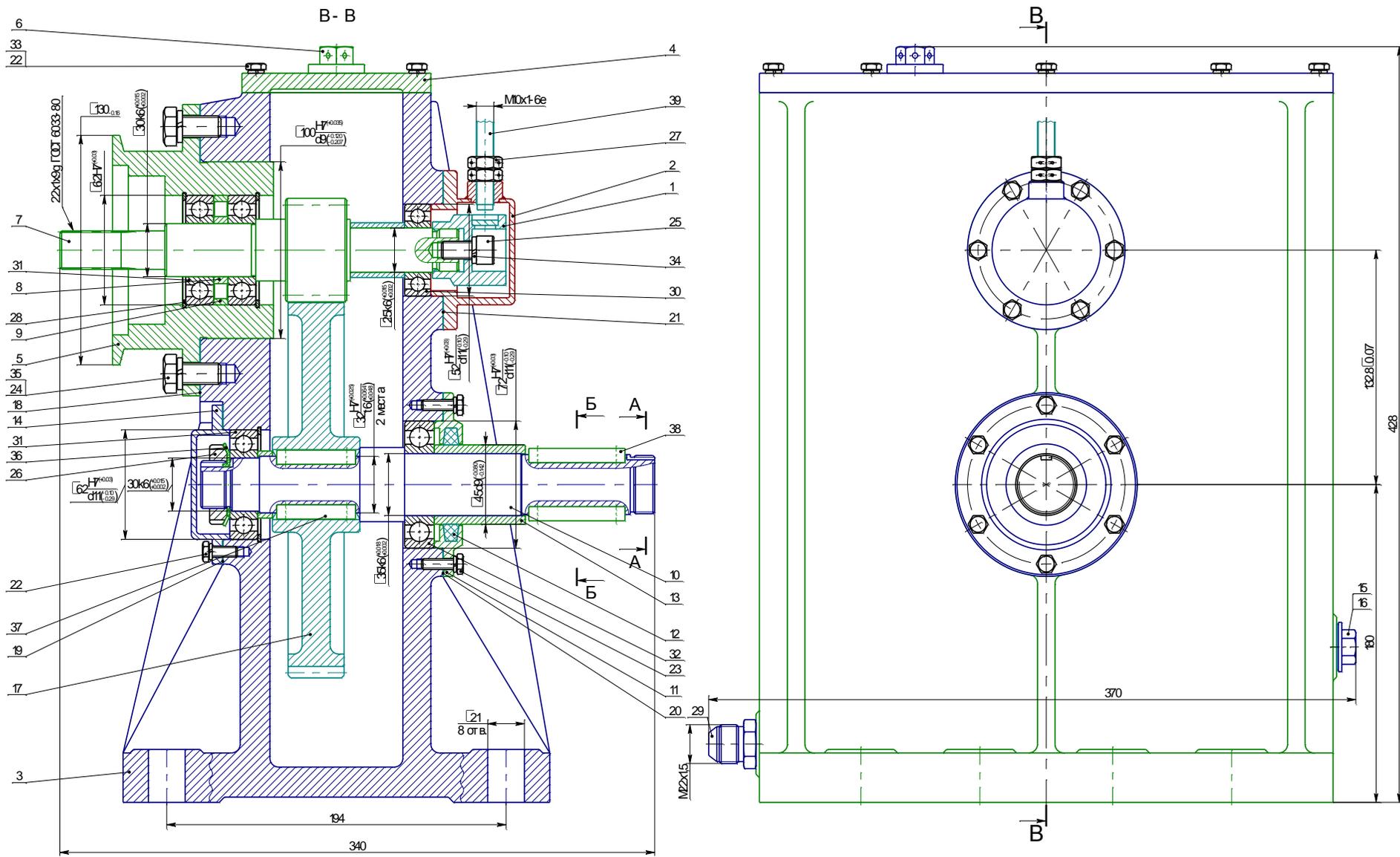


Рисунок 2.7 – Мультипликатор

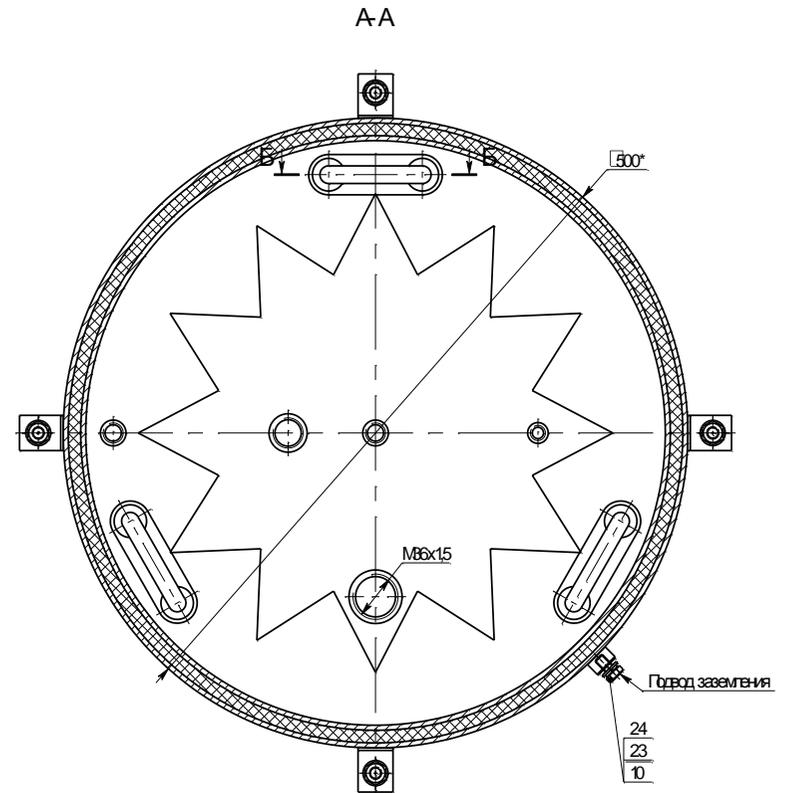
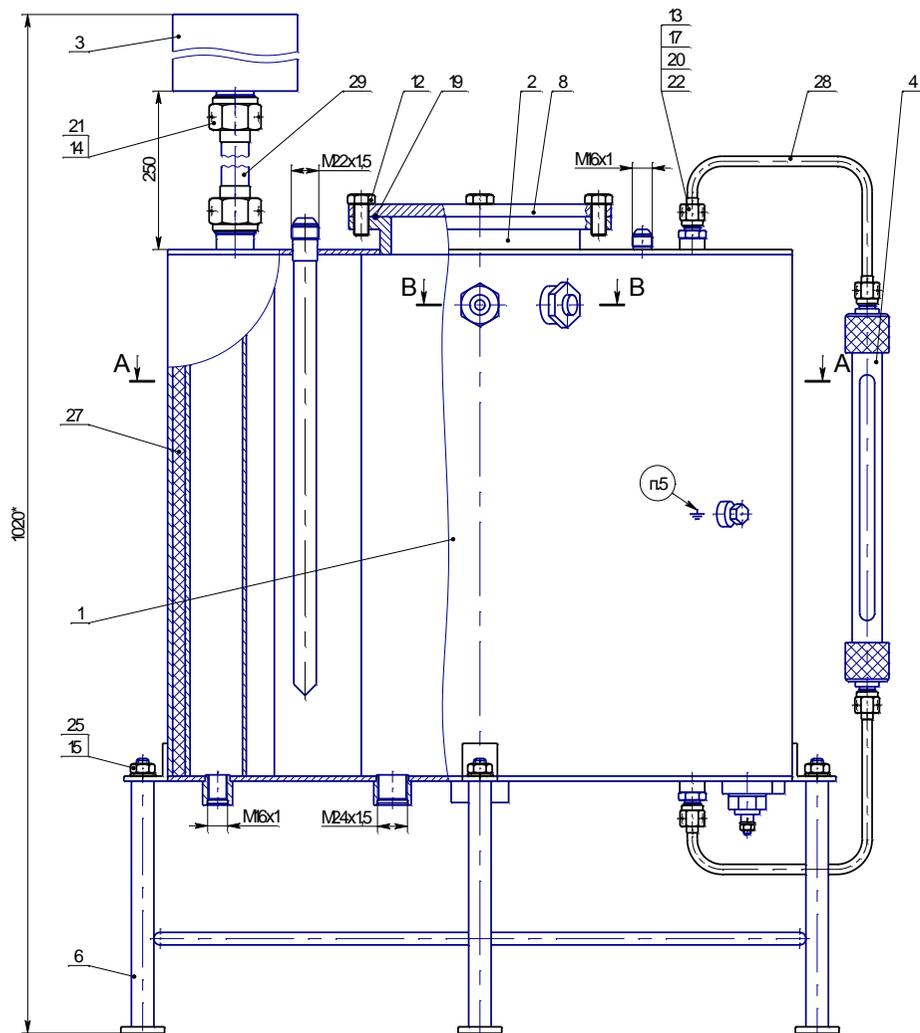


Рисунок 2.8 – Бак-радиатор

2.3 Проектирование мультипликатора

2.3.1 Назначение мультипликатора

Мультипликатор – это механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач, заключенный в отдельный закрытый корпус и работающий в масляной ванне. Мультипликатор предназначен для повышения частоты вращения и уменьшения вращающего момента.

