

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

В. И. Санчугов, В. Н. Илюхин, В. М. Решетов

Основные виды испытаний гидрооборудования

Электронное учебное пособие

Самара

2010

УДК 621.22:62.82

**Авторы: Санчугов Валерий Иванович,
Илюхин Владимир Николаевич,
Решетов Виктор Михайлович**

Изложены основные сведения о видах испытаний гидрооборудования. Рассмотрена классификация испытаний. Изложены методы и схемы основных видов испытаний гидрооборудования. Рассмотрены методы компоновки и изготовления стендов для испытаний изделий в промышленных условиях.

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплины «Испытания агрегатов и систем» студентами специальности 150802.65 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» и для магистрантов дневного отделения СГАУ, обучающихся в рамках магистерской программы «Мехатронные пневмогидравлические агрегаты и системы» по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов».

Учебное пособие подготовлено на кафедре автоматических систем энергетических установок.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ.....	5
2. МЕТОДЫ И СХЕМЫ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ИСПЫТАНИЙ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ	10
2.1. Функциональные испытания	10
2.1.1. Функциональные испытания насосов	11
2.1.2. Функциональные испытания гидромоторов	19
2.1.3. Функциональные испытания гидроаппаратуры	22
2.1.4. Функциональные испытания гидроцилиндров	25
2.2. Испытания на герметичность.....	27
2.3. Климатические испытания	31
2.4. Механические испытания	33
3. СТЕНДЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ	36
3.1. Блок подготовки жидкости	36
3.1.1. Гидравлический бак	37
3.1.2. Насосная станция	38
3.1.3. Агрегаты кондиционирования	39
3.2. Компоновка и оформление контрольно-испытательного оборудования	44
ПРИЛОЖЕНИЕ	55
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	58
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	60

Введение

Гидравлические и пневматические системы находят огромное применение в механизмах и машинах, уровень развития отдельных агрегатов и систем в целом имеет большое значение. В авиации такие системы это:

- системы топливоподдачи и автоматики двигателей;
- системы гидропривода органов управления самолётом в воздухе и на земле;
- системы кондиционирования воздуха в гермокабинах;
- противопожарные системы;
- управление вооружением;
- системы торможения.

Гидравлические системы получили огромное применение в составе средств производства:

- в металлообрабатывающих станках и автоматических линиях;
- в составе кузнечно-прессового оборудования;
- в сборочном производстве при транспортировке изделий;
- в робототехнике и других производствах.

По мере развития уровня техники роль испытаний неуклонно возрастает. К процессам испытаний предъявляют всё более жёсткие экономические и технические требования.

Испытания гидрооборудования, как и других механических устройств, это важнейший метод определения технических возможностей, результатов проектно-конструкторских и технологических решений, результатов эксплуатации и решения других задач, стоящих на пути совершенствования техники.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ

Процессы испытаний, занимающие значительное место в общем объёме производства агрегатов и систем могут быть классифицированы различными способами, представленными на рис. 1.1. Они могут быть классифицированы:

- по виду решаемых задач;
- по организационным признакам;
- по виду воздействующих факторов;
- по видам показателей качества;
- по характеру нагружения;
- по уровню автоматизации.

1 По виду решаемых задач испытания можно классифицировать следующим образом:

1.1 Исследовательские испытания

Исследовательские испытания являются первоначальным этапом создания новых агрегатов. Главная их задача - изучение и анализ происходящих в агрегатах явлений и процессов, определение характеристик, изучение факторов, влияющих на надёжность и долговечность, составление различных математических моделей агрегатов, уточнение технических требований.

1.2 Опытные испытания

Цель опытных испытаний - отработка и доводка новых конструкций на соответствие требованиям технического задания. Как правило, включают в себя целый комплекс испытаний, воспроизводимых в лабораторных условиях.