Выбор горизонтальной или вертикальной схемы для мультипликатора всех типов обусловлен удобством общей компоновки привода (относительным расположением двигателя и рабочего вала приводимой в движение машины). В данном стенде предлагаю применить одноступенчатый вертикальный мультипликатор с цилиндрическими прямозубыми колесами. Мультипликатор является широко распространенным механизмом, используемым в приводах современных машин. Будучи сравнительно простым по конструкции, мультипликатор тем не менее требует при проектировании определенных навыков, является базовой моделью для развития первоначального конструкторского мышления в процессе обучения конструированию.

Недостатком этого мультипликатора являются: повышенная виброактивность, которую можно снизить применением косозубых или шевронных передач; большие размеры при высоких значениях передаточных чисел.

Разработанный мною мультипликатор приводит в действие насос НП-96. Передавая ему вращение с частотой $n=7500$ об/мин от электродвигателя с мощностью $N=30$ кВт и $n=3000$ об/мин. При этом он имеет небольшие габариты и массу.

2.3.2 Конструктивное исполнение

Мультипликатор состоит из зубчатой передачи, смонтированной на валах с под-шипниками в литом чугунном корпусе. Корпус состоит из двух частей: нижней части – картера и верхней – крышки. Крышка с картером скрепляется болтами.

В связи с малым количеством зубьев шестерни ее изготавливают вместе с ведущим валом (вал-шестерня). Шестерни конструктивно исполняются в двух вариантах: вместе с валом – вал-шестерня и отдельно от вала – насадная шестерня. Следует отметить, что во всех случаях первый вариант является более предпочтительным как с точки зрения стоимости изготовления, так и для обеспечения точности сборки и последующей работы в мультипликаторе. Колесо посажено на ведущий вал по посадке $H7/p6$ с дополнительным креплением призматической шпонкой. Для обеспечения нормальной работы зубчатые колеса должны быть установлены на валах без перекоса.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Смещение колеса ограничивает с одной стороны буртик ведущего вала, а с другой – распорное кольцо. Ведущий вал установлен на двух радиальных шарико-подшипниках. Эти подшипники можно регулировать подбором прокладок под закладной крышкой подшипника. При правильно отрегулированных подшипниках вал должен легко вращаться от руки, без заметного осевого смещения.

Ведомый валшестерня также установлен на трех радиальных шарикоподшипниках. Их регулировка осуществляется в случае необходимости подбором прокладок под закладной крышкой подшипника. Смазка передачи осуществляется разбрызгиванием жидкого масла, заливаемого через смотровое отверстие в крышке корпуса. Корпус мультипликатора используется в качестве резервуара для смазочного масла. При работе передачи масло постепенно загрязняется продуктами износа. С течением времени оно стареет, свойства его ухудшаются. Отработанное масло спускают через отверстие, расположенное в нижней части корпуса. Это отверстие закрывается резьбовой пробкой, установленной с уплотнительным кольцом.

При недостатке масла ускоряется износ зубчатого зацепления и понижается КПД мультипликатора, при излишке масла увеличивается расход мощности на пере-мешивание масла и также понижается КПД, кроме того, усиливается подтекание масла из картера мультипликатора.

Во время работы мультипликатора повышается давление внутри корпуса в связи с нагревом воздуха и масла. Это приводит к выбрасыванию масла из корпуса через уплотнения и стыки. Чтобы избежать этого, внутреннюю полость корпуса сообщают с внешней средой установкой сапуна в крышке мультипликатора.

2.3.3 Расчет мультипликатора

Исходные данные: $N = 30$ кВт, $n_{вх} = 3000$ об/мин, $n_{вых} = 7500$ об/мин, материал зубчатого колеса и шестерни Сталь 12ХНЗА (цементация НРС 55-60).

1. Расчет зубчатой передачи на контактную выносливость.

Расчет сводится к удовлетворению условия, чтобы контактные напряжения в зубьях были равны или меньше допускаемых.

При сопоставлении расчетного и допускаемого контактных напряжений в полосе зацепления должно выполняться условие [5]:

$$\sigma_H := Z_h \cdot Z_m \cdot Z_e \cdot \sqrt{\frac{\omega h t}{d \omega t} \cdot \frac{u + 1}{u}} \leq \sigma_{Hp} \quad (2.1)$$

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$Z_h = 1,6$ – коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев.

$Z_m = 275$ – коэффициент, учитывающий механические свойства материалов сопряженных зубчатых колес.

$Z_e = 0,9$ - коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий.

$u = 2,5$ – расчетное передаточное число.

ω_{ht} = удельная расчетная окружная сила.

$$\omega_{ht} := \frac{2000 \cdot T_{1h}}{b \omega \cdot d_{\omega 1}} \cdot K_{h\alpha} \cdot K_{h\beta} \cdot K_{hv} \quad (2.2)$$

T_{1h} – расчетный вращающий момент на колесе.

$$T_{1h} = \frac{N}{\left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)} = \frac{3000}{\left(\frac{3,14 \cdot 5600}{30}\right)} = 54N \cdot m$$

$b_{\omega} = 20$ мм – рабочая ширина венца.

$d_{\omega 1} = 140$ мм – начальный диаметр колеса.

$K_{h\alpha} = 1$ - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями.

$K_{h\beta} = 1,18$ - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине

$K_{hv} = 1,27$ - коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении.

$$\omega_{ht} = \frac{2000 \cdot 51}{20 \cdot 140} \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1,27 = 74,9$$

$$\omega_{ht} = 74,9 \text{ Н/мм.}$$

$$\sigma_H = 1,6 \cdot 275 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{74,9}{140} \cdot \frac{2,5+1}{2,5}} = 311,6$$

$$\sigma_H = 311,6 \text{ МПа.}$$

Из расчета на контактную прочность определяем межосевое расстояние по формуле [5]:

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$a\omega := K\alpha \cdot (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{2h} \cdot K_h \beta}{u^2 \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_h^2}} \quad (2.3)$$

$K\alpha = 495$ – вспомогательный коэффициент.

T_{2h} – расчетный вращающий момент на шестерне.

$$T_{2h} = \frac{N}{\left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)} = \frac{3000}{\left(\frac{3,14 \cdot 1400}{30}\right)} = 9,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$\psi_{ba} = 0,28$ – коэффициент.

$$a\omega = 495 \cdot (2,5 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{9,2 \cdot 1,18}{2,5^2 \cdot 0,28 \cdot 311,6^2}} = 97,5$$

$$a\omega = 97,5$$

Принимаем ближайшее стандартное значение $a = 98$ мм.

$$m = \frac{b}{\Psi_m}$$

$$m = \frac{0,28 \cdot 98}{20} = 1,68$$

Принимаю стандартный модуль равный 2.

Делительная окружность шестерни $d_2 = 2 \cdot a / (u+1) = 2 \cdot 98 / 3,5 = 56$ мм

Делительная окружность колеса $d_1 = 2 \cdot a \cdot u / (u+1) = 140$ мм

Рабочая ширина колеса $b_1 = 20$ мм, шестерни $b_2 = b_1 + 5 = 25$ мм.

Число зубьев $z_1 = d_1 / m = 140 / 2 = 70$; $z_2 = d_2 / m = 56 / 2 = 28$.

Проверяем совпадение начальных окружностей в полюсе зацепления

$$a = (d_1 + d_2) / 2,5 = (140 + 56) / 2 = 98 \text{ мм.}$$

Окружности вершин шестерни и колеса: $da_1 = d_1 + 2 \cdot m = 140 + 2 \cdot 2 = 144$ мм;

$$da_2 = d_2 + 2 \cdot m = 56 + 2 \cdot 2 = 60 \text{ мм.}$$

Допускаемое контактное напряжение определяют по формуле [5]:

$$\sigma_{Hr} := \frac{\sigma_{Hlim}}{Sh} \cdot Z_r \cdot Z_v \cdot K_L \cdot K_h \quad (2.4)$$

σ_{Hlim} - предел контактной выносливости поверхностей зубьев.

$$\sigma_{Hlim} := \sigma_{Hlimb} \cdot K_{hl}$$

$\sigma_{Hlimb} = 1265$ МПа - предел контактной выносливости поверхностей зубьев.
 $K_{hl} = 1$ – коэффициент долговечности.

$$\sigma_{Hlimb} = 1265 \text{ МПа}$$

$Sh = 1,2$ – коэффициент безопасности.

$Z_r = 0,95$ – коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев.

$Z_v = 1,06$ - коэффициент, учитывающий окружную скорость ($v = 16,7$ м/с)

$K_L = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние смазки.