1.3 Производственные испытания

Производственные испытания ставят перед собой цель контроля качества производства и разделяются на следующие виды: приемо-сдаточные, периодические, специальные. Вообще на производстве используется множество видов испытаний на различных стадиях изготовления.

На современном заводе основную номенклатуру агрегатов получают с других специализированных заводов, а часть изготавливают самостоятельно.

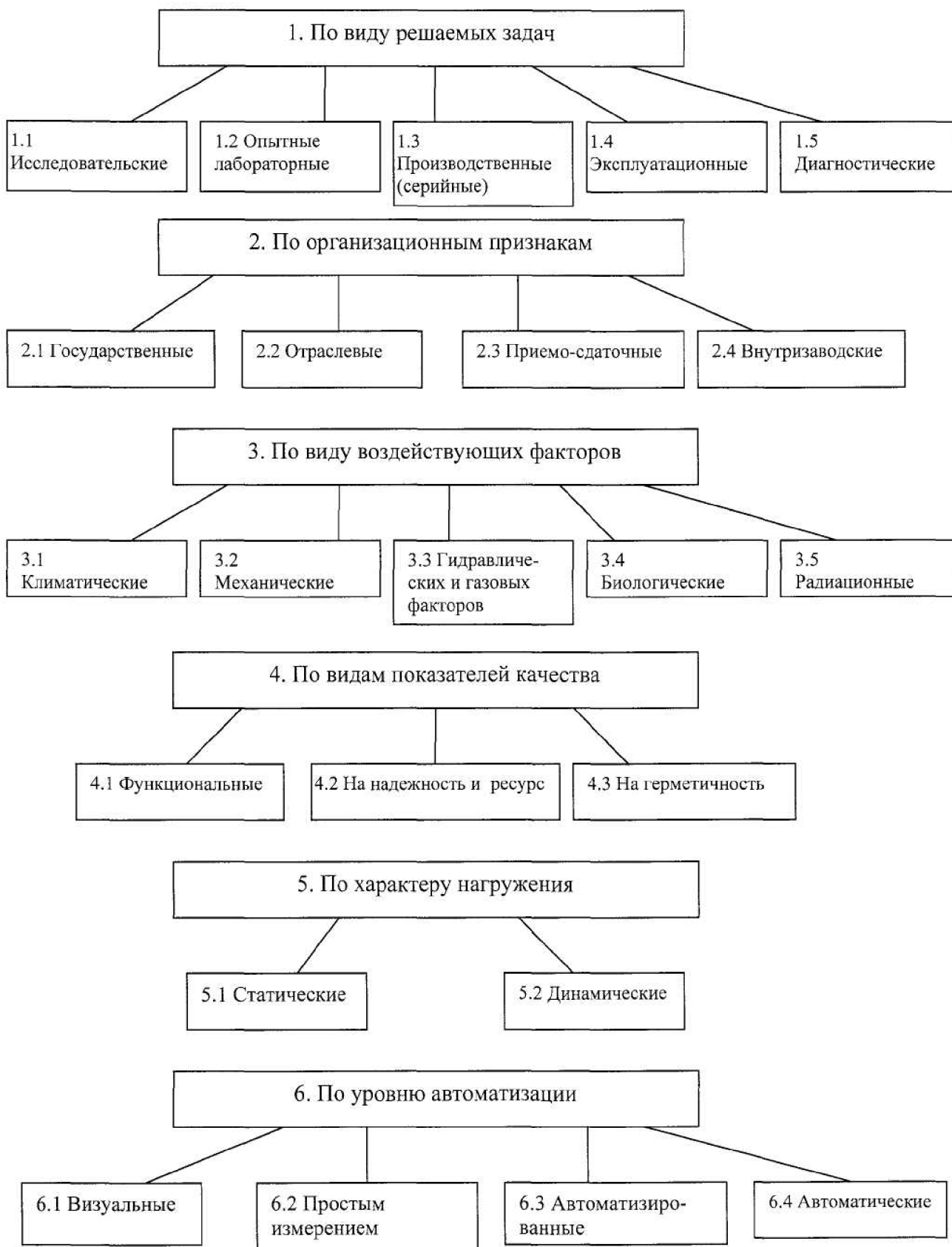


Рис 1.1. Классификация испытаний гидрооборудования

Полученные изделия проходят, в основном, три стадии испытаний:

- испытания по входному контролю;
- испытания после монтажа на изделия;
- приемно-сдаточные испытания при передаче изделия заказчику.