$K_h = 1$ - коэффициент, учитывающий размер зубчатого колеса.

$$\sigma_{Hr} := \frac{1265}{1.2} \cdot 0.95 \cdot 1.06 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\sigma_{Hr} = 1060 \text{ МПа}$$

Условие поставленное выше выполняется [5]:

$$\sigma_H \leq \sigma_{Hr} \quad (2.5)$$

2. Расчет зубчатой передачи на выносливость при изгибе.

Зуб рассматривается как консольная балка с нагрузкой, распределенной по линии контакта. При работе линия контакта перемещается по высоте зуба и меняется плечо силы.

$$\sigma_F := Y_f \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{\omega F_t}{m} \leq \sigma_{Fr} \quad (2.6)$$

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.143.000 ПЗ					

$Y_f = 3,5$ – коэффициент, учитывающий форму зуба.

$Y_\varepsilon = 1$ - коэффициент, учитывающий перекрытие зубьев.

$Y_\beta = 1$ - коэффициент, учитывающий наклон зуба.

ωF_t - удельная расчетная окружная сила.

$$\omega F_t := \frac{2000 \cdot T_{1f}}{b \omega \cdot d_1} \cdot K_{f\alpha} \cdot K_{f\beta} \cdot K_{fv} \quad (2.7)$$

$K_{f\alpha} = 1$ - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями.

$K_{f\beta} = 1,2$ - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца.

$K_{fv} = 1,36$ - коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении.

T_{1f} – расчетный вращающий момент на колесе.

$$T_{1h} = \frac{N}{\left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)} = \frac{3000}{\left(\frac{3,14 \cdot 5600}{30}\right)} = 51 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$b_\omega = 20$ мм – рабочая ширина венца.

$$\omega F_t = \frac{2000 \cdot 51}{20 \cdot 60} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,36 = 238$$

$$\omega F = 238 \text{ Н/мм}$$

$$\sigma_F = 3,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{238}{2} = 416,5$$

$$\sigma_F = 416,5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение при расчете зубьев на выносливость при изгибе, определяется по формуле [5]:

$$\sigma_{Fp} := \frac{\sigma_{Flim}}{S_f} \cdot Y_s \cdot Y_r \cdot K_F \quad (2.8)$$

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$Y_s = 1,4$ - коэффициент, учитывающий градиент напряжений и чувствительность материала к концентрации напряжений.

$Y_r = 1,05$ - коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности.

$K_F = 1$ - коэффициент, учитывающий размеры зубчатого колеса.

$S_f = 1,55$ – коэффициент безопасности.

Предел выносливости зубьев при изгибе, соответствующий эквивалентному числу циклов перемены напряжений.

$$\sigma_{Flim} := \sigma_{Flimb} \cdot K_{fg} \cdot K_{fd} \cdot K_{fs} \cdot K_{fL} \quad (2.9)$$

$\sigma_{Flimb} = 950$ МПа - предел выносливости зубьев при изгибе, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений.

$K_{fg} = 0,75$ - коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба.

$K_{fd} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения.

$K_{fs} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки.

K_{fL} - коэффициент долговечности.

$$K_{fL} = \sqrt[mf]{\frac{N_{fo}}{N_{fe}}} \quad (2.10)$$

$$mf = 9$$

$N_{fo} = 4000000$ – базовое число циклов перемены напряжений.

$N_{fe} = 6500000$ - эквивалентное число циклов перемены напряжений.

$$K_{fL} = \sqrt[9]{\frac{4000000}{6500000}} \quad K_{fL} = 0.9$$

$$\sigma_{Flim} = 950 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94$$

$$\sigma_{Flim} = 669,7 \text{ МПа}$$

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Находим допускаемое напряжение при расчете зубьев на выносливость при изгибе:

$$\sigma_{Fr} := \frac{669.7}{1.55} \cdot 1.4 \cdot 1 \cdot 1.05$$

$$\sigma_{Fr} = 635 \text{ МПа}$$

Условие поставленное выше выполняется:

$$\sigma_F \leq \sigma_{Fr} \quad (2.11)$$

3. Проверочный расчет резьбы на срез витков у болта поз.64 (М8х1,25).
Проверочный расчет резьбы на срез витков осуществляется по формуле [7]

$$[\tau_{cp}] = \frac{F}{\pi D_1 k H k_m} \leq [\tau_{cp}], \text{ МПа}, \quad (2.12)$$

где F – осевое усилие, Н;

D_1 – внутренний диаметр резьбы шпильки, мм;

k – коэффициент полной резьбы, для треугольной резьбы, k=0,87;

H – длина свинчивания, H=7,05 мм;

k_m – коэффициент неравномерности нагрузки по виткам резьбы, с учетом пластических деформаций, $k_m=0,55$.

Определяем внутренний диаметр резьбы D_1 по формуле

$$D_1 = D - 1.082531755 \cdot R, \text{ мм}, \quad (2.13)$$

где R – шаг резьбы, R=1,25 мм.

Получаем

$$D_1 = 6,7 - 1.082531755 \cdot 1,25 = 5,0 \text{ мм.}$$

Определяем осевое усилие F по формуле [7]

$$F = \frac{F d^2}{4} P, \text{ Н.} \quad (2.14)$$

Тогда

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Допускаемое напряжение $[\sigma_{см}] = [\sigma_p]$. Определяем по формуле [7]

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_r}{S}, \text{ МПа}, \quad (2.18)$$

где S – коэффициент безопасности [10], $S=1,5 \dots 2,5$.

Принимаем $S = 2$. Тогда

$$[\sigma_p] = \frac{701}{2} = 350 \text{ МПа.}$$

Значит

$$[\sigma_{см}] = 350 \text{ МПа.}$$

Определяем действительное напряжение на смятие витков резьбы и сравниваем его с допускаемым

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot 21364}{3,14 \cdot (8^2 - 6,9^2) \cdot 1 \cdot 7,5} = 120 \text{ МПа};$$

$$120 \text{ МПа} < 350 \text{ МПа.}$$

Таким образом, резьба М8х1.25 болта поз.64 удовлетворяет требованиям прочности

2.4 Проектирование бака-радиатора

2.4.1 Назначение бака-радиатора

Бак служит для размещения рабочей жидкости используемой в гидравлической системе стенда. Минимальная емкость бака определяется 2-3 минутной производительностью насоса (в данном случае $Q = 22$ л/мин). Емкость бака принимаем равной 50 литров.

Поскольку мощность, теряемая в гидросистеме, превращается в тепло, температура жидкости может сильно повысится. При повышении температуры понижается вязкость жидкости, что, в свою очередь, сопровождается повышением утечек. Помимо этого, повышение температуры нежелательно также вследствие повышения при этом процесса окисления жидкости, сопровождающегося, в свою очередь, дальнейшим понижением вязкости и образование различных осадков.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

баланс, определяемый равенством притока и отвода тепла. Величина теряемой в гидросистеме мощности $N_{пот}$ определяется из выражения:

1. Определим величину потери мощности [11].

$$N_{ном} = N_{под} \cdot (1 - h) \quad (2.19)$$

$$N_{под} = 3,8 \text{ кВт}$$

h - 12 КПД передачи

$$N_{ном} = 3,8 \cdot (1 - 0,12) = 3,34 \text{ кВт}$$

Таким образом почти вся энергия идет на нагрев жидкости. Для нагревания применяем водяной теплообменник. Площадь нагревателя $F = 1,8 \text{ м}^2$

Основными расчетными формулами для решения поставленной задачи является уравнение теплопередачи [7]:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t \quad (2.20)$$

Q – количество теплоты, которое может быть передано от горячей жидкости к холодной.

F – поверхность охлаждения

K – коэффициент теплопередачи

2. Определим коэффициент теплопередачи [11]:

$$K = \frac{1}{\alpha_{сс} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1 \cdot \alpha_b} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{\alpha_H}{\alpha_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_n} \right)} \quad (2.21)$$

$\alpha_{dh} = 0,005 \text{ м}$ - внутренний диаметр трубки

$\alpha_b = 0,006 \text{ м}$ – наружный диаметр трубки

$\alpha_{ср}$ – средний диаметр трубки

$\lambda = 52,2 \text{ Вт/м град}$ коэффициент теплопроводности материала трубки
Сталь X18H9T

α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи с внутренней и с внешней стороны трубки.

3. Определение коэффициента теплоотдачи с внутренней стороны трубки α_1

$$\alpha_1 = \frac{N \cdot \lambda}{\alpha \mu} \quad (2.22)$$

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

N – критерий Нуссельта

$$\alpha_{\mu} = 0.005 \text{ м}$$

$$\lambda = 0,1169 \text{ Вт/м град}$$

Критерий Нуссельта вычисляется по формуле [11]:

$$N = 0,15 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right) \quad (2.23)$$

Re – критерий Рейнольдса

Pr – критерий Прандля

Gr – критерий Грасгофа

Критерий Рейнольдса

$$Re = \frac{We}{V} \quad Re = \frac{u \cdot D}{V} \quad (2.24)$$

u = 0.6 м / сек – скорость течения жидкости

$$D = 0,005 \text{ м}$$

$$V = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м / сек}$$

$$Re = \frac{0,6 \cdot 0,005}{1,5 \cdot 10^{-6}}$$

$$Re = 2000$$

Критерий физических свойств жидкости

$$Pr = \frac{\gamma}{\alpha} \quad (2.22)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{C \cdot f} \quad \alpha = \frac{0,1025}{0,478 \cdot 0,8 \cdot 10^3}$$

$$a = 0,27 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{час}$$

$\lambda = 0,1025$ ккал / м час град - коэффициент теплоемкости

C = 0,478 ккал / кг град – удельная теплопроводность

f = 0,8 * 10³ кг / м³ - плотность

$\gamma = 1,5 \cdot 10^{-6}$ м / сек – кинематическая вязкость

$$Pr = \frac{0,054}{0,00027}$$

$$Pr = 200$$

Критерий Грасгофа

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$Gr = \frac{B \cdot I^3 \cdot \Delta T}{V^2}$$

$$Gr = 24.5$$

Критерий Нуссельта

$$N = 0,15 \cdot 2000^{0,33} \cdot 200^{0,43} \cdot 24.5^{0,1} \cdot \left(\frac{200}{210} \right)$$

$$N = 32.6$$

Коэффициент теплоотдачи от топлива к стенкам радиатора

$$\alpha = \frac{32,6 \cdot 0,1169}{0,005}$$

$$\alpha = 95 \text{ Вт / м}^2 \text{ град}$$

4. Определение теплоотдачи от стенок радиатора к воде.

Расход воды 80 л/мин

Площадь поперечного сечения радиатора [11]:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.24)$$

$$D = 0.28 \text{ м}$$

Площадь радиатора

$$F = 0,06 \text{ м}^2$$

Коэффициент теплоотдачи от поверхности радиатора к воде

$$\alpha_2 = \frac{N \cdot \lambda}{\alpha \mu} \quad \alpha_2 = \frac{32,6 \cdot 0,547}{0,4}$$

$$\alpha_2 = 44,5 \text{ Вт / м}^2 \text{ град}$$

$$\lambda = 0,547 \text{ Вт/м град}$$

$$d \text{ экв} = 0,4 \text{ м}^2$$

5. Коэффициент теплоотдачи «К»

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$K = \frac{1}{0,06 \cdot \left(\frac{1}{95 \cdot 0,005} + \frac{1}{52} \cdot \ln\left(\frac{6}{5}\right) + \frac{1}{44,5 \cdot 0,006} \right)} \quad (2.25)$$

$$K = 28,47 \text{ Вт / м}^2 \text{ град}$$

Так как на практике наиболее часто применяются станции гидропривода, имеющие определенную емкость масла, поэтому тепловой расчет, как правило, заключается в определении количества тепла, выделяемого в гидросистеме, температуры масла в гидробаке и количества охлаждающей воды, которое необходимо подавать в теплообменник для того, чтобы не допускать перегрев масла в гидробаке сверх допустимой температуры.

6. Уравнение теплового баланса.

$$Q = G1 \cdot C1 \cdot (t1 - t1) \quad (2.26)$$

G1 и G2 - Расход горячего и холодного теплоносителя C1 и C2 соответствующие теплоемкости.

t1, t2 и t3 - начальная и конечная температура горячего и холодного теплоносителя. Из этих уравнений можно определить температуру входа жидкости в радиатор:

$$Q = G2 \cdot C2 \cdot (t2 - t2) \quad (2.27)$$

$$Q = 3340 \text{ Вт}$$

$$C = 180 \text{ Вт сек/кг град}$$

$$G1 = 2 \text{ кг /сек}$$

$$t1 = 25 \text{ °C температура выхода из радиатора}$$

$$3340 = 2 \cdot 180 \cdot (X - 25)$$

$$X = t1 = 35 \text{ °C}$$

Количество теплоты, которое может быть отдано топливом при разности температур 5 .

$$Q = 2 \cdot 180 \cdot 5 = 1800 \text{ Вт}$$

Температура воды на выходе из радиаторов

$$Q = G2 \cdot C2 \cdot (t2 - t2)$$

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.143.000 ПЗ				

$$Q = 1800 \text{ Вт}$$

$$C_2 = 360 \text{ Вт сек/кг град}$$

$$t_2 = 10 \text{ °C}$$

$$G_2 = 0,5 \text{ кг /сек}$$

$$1800 = 0,5 \cdot 360 \cdot (t_2 - 10)$$

$$t_2 = \frac{1800 + 180}{180}$$

$$t_2 = 10 \text{ °C}$$

Поскольку температура горячей и холодной жидкости в теплообменных аппаратах не остается постоянной, определим средний температурный напор, определяемый характером изменения температур рабочих жидкостей вдоль поверхности нагрева :

$$\Delta t_c = \frac{Q_{\max} + Q_{\min}}{2} \quad (2.28)$$

$$Q_{\max} = t_1 - t_2 = 35 - 20 = 15$$

$$Q_{\max} = t_1 - t_2 = 25 - 10 = 15$$

$$\Delta t_c = 15 \text{ °C}$$

Определим площадь необходимую для охлаждения [11]:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_c \quad (2.29)$$

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_c}$$

$$F = \frac{1800}{28,45 \cdot 15} = 0,98 \text{ м}^2$$

$$\Delta t_c = \frac{Q}{K \cdot F} \quad \Delta t_c = \frac{1800}{28,47 \cdot 0,98} = 6,45$$

для получения Δt_c можно увеличить число теплоприемников, что нежелательно (увеличивает расход воды).

$$G = 1800 / 360 \cdot 6,45 = 0,9 \text{ кг/сек}$$

При расходе воды 80 л/мин и площади нагревания 0.98 м² будет обеспечиваться баланс гидросистемы.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

2.5 Расчет предохранительной арматуры

В качестве предохранительной арматуры в гидросхеме испытательного стенда применен предохранительный клапан. Предохранительный клапан это клапан эпизодического действия, ограничивающий повышение давления рабочей жидкости на входе в гидросистему сверх заданного.

Предохранительный клапан должен срабатывать при определенном, заранее рассчитанном давлении и пропускать определенное количество жидкости в единицу времени. При понижении давления ниже давления срабатывания клапан должен плотно перекрыть проход, при этом ошибка (расброс) в давлении срабатывания должна быть возможно малой и не превышать 1-2%. Кроме того клапан должен иметь минимальный разрыв в давлении на входе и выходе. Обычно предохранительный клапан регулируется на давление, превышающее номинальное на 10-20%.

Расчет клапана сводится к определению площади для прохода через его щель требуемого количества жидкости при заданном перепаде давления.

Определяем перепад давления в клапане по формуле [11]

$$\Delta P_{\text{кл}} = \frac{\rho}{2g} \cdot \left(\frac{Q}{\mu \pi d t} \right)^2, \text{МПа} \quad (2.30)$$

где, Q – расход максимальный, $Q=0,25$ л/с;

μ – коэффициент расхода;

ρ – плотность рабочей жидкости топливо ТС-1 или РТ-1, $\rho = 780$ кг/м³.

t – размер проходного отверстия щели в сечении, в см;

d – диаметр клапана, в см.

Размер проходного отверстия находим по формуле [5]

$$t = h \cdot \sin \alpha$$

где, α - угол конусного клапана и равен $\alpha = 60^\circ$;

h – величина перемещения клапана

Величина перемещения клапана h определяется из формулы [11]

$$h = 0,35 \dots 0,45 \cdot d_{\text{отв}}, \text{мм.} \quad (2.31)$$

Тогда

$$h = 0,42 \cdot 4 = 1,68 \text{ мм.}$$

Принимаем ход шарика $h = 1,7$ мм.

В распространенных клапанах высоту подъема практически выбирают для клапанов с большим диаметром проходного сечения, а также для клапанов с весьма малым диаметром (5-10 мм).

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Тогда размер проходного отверстия равен

$$t = 1,7 \cdot 0,86 = 1,46$$

Коэффициент μ шарикового и конусного клапанов при $3 \leq Re \leq 160$ может быть найдено по формуле [5]

$$\mu = \frac{0,7271}{\sqrt{1 + \frac{181}{Re^{1,78}}}}$$

где, Re – число Рейнольдса, $Re=50$.

$$\mu = \frac{0,7271}{\sqrt{1 + \frac{181}{50^{1,78}}}} = 0,65$$

Скорость жидкости в подводящем канале предохранительного клапана обычно выбирают не более 15 м/сек, хотя в клапанах высокого давления часто допускают скорость до 30 м/сек. Однако наиболее распространенной является скорость потока жидкости до 7-8 м/сек.

Величину удельного (контактного) давления на опорную площадь седла клапана можно приближенно определить.

Определяем силу, поднимающую шар клапана по формуле [11]

$$P = P_{\text{вх}} \frac{\pi d^2}{4}, \text{Н}, \quad (2.32)$$

где, $P_{\text{вх}}$ – входное давление, $P_{\text{вх}} = 30$ МПа;

d – диаметр входного отверстия, $d = 2,5$ мм.