Агрегаты собственного изготовления после сборки проходят внутрицеховые контрольные испытания и приемно-сдаточные испытания при передаче в сборочный цех.

1.4 Эксплуатационные испытания

Эксплуатационные испытания являются завершающей стадией создания агрегата и осуществляются на специальных изделиях-лабораториях в течение всего периода эксплуатации.

1.5 Диагностические испытания

Диагностические испытания ставят своей целью обнаружения отказов и неисправностей на ранних этапах их развития.

Различают два основных вида диагностирования: тестовое и функциональное.

При тестовом диагностировании на вход объекта подаются специальные тестовые воздействия и по реакции объекта судят о его техническом состоянии.

При функциональном диагностировании на вход объекта задаются рабочие параметры сигналов (давление и расход, температуры, частоты вращения) и по отклонению выходных параметров судят о техническом состоянии.

2 По организационным признакам испытания можно разделить на следующие виды:

- 2.1 Государственные.
- 2.2 Отраслевые.
- 2.3 Приемно-сдаточные.
- 2.4 Внутризаводские.

Они имеют своей целью оценку технико-экономических показателей качества продукции, имеющей соответствующее значение на государственном, отраслевом или ином уровне.

3 По виду воздействующих факторов испытания могут быть классифицированы следующим образом:

3.1 Климатические испытания

При климатических испытаниях в качестве воздействующих факторов может применяться:

- повышенное и пониженное атмосферное давление;
- повышенная и пониженная температура;
- изменение влажности;
- вакуум;
- соляной туман и др.

3.2 Испытания на воздействие механических нагрузок

Эти испытания проводятся при сжимающих, растягивающих, изгибающих и крутящих силах и моментах; линейных, угловых и центростремительных ускорениях, вплоть до нулевого (невесомости).

3.3 Испытания на воздействие гидравлических и пневматических факторов

При таких испытаниях используются давления и расходы рабочих сред, изменяется их физико-химический состав и свойства, изменяется уровень их загрязненности и т.д.

3.4 Биологические испытания

При биологических испытаниях испытывается воздействие бактерий, грибков и т.д.

3.5 Радиационные испытания

При радиационных испытаниях систем, использующих атомную энергию осуществляются радиационные испытания при различных видах излучения.

4 По видам показателей качества испытания можно разделить на:

4.1 Функциональные, в ходе которых определяется соответствие функциональных характеристик агрегата, предъявляемым требованиям.

4.2 На надежность и ресурс.

4.3 На герметичность.

5 По характеру нагружения испытания делятся на:

- 5.1 Статические испытания – это испытания, при которых величина внешнего воздействия остаётся постоянной.
- 5.2 Динамические испытания – это испытания, при которых величина внешнего воздействия меняется в процессе испытаний в заданном диапазоне частот и ускорений.

6 По уровню автоматизации различают следующие виды испытаний:

- 6.1 Визуальные - самый простейший вид испытаний, когда параметры (или результаты) определяются на глаз.
- 6.2 Простым измерением оценка параметров или результаты определяются по манометрам, ртутным или спиртовым термометрам.
- 6.3 Автоматизированные испытания, когда технологический процесс осуществляется с помощью различного рода автоматических систем, выполняющих измерение параметров, обработку и выдачу информации, но осуществить весь процесс без участия человека невозможно.
- 6.4 Автоматические испытания – это испытания, при которых весь процесс испытаний происходит без участия человека.