Подставив значения в формулу, получим

$$P = 30 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 2,5^2}{4} = 147 \text{ Н}$$

Подставляем найденные значения в формулу

$$\Delta P_{\text{кл}} = \frac{780}{2 \cdot 9,8} \cdot \left(\frac{0,25}{0,65 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 1,46} \right)^2 = 0,043 \text{ МПа}$$

Отношение площади каналов в корпусе клапана к площади сечения клапанной щели в гнезде самого клапана можно принять равным 2:1.

Площадь сечения клапанной щели находим по формуле [11]

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$f_{\text{кл}} = \frac{Q}{0.885 \cdot \mu \sqrt{\Delta p}}, \text{мм}^2 \quad (2.33)$$

$$f_{\text{кл}} = \frac{0,25}{0.885 \cdot 0,65 \sqrt{0,043}} = 2,8 \text{ мм}^2$$

Определяем расход жидкости через клапан по формуле [12]

$$Q = \mu f_{\text{кл}} \sqrt{\frac{2g}{\rho} \Delta P_{\text{кл}}}, \text{ л/с}, \quad (2.34)$$

где μ – коэффициент расхода [1], $\mu = 0,65$;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

ρ – плотность воздуха, $\rho = 12,2 \text{ кг/м}^3$;

$\Delta P_{\text{кл}}$ – перепад давлений на клапане, $\Delta P_{\text{кл}} = 2,54 \text{ МПа}$.

Подставив значения в формулу, получаем

$$Q = 0,65 \cdot 98,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{12,2} \cdot 2,54 \cdot 10^6} = 0,12 \text{ л/с}.$$

Определяем пропускную способность обратного клапана по формуле

$$G = f_{\text{кл}} \mu \sqrt{2g\rho\Delta P_{\text{кл}}}, \text{ л/с};$$

$$G = 98,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,65 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 12,2 \cdot 2,54 \cdot 10^6} = 1,57 \text{ л/с}.$$

В общем случае размеры опорной поверхности седла должны быть такими, чтобы удельное давление не превышало допустимой величины: для стали не более 80 и для бронзы не более 30 МПа. Стремиться к большему снижению этой величины не рекомендуется, так как это связано с увеличением посадочной поверхности, что затрудняет притирку и повышает опасность нарушения герметичности клапана в результате попадания на седло механических загрязнений.

Исходя из полученных данных выбираю предохранительный клапан с конусным клапаном изображенный на рисунке 2.9. Основные характеристики данного клапана: рабочее давление – 14 МПа; наибольший расход рабочей жидкости – 90 л/мин.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.143.000 ПЗ					49

Выводы по разделу два.

В данном разделе представлены: недостатки и основные направления модернизации стенда для приемо-сдаточных испытаний насоса НП-96; описание работы стенда; описание конструкции. В частности разработаны пневмогидросхема, привод насоса НП-96, бак-радиатора, конструкции основных узлов, и механизмов. Выполнены необходимые расчеты, и чертежи основных узлов.

					15.03.05.2017.005.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Обеспечение безопасности проектируемого оборудования

Техническая безопасность производственного оборудования должна обеспечиваться как на стадиях его разработки и изготовления, так и в ходе эксплуатации. Все разрабатываемое и эксплуатируемое оборудование должно отвечать требованиям системы стандартов безопасности труда и другой нормативно-технической документации по безопасности труда. Особое значение имеет создание и внедрение в производство полностью безопасных машин и технологического оборудования, исключающих применение дополнительных средств индивидуальной защиты при их эксплуатации.

Проектируемый стенд для испытания насоса НП-96. Тип стенда стационарный боксового размещения. Он должен располагаться и эксплуатироваться в отдельном помещении, приблизительно его размеры должны быть (а×b×h) 5×6×4 метров. Данное помещение должно иметь отопление, оборудовано системой приточно-вытяжной вентиляции, оборудовано системой общего освещения и первичными средствами тушения пожара. В холодный период года, допустимые параметры следующие: температура 18 – 20°С, относительная влажность не менее 40% и не более 60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с, в тёплый период года, допустимые параметры следующие: температура 21 – 23°С, относительная влажность не менее 40% и не более 60%, скорость движения воздуха не более 0,3 м/с. В качестве источника света для освещения помещения выбираю лампы накаливания, смонтированные во взрывобезопасных светильниках типа ВЗГ. Конструкция этих светильников предусматривает локализацию взрыва внутри светильника. Для определения первичных средств тушения пожара выбираю категории взрывопожароопасных помещений В4. Для данного помещения учитывая его площадь, категорию противопожарной опасности и применяемые материалы, достаточным будет оборудовать его одним пожарным щитом ЩП – В, с комплектацией: огнетушитель порошковый, с массой огнетушащего состава 9 кг, – 1 шт.; лом – 1 шт.; ведро – 1шт.; асбестовое полотно-1шт.; грубошёрстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала) – 1 шт.; лопата штыковая – 1шт.; лопата совковая – 1шт.; ящик с песком – 1шт. Ящик с песком устанавливается со щитом на участке, на видном месте, вблизи от выхода из помещения. Щит монтируется на высоте не более 1,5м. Также данное помещение несет другие функции, это отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха, отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги.

Источником шума и вибрации в проектируемом стенде будет являться работа электродвигателя и насоса. Нормативные уровни шума на постоянных рабочих местах составляют 74...99 дБ. Спроектированный стенд укладывается по шуму в указанные параметры. Допустимый уровень вибраций согласно СНиП устанавливается в пределах 16...2000Гц. В данном случае вибрации от работающего электродвигателя составляет от 25 до 50 Гц и от работающего

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана не более 300 лк.

– следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/кв. м.

– следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях.

В помещении используется искусственное и естественное освещение. Нормируемой величиной естественного освещения является коэффициент естественного освещения (КЕО):

Исходные данные:

Требуется обеспечить нормированное значение К.Е.О в помещении, на высоте от земли 0,5 м (1 этаж), длина помещения $L = 3,2$ м, глубина помещения $B = 5$ м, высота $H = 4$ м, высота от уровня пола до верха окна $h_1 = 2,7$ м, окна здания ориентированы на северо-запад.

Определение нормирующего значения К.Е.О., E_N , по формуле (3.1):

$$E_N = E_H \cdot m_N, \% \quad (3.1)$$

где E_H – значение К.Е.О., определяемое согласно [21] в зависимости от характеристики выполняемой работы. В данном случае разряд зрительной работы IV – средней точности, средним контрастом объекта с фоном и наименьшим объектом различения от 1 до 5 мм, при боковом освещении $E_H = 1,5\%$;

m_N – коэффициент светового климата, в зависимости от вида световых проемов, их ориентации по сторонам горизонта и номера группы административного района. Согласно [21] Челябинская область расположена в первом административном районе, окна здания ориентированы на юго-запад, таким образом, $m_N = 1$;

Подставив значения в формулу 3.1, получим

$$E_N = 1 \cdot 1,5 = 1,5\%$$

Суммарная площадь световых проемов, S_O , определяется по формуле (3.2):

$$S_O = S_{\Pi} \cdot \frac{E_N \cdot \eta_O \cdot K_3 \cdot K_{зД}}{100 \cdot \tau_O \cdot r_1}, \text{ м}^2 \quad (3.2)$$

где S_{Π} – площадь пола, $S_{\Pi} = 15,2 \text{ м}^2$;

η_O – световая характеристика окна, зависящая от геометрических параметров помещения, определяемая по [22], на основании отношений:

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$\frac{L}{B} = \frac{3.2}{5} = 0.64; \quad \frac{B}{h1} = \frac{5}{2.7} = 1.85$$

$$\eta_0 = 31;$$

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светопропускающего материала светового проема, зависит от типа помещения и расположения стекол, определяется по [22], при вертикальном расположении окон, $K_3 = 1,2$;

$K_{зд}$ – коэффициент учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, при их отсутствии, $K_{зд} = 1$;

r_1 – коэффициент учитывающий отраженный свет. Для определения коэффициента определим средневзвешенный коэффициент отражения ρ

$$\rho = \frac{\rho_{пол} \cdot S_{п} + \rho_{пот} \cdot S_{пот} + \rho_{ст} \cdot S_{ст}}{S_{п} + S_{пот} + S_{ст}}, \quad (3.3)$$

где $\rho_{пол}$ – коэффициент отражения пола, $\rho_{пол} = 0,25$;

$\rho_{пот}$ – коэффициент отражения потолка, $\rho_{пот} = 0,7$;

$\rho_{ст}$ – коэффициент отражения стены, $\rho_{ст} = 0,4$;

$S_{пот}$ – площадь потолка, $S_{пот} = 16,5 \text{ м}^2$;

$S_{ст}$ – площадь стены, $S_{ст} = 42 \text{ м}^2$.

Подставив значения, получим

$$\rho = \frac{0,25 \cdot 15,7 + 0,7 \cdot 15,7 + 0,4 \cdot 42}{15,7 + 15,7 + 42} = 0,38$$

В соответствии с [22] определим коэффициент $r_1 = 5,28$;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания светового проема, определяется по формуле

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (3.4)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала, для одинарного оконного листового стекла, $\tau_1 = 0,9$;

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах окна, для деревянных одинарных переплетов, $\tau_2 = 0,65$;

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при отсутствии $\tau_3 = 1$;

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, для убирающихся жалюзи и штор, $\tau_4 = 1$.

Подставим значения в формулу 4.4, получим

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 0,585$$

Суммарную площадь световых проемов определим по формуле (3.2)

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$S_0 = 15.7 \frac{1.5 \cdot 31 \cdot 1.2 \cdot 1}{100 \cdot 0.585 \cdot 5.28} = 2.48 \text{ м}^2$$

Площадь одного светового проема, S_{01} :

Ширина окна – 1,6 м

Высота окна – 1,5 м

Определим необходимое количество световых проемов, n

$$n = \frac{S_0}{S_{01}}, \text{ шт} \quad (3.5)$$

Подставив значения, получим

$$n = \frac{2,48}{1,6 \cdot 1,5} = 1,033 \approx 1 \text{ шт}$$

Для обеспечения нормативного значения К.Е.О. необходимо одно окно с указанными выше размерами.

Рассчитаем искусственное освещение:

световой поток группы ламп объединенных в один светильник, определяется по формуле (3.6):

$$E_{\text{min}} = \frac{\Phi \cdot N \cdot U}{100 \cdot S \cdot z \cdot k} \quad (3.6)$$

где Φ – световой поток каждой из ламп, лм

$k = 1,5$ – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников; его значение выбирается в зависимости от количества выделяемой в помещении пыли;

S – площадь помещения, $S = 5 \cdot 3,2 = 15,7 \text{ м}^2$;

$z = 1,1$ – коэффициент неравномерности освещенности, для люминесцентных ламп;

N – число ламп общего освещения в помещении:

$$N = \frac{S}{L^2} \quad (3.7)$$

L – расстояние между центрами светильников, м.

Обеспечение равномерного распределения освещенности достигается в том случае, если отношение L/H_p расстояния между центрами светильников L к высоте их подвеса над рабочей поверхностью H_p составляет для светильников преимущественно рассеянного и отраженного света $ОД - 1,4$.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Определим высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью по формуле (3.8):

$$H_p = H - (h_c + h_p) \quad (3.8)$$

где H – высота помещения, $H = 4$ м;

h_c – величина свеса светильников, $h_c = 0,2$ м;

h_p – высота рабочей поверхности, $h_p = 1$ м.

$$H_p = 4 - (0,2 + 1) = 2,8 \text{ м}$$

$$L = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

Принимаем $L = 2,5$ м;

$$N = \frac{15,7}{15,36} = 1,52 \text{ шт.}$$

Принимаем общее число ламп $N = 2$ шт.

U – коэффициент использования светового потока ламп, % [2-48], т. е. отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп. Зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка $R_{\text{П}} = 70$; стен $R_{\text{С}} = 50$ и индекса I формы помещения.

Индекс формы помещения определяется по формуле (3.9)

$$I = \frac{a \cdot b}{H_p (a + b)}, \quad (3.9)$$

где a и b – длина и ширина помещения, м.

$$I = \frac{5 \cdot 3,2}{2,8(5 + 3,2)} = \frac{15,7}{11} = 1,4$$

Следовательно коэффициент использования светового потока ламп $U = 64$.

Из формулы (3.6) находим световой поток:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_{\text{мин}} \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot U} \quad (3.10)$$

$$\Phi = \frac{100 \cdot 200 \cdot 15,7 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{1,52 \cdot 64} = 5325 \text{ лм}$$

Принимаем люминесцентную лампу ЛБ-80, как наиболее подходящую по световому потоку.

Для соблюдения норм искусственной освещённости проводится регулярная очистка светильников от загрязнений, своевременная замена перегоревших ламп, систематический ремонт элементов светотехнической и электрической частей осветительной установки.

3.3 Мероприятия по уменьшению последствий ураганов и бурь

Ураганы, бури и смерчи относятся к ветровым метеорологическим явлениям, по своему разрушающему воздействию часто сравнимы с землетрясениями. Основным показателем, определяющим разрушающее действие ураганов, бурь и смерчей, является скоростной напор воздушных масс, обуславливающий силу динамического удара и обладающий метательным действием.

По скорости распространения опасности ураганы, бури и смерчи, учитывая в большинстве случаев наличие прогноза этих явлений (штормовых предупреждений), могут быть отнесены к чрезвычайным событиям с умеренной скоростью распространения. Это позволяет осуществлять широкий комплекс предупредительных мероприятий как в период, предшествующий непосредственной угрозе возникновения, так и после их возникновения - до момента прямого воздействия.

Эти мероприятия по времени подразделяются на две группы: заблаговременные (предупредительные) мероприятия и работы; оперативные защитные мероприятия, проводимые после объявления неблагоприятного прогноза, непосредственно перед данным ураганом (бурей, смерчем).

Заблаговременные (предупредительные) мероприятия и работы осуществляются с целью предотвращения значительного ущерба задолго до начала воздействия урагана, бури и смерча и могут охватывать продолжительный отрезок времени.

К заблаговременным мероприятиям относятся: ограничение в землепользовании в районах частого прохождения ураганов, бурь и смерчей; ограничение в размещении объектов с опасными производствами; демонтаж некоторых устаревших или непрочных зданий и сооружений; укрепление производственных, жилых и иных зданий, и сооружений; проведение инженерно-технических мероприятий по снижению риска опасных производств в условиях сильного ветра, в т.ч. повышение физической стойкости хранилищ и оборудования с легковоспламеняющимися и другими опасными веществами; создание материально-технических резервов; подготовка населения и персонала спасательных служб.

К защитным мероприятиям, проводимым после получения штормового предупреждения, относят:

- прогнозирование пути прохождения и времени подхода к различным районам урагана (бури, смерча), а также его последствий;
- оперативное увеличение размеров материально-технического резерва, необходимого для ликвидации последствий урагана (бури, смерча);
- частичную эвакуацию населения;
- подготовку убежищ, подвалов и других заглубленных помещений для защиты населения;

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Ливневые осадки, сопровождающие ураганы, бывают также причиной возникновения селевых потоков и оползней.

В зимних условиях вместо дождя выпадает огромное количество снега, вызывающее неожиданный сход снежных лавин. Весной при таянии таких масс снега происходят наводнения.

В-третьих, метательное действие скоростного напора урагана проявляется в отрыве людей от земли, переносе их по воздуху и ударе о землю или сооружения. Одновременно в воздухе стремительно проносятся различные твердые предметы, которые поражают людей. В итоге люди гибнут или получают травмы различной тяжести и контузии.

Вторичное последствие урагана — пожары, возникающие в результате попадания молний, аварий на линиях электропередачи, газовых коммуникациях и утечки легковоспламеняющихся веществ.

Бури приводят к гораздо меньшим, чем ураганы, разрушительным последствиям. Однако и они, сопровождаясь переносом песка, пыли или снега, наносят значительный ущерб сельскому хозяйству, транспорту и другим отраслям хозяйства.

Пыльные бури засыпают поля, населенные пункты и дороги слоем пыли (достигающим иногда нескольких десятков сантиметров) на площадях в сотни тысяч квадратных километров. В таких условиях значительно уменьшается или полностью пропадает урожай и требуются большие затраты сил и средств на очистку населенных пунктов, дорог и восстановление сельскохозяйственных угодий.

Снежные бури в нашей стране часто достигают большой силы на огромных пространствах. Они приводят к прекращению движения транспорта в городах и сельской местности, гибели сельскохозяйственных животных и даже людей. Таким образом, ураганы и бури, будучи опасными сами по себе, в сочетании с сопровождающими их явлениями создают сложную обстановку, приносят разрушения и жертвы.

Смерч, соприкасаясь с поверхностью земли, часто приводит к разрушениям той же степени, что и при сильных ураганных ветрах, но на значительно меньших площадях.

Эти разрушения связаны с действием стремительно вращающегося воздуха и резким подъемом воздушных масс вверх. В результате этих явлений некоторые объекты (автомобили, легкие дома, крыши зданий, люди и животные) могут отрываться от земли и переноситься на сотни метров. Такое действие смерча часто вызывает разрушение поднятых объектов, а людям наносит травмы и контузии, которые могут привести к гибели.

Меры по защите и снижению последствий ураганов, бурь, смерчей. Алгоритм действий при ураганах, бурях и смерчах

Защита населения от последствий ураганов и бурь осуществляется в рамках функционирования Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

						15.03.05.2017.143.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			61

Прогноз возникновения циклонов, их перемещения и возможных последствий позволяет осуществлять профилактические меры по защите населения от последствий ураганов и бурь. Эти мероприятия по времени их проведения можно разделить на две группы: заблаговременные и оперативно-защитные, проводимые непосредственно при угрозе стихийного бедствия.