2. МЕТОДЫ И СХЕМЫ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ИСПЫТАНИЙ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ

2.1. Функциональные испытания

Цель испытаний: оценка функциональных характеристик агрегатов и соответствия их техническим условиям.

Это самый распространенный вид испытаний: контрольно-сдаточные, периодические и др. виды.

Порядок организации и проведения испытаний.

- 1) Анализируют технические условия (ТУ) и определяют перечень значения режимных параметров (основных и вспомогательных) и диапазоны их отклонений.
- 2) Определяют структурный состав технологического испытательного стенда, включая типы основных систем (см. пример на рис. 2.1.).

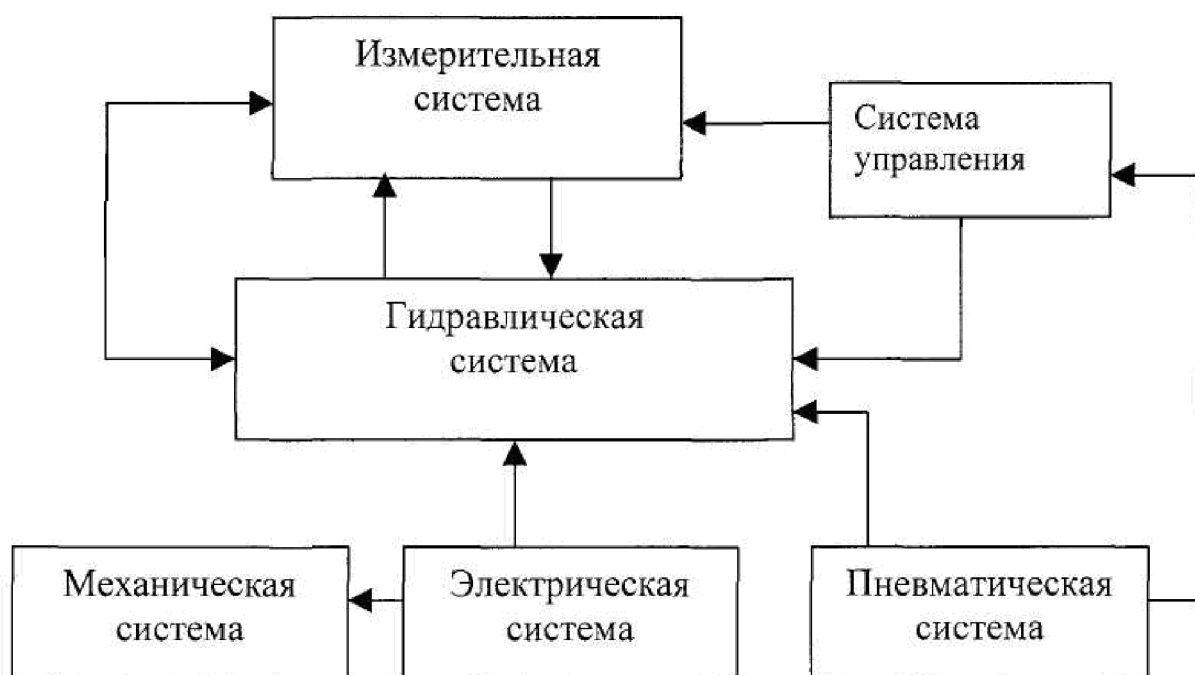


Рис 2.1. Структурная схема испытательного стенда

- 3) Определяют перечень измеряемых (основных и вспомогательных) параметров при проведении испытаний.

- 4) Определяют структуру гидравлической части стенда (см. пример на рис. 2.2.)
- 5) Определяют агрегатный состав стенда, т.е. разрабатывают принципиальную, механическую, пневматическую схемы.
- 6) Выполняют необходимые расчеты (мощность приводов отдельных агрегатов, давления и расходы, проходные сечения, температурный режим).
- 7) Выбирают номенклатуру входящих агрегатов.
- 8) Разрабатывают схемы испытаний (принципиальную и соединений).
- 9) Разрабатывают конструкцию стенда и изготавливают его.
- 10) Составляют план проведения испытаний.
- 11) Определяют порядок и форму регистрации измеряемых параметров.
- 12) Составляют программу и технологии проведения испытаний.
- 13) Определяют методики измерений и обработки полученных результатов, форму отчетности.

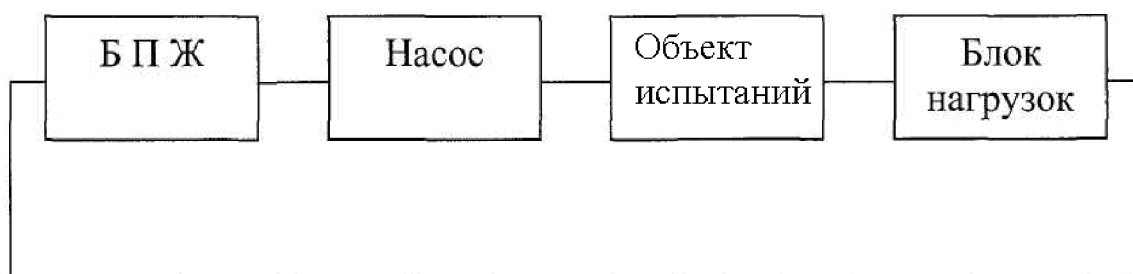


Рис. 2.2 Гидравлическая часть стенда

2.1.1. Функциональные испытания насосов

Функциональные испытания насосов проводят в соответствии с ГОСТ 14658. Стандарт определяет правила приемки при периодических и приемосдаточных испытаниях.

При периодических испытаниях проверяют:

- внешний вид;
- габаритные и размеры;

- массу;
- материал деталей;
- функционирование;
- функционирование при минимально допустимом давлении на входе;
- прочность;
- наружную герметичность;
- номинальный рабочий объем, V_0 ;
- минимальный рабочий объем;
- подачу (min., номинальную) $Q_{НОМ} = Q_{ИЗН} \frac{n_{НОМ}}{n}$;
- коэффициент подачи $K_Q = \frac{Q_{ИЗМ}}{V_0 \cdot n_{ИЗМ}}$;
- КПД (полный) $\eta = \frac{P_э}{P} \approx 159,1 \frac{P \cdot Q_{ИЗМ}}{M_{кр} \cdot n}$;

$P_э$ - номинальная эффективная мощность,

P - выходная (гидравлическая) мощность;

- номинальную мощность, $N_{НОМ}$ (при $P_{НОМ}$, $Q_{НОМ}$, $n_{НОМ}$);

- удельную массу $\bar{M} = \frac{M}{N_{НОМ}}$;

- уровень звуковой мощности;
- ресурс;
- наработку на отказ;
- вибрационную характеристику;
- виброустойчивость;
- вибропрочность;
- функциональные зависимости параметров.

При приемо-сдаточных испытаниях проверяется:

- функционирование;
- наружную герметичность;
- подачу $Q_{НОМ}$;
- номинальную мощность;

- коэффициент подачи.

Стандарт определяет:

1) Общие требования к измерению параметров:

- погрешности частоты $\pm 3\%$;
- время на реверс $\pm 0,02\text{с}$;
- параметров вибрации $\pm 15\%$.

2) Условия испытаний:

- тепловой режим испытаний;
- чистоту рабочей жидкости.

3) Принципиальная схема и состав испытательного стенда показаны на рис. 2.3. В состав стенда включают следующие узлы и агрегаты: 1 - гидробак; 2 - испытываемый насос; 3 – гаситель пульсаций давления; 4 – нагрузочное устройство; 5 – гидродроссель; 6 – предохранительный гидроклапан; 7 – электрический мотор