К заблаговременным мероприятиям относятся: ограничения в размещении объектов с опасными производствами в районах, подверженных воздействиям ураганов и бурь; демонтаж некоторых устаревших или непрочных зданий и сооружений; укрепление производственных и жилых зданий и сооружений. Осуществляется подготовка к действиям в условиях стихийного бедствия.

Оперативно-защитные мероприятия проводятся после получения штормового предупреждения о приближении стихийного бедствия. К оперативно-защитным мероприятиям относятся: прогнозирование пути прохождения и времени подхода урагана (бури) к различным районам региона и его возможных последствий; усиление надзора за выполнением постоянных правил безопасности; переход различных объектов экономики на безопасный режим работы в условиях сильного ветра. Может быть проведена частичная эвакуация населения из зон ожидаемого стихийного бедствия; осуществляется подготовка убежищ, подвалов для защиты населения.

Оповещение населения об угрозе ураганов и бурь осуществляется заблаговременно по установленной схеме оповещения РСЧС: людей информируют о времени подхода стихийного бедствия к конкретному району и дают рекомендации по действиям в конкретной ситуации.

Особенно много внимания уделяют предотвращению тех разрушений, которые могут привести к возникновению вторичных факторов поражения (пожаров, аварий на опасных производствах, прорывов плотин и т. п.), превышающих по тяжести воздействие самого стихийного бедствия.

Принимают меры, исключаяющие разлив опасных жидкостей.

Важное направление работы по снижению ущерба — борьба за устойчивость линий связи, сетей электроснабжения, проводного городского и междугородного транспорта, уязвимых при ураганах, бурях и смерчах.

При проведении оперативных мер в сельской местности наряду с общепринятыми мерами организуют подвоз кормов к фермам и комплексам, закачку воды в башни и дополнительные емкости, подготовку резервных источников энергоснабжения. Сельскохозяйственных животных, расположенных в лесных массивах, выводят на открытую местность или укрывают в наземных сооружениях и естественных укрытиях.

Для эффективной защиты населения от ураганов, бурь и смерчей проводят подготовку к использованию убежищ, подвалов и других заглубленных сооружений.

Информацию об угрозе ураганов, бурь и смерчей осуществляют заблаговременно.

						15.03.05.2017.143.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			62

Выводы по разделу три

В данном разделе рассмотрели критерии обеспечения безопасности проектируемого оборудования, где установлен проектируемый стенд, произвели расчет общего искусственного освещения, а также определили мероприятия по уменьшению последствий ураганов и бурь.

					15.03.05.2017.143.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Определение себестоимости и оптовой цены испытательного стенда для насоса НП-96.

Рассмотрим изменения по статьям калькуляции. Все процентные ставки и коэффициенты взяты согласно данным ПАО "Агрегат".

Определим затраты на проведение модернизации испытательного стенда, составим калькуляцию и сведём расчёты в таблицу 4.1.

Расчёт стоимости комплектующих изделий на модернизацию испытательного стенда

Материальные затраты определяются по формуле (4.1):

$$K = K_{TC} + K_{BC} + K_{MH}, \quad (4.1)$$

где K_{TC} – затраты на основные технические средства, руб.;

K_{BC} – затраты на вспомогательное оборудование, руб.;

K_{MH} – затраты на монтаж и наладку установки, руб.

Затраты на вспомогательное оборудование берутся в размере 20% от стоимости всех комплектующих изделий испытательного стенда по формуле (4.2):

$$K_{BC} = 0,2 \times K_{TC}, \quad (4.2)$$

Затраты на монтаж и наладку принимаются в размере 9% от стоимости всех комплектующих изделий испытательного стенда по формуле (4.3):

$$K_{MH} = 0,09 \times K_{TC}, \quad (4.3)$$

Комплектующие изделия испытательного стенда приведены в таблице 4.2
Таблица 4.2 - Комплектующие изделия для модернизации испытательного стенда

Наименование	Цена, руб
Блок гидроаппаратуры	187 500
Привод насоса НП-96	45 000
Электродвигатель	50 000
Насос 888	75 000
Электрошкаф	65 000
Пульт управления	18 000
Камера	20 000
Пневмопанель	56 000
Гидрораспределитель	15 000
Гидробак	41 000
Прочие изделия	280 000
Итого	852 500

Стоимость всех комплектующих изделий испытательного стенда

$$K_{TC} = 852\,500 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательное оборудование по формуле (4.4)

$$K_{BC} = 0,2 \times 852\,500 = 170\,500 \text{ руб.}$$

Затраты на монтаж и наладку по формуле (4.5)

$$K_{MH} = 0,09 \times 852\,500 = 76\,725 \text{ руб.}$$

Итого материальные затраты на модернизацию испытательного стенда находим по формуле (4.3)

$$K = 852\,500 + 170\,500 + 76\,725 = 1\,099\,725 \text{ руб.}$$

Расчет трудовых затрат на модернизацию испытательного стенда

Заработная плата работников определяются по формуле:

$$Z_p = t \times C_T \times 1,25 \times K_{IP} \times K_R \quad (4.4)$$

где: t – отработанное время, ч

C_T – тарифная ставка по 5 разряду = 58,94 руб/ч

1,25 – коэффициент премии 25%.

K_{IP} – коэффициент приработка – 1,6

K_R – коэффициент районный – 1,15

$$Z_p = 76 \times 58,94 \times 1,25 \times 1,6 \times 1,15 = 10\,302,7 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата определяется по формуле (4.5):

$$Z_{доп} = 0,26 \times Z_p \quad (4.5)$$

$$Z_{доп} = 0,26 \times 10\,302,7 = 2\,678,7 \text{ руб}$$

Общий фонд заработной платы определяется по формуле (4.6):

$$Z_{общ} = Z_p + Z_{доп} \quad (4.6)$$

$$Z_{общ} = 10\,302,7 + 2\,678,7 = 12\,981,4 \text{ руб}$$

Страховые взносы рассчитываем по ставке 34,2% от заработной платы по формуле:

$$CB = 0,342 \times Z_{общ} \quad (4.7)$$

$$CB = 0,342 \times 12\,981,4 = 4\,441,8 \text{ руб}$$

Расходы на электроэнергию составляют 8% от стоимости всех комплектующих изделий испытательного стенда, рассчитывается по формуле (4.8):

$$Z_{э} = 0,08 \times K_{TC} \quad (4.8)$$

$$Z_{э} = 0,08 \times 852\,500 = 68\,200 \text{ руб}$$

Прочие накладные расходы 5% от общего фонда заработной платы определяются:

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$$C_{\text{НАК}} = 0,05 \times Z_{\text{ОБЩ}} \quad (4.9)$$

$$C_{\text{НАК}} = 0,05 \times 15\,581,4 = 779 \text{ руб}$$

Составление калькуляции затрат

Калькуляция затрат на проектирование испытательного стенда приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2- Калькуляция затрат на проектирование испытательного стенда

Наименование	Сумма, руб.
Комплектующие изделия	852 500
Затраты на вспомогательное оборудование	170 500
Затраты на монтаж и наладку	76 725
Материальные затраты	1 099 725
Общий фонд заработной платы	15 581,4
Заработная плата работников	10 302,7
Дополнительная заработная плата	5 278,7
Страховые взносы	5 328,8
Расходы на электроэнергию	68 200
Прочие накладные расходы	779
Затраты на проектирование испытательного стенда	1 189 614,2

Выводы по разделу четыре

Определена ориентировочная себестоимость и оптовая цена испытательного стенда для насоса НП-96.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы определены этапы проектирования испытательного стенда применительно к авиационной промышленности. Изучен опыт разработки испытательных стендов на предприятии ПАО «Агрегат». Выявлены основные проблемы борьбы с кавитацией.

Определены порядок и содержание этапов работы по проектированию испытательного стенда. Описан принцип работы испытательного стенда. В частности разработаны: гидроневмосхема, конструкции основных узлов, и механизмов испытательного стенда. Выполнены необходимые расчеты, и чертежи основных узлов. Определены экономическая эффективность применения испытательного стенда и основные критерии обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

Результаты работы рекомендуется использовать при проектировании испытательного стенда для насоса НП-96.

Выполненная работа имеет практическую ценность и рекомендована для применения на авиационных предприятиях.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Вакина, В.В. Машиностроительная гидравлика: учебное пособие / В.В. Вакина, И.Д. Дениенко, А.Л. Столяров. – Киев: Изд-во Вища школа, 1987. – 205 с.
- 2 Абрамов, Е.И. Элементы гидропривода: справочник / Е.И. Абрамов, К.А. Колисниченко, В.Т. Маслов. – Киев: Изд-во Техника, 1977. – 320 с.
- 3 Беляев, Н.М. Сопротивление материалов: учебник / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
- 4 Справочник конструктора-машиностроителя: справочник в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – Т.1. – 728 с.
- 5 Справочник конструктора-машиностроителя: справочник в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – Т.3. – 864 с.
- 6 Сычев, Ю.Н. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учебно-практическое пособие / Ю.Н. Сычев. – М: МГУ, 2005. – 226 с.
- 7 Ливотов, В.С Поверочные расчеты витых пружин и пружинных колец: справочник / В.С. Ливотов, А.С. Просвилов, А.В. Напалков. – Волгоград: Изд-во Учитель, 2002. – 16 с.
- 8 Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
- 9 Объемные гидравлические приводы: учебник / Т.М. Башта, И.З. Зайченко, В.В. Ермаков, Е.М. Хаймович. – М.: Машиностроение, 1969. – 628 с.
- 10 Решетов, Д.Н. Детали машин: учебник – 4-е изд., перераб. и доп. / Д.Н. Решетов – М: Машиностроение, 1989. – 496 с.
- 11 Марочник сталей и сплавов: справочное пособие / под. ред. Зубченко А.С. – 2-е изд. перераб. и доп. – М: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 12 ГОСТ 15150-69. Исполнение для различных климатических районов. – М.:Изд-во стандартов, 1971. – 19 с.
- 13 ГОСТ 13764-86. Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 7 с.
- 14 ГОСТ 14963-78. Проволока стальная легированная пружинная. Технические характеристики. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 7 с.
- 15 ГОСТ 9389-75. проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 15 с.
- 16 ГОСТ 50982-2003. Техника пожарная. Инструмент для проведения специальных работ на пожаре. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 23 с.
- 17 Иванов, И.Н. Организация производства на промышленных предприятиях/ И.Н. Иванов. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 352 с.
- 18 Брон, Л.С. Тартаковский, Ж.Э. Гидравлический привод агрегатных станков и автоматических линий / изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.

					15.03.05.2017.143.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		13		Гайка 8-22 ГОСТ13957-74	4	
		14		Гайка 22-22 ГОСТ13957-74	4	
		15		Гайка M10.58.059. ГОСТ5915-70	4	
		16		Гайка M22x1,5-22 ГОСТ13958-74	6	
		17		Кольцо 009-012-19 ГОСТ9833-73	2	
		18		Кольцо 092-098-25 ГОСТ9833-73	3	
		19		Кольцо 165-170-36 ГОСТ9833-73	1	
		20		Ниппель 1-8-22 ГОСТ13956-74	4	
		21		Ниппель 1-22-22 ГОСТ13956-74	4	
		22		Проходник ввертной 8-22 ГОСТ20195-74	2	
		23		Шайба 8.01.05. ГОСТ11371-68	19	
		24		Шайба 8.65Г.01.05. ГОСТ6402-70	1	
		25		Шайба 10.01.05. ГОСТ11371-68	4	
				Прочие изделия		
		26		Теплоэлектронагре- ватель ТЭН P220-2,5-У396	3	2,5КВт

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № оцбл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм.	Листы	№ докум.	Подп.	Дата
			<i>Касу</i>	

15.03.05.2017.143.05.00.000

Лист
2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							Спр.б. №	Подп. и дата	
				<u>Документация</u>					
A1			15.03.05.2017.143.03.00.000 В0	Чертеж общего вида					
				<u>Сборочные единицы</u>					
A4	1		15.03.05.2017.143.03.00.000	Бак-радиатор	1				
A4	2		15.03.05.2017.143.03.00.000	Мультипликатор	1				
A4	3		15.03.05.2017.143.03.01.000	Блок замера давления	1				
A4	4		15.03.05.2017.143.03.02.000	Блок фильтров	1				
A4	5		15.03.05.2017.143.03.03.000	Бункер для проверки чистоты	1				
A4	6		15.03.05.2017.143.03.05.000	Подставка левая	1				
A4	7		15.03.05.2017.143.03.06.000	Подставка правая	1				
A4	8		15.03.05.2017.143.03.07.000	Привод насоса подкачки	1				
A4	9		15.03.05.2017.143.03.08.000	Привод агрегата	1				
A4	10		15.03.05.2017.143.03.09.000	Противень	1				
A4	11		15.03.05.2017.143.03.10.000	Электропульт	1				
				<u>Детали</u>					
A1	12		15.03.05.2017.143.03.00.012	Панель левая	1				
A1	13		15.03.05.2017.143.03.00.013	Панель лицевая	1				
A1	14		15.03.05.2017.143.03.00.014	Панель правая	1				
A2	15		15.03.05.2017.143.03.00.015	Противень	1				
A2	16		15.03.05.2017.143.03.00.016	Противень	1				
A2	17		15.03.05.2017.143.03.00.017	Противень	1				
			15.03.05.2017.143.03.00.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.		Паскидов А.С.	<i>Паскидов</i>		Лит.	Лист	Листов		
Проб.		Некритов В.Г.	<i>Некритов</i>			1	2		
Н.контр.		Решетников Б.А.			Стенд для испытания насоса НП-96				
Утв.		Некритов В.Г.	<i>Некритов</i>		ФГАОУ ВО "ЮрГУ (НИУ)" Политехнический институт Кафедра "МАЗ", зр.Д0-484				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A2		18	15.03.05.2017.143.03.00.018	Столешница левая	1	
A2		19	15.03.05.2017.143.03.00.019	Столешница правая	1	
				<u>Прочие изделия</u>		
		20		Клавиатура компьютерная	1	
		21		Манипулятор	1	
		22		Монитор	1	
		23		Принтер лазерный	1	
		24		Системный блок	1	
		25		Стол компьютерный	1	
		26		Стул оператора	1	
		27		Фильтр 14ГФ1СН	1	
		28		Фильтр 8Д2.966.039-2	1	
		29		Фильтр ФГ11СН-1	1	
		30		Фильтр ФМ-20-00-00	1	
		31		Электрошкаф КСРМ 20.8.6-2 36УХЛ3	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
			<i>Касп</i>	

15.03.05.2017.143.03.00.000

Лист
2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
А3		20	15.03.05.2017.143.04.00.021	Прокладка	1	
А3		21	15.03.05.2017.143.04.02.019	Прокладка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		22		Болт М6-6дх16.35Х.016 ГОСТ 7798-70	3	
		23		Болт М6-6дх 20.35Х.016 ГОСТ 7798-70	2	
		24		Болт М12-6дх 25.35Х.016 ГОСТ 7798-70	2	
		25		Винт М10-6дх 20.88.35Х ГОСТ 11738-72	1	
		26		Гайка АМ27х15- 6Н.12.40Х.016 ГОСТ 11871-80	1	
		27		Гайка М10х1-22 ГОСТ 13958-74	2	
		28		Кольцо В62Ц15 хр ГОСТ 13943-86	3	
		29		Переходник ввертной 14-13.5-22 ГОСТ 20196- 74	1	
		30		Подшипник 205 ГОСТ 8338-75	1	
		31		Подшипник 206 ГОСТ 8338-75	3	
		32		Подшипник 207 ГОСТ 8338-75	1	

Инд. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подл. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм.	Листы	№ докум.	Подл.	Дата
------	-------	----------	-------	------

15.03.05.2017.143.04.00.000

Лист
2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		33		Шаїда 6.65Г.016		
				ГОСТ 6402-70	6	
		34		Шаїда 10.65Г.016		
				ГОСТ 6402-70	1	
		35		Шаїда 12.65Г.016		
				ГОСТ 6402-70	2	
		36		Шаїда ВМВ 5		
				ГОСТ 8530-90	1	
		37		Шпанка 10x8x45		
				ГОСТ23360-78	2	
		38		Шпанка 10x8x55		
				ГОСТ23360-78	2	
				<u>Прочие изделия</u>		
		39		Датчик ДТВО4	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взаимноб. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
			<i>Рис</i>	

15.03.05.2017.143.04.00.000

Лист
3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
							Справ. №	Подп. и дата
				<u>Документация</u>				
A1			15.03.05.2017.143.05.00.000 СБ	Сборочный чертеж				
				<u>Сборочные единицы</u>				
A4	1		15.03.05.2017.143.05.01.000	Корпус	1			
A4	2		15.03.05.2017.143.05.02.000	Крышка	1			
A4	3		15.03.05.2017.143.05.03.000	Расширительный бачок	1			
A4	4		15.03.05.2017.143.05.04.000	Уровнемерная трубка	1			
A4	5		15.03.05.2017.143.05.05.000	Электрод	2			
A4	6		15.03.05.2017.143.05.06.000	Подставка	1			
				<u>Детали</u>				
		7	15.03.05.2017.143.05.00.007	Крышка	3			
		8	15.03.05.2017.143.05.00.008	Крышка	1			
		9	15.03.05.2017.143.05.00.009	Шайба	6			
				<u>Стандартные изделия</u>				
		10		Болт М8х12.58.059. ГОСТ7798-70	1			
		11		Болт М8х20.58.059. ГОСТ7798-70	18			
		12		Болт М12х25.58.059. ГОСТ7798-70	4			
			15.03.05.2017.143.05.00.000					
Изм. №	Разраб.	Паскидов А.С.	Подп.	Дата	Бак-радиатор	Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Некрятов В.Г.				1	1	3
	Н.контр.	Решетников Б.А.			ФГАОУ ВО "ЮрГУ (НИУ)" Политехнический институт Кафедра "МАЗ", зр.ДО-484			
	Утв.	Некрятов В.Г.			Копировал Формат А4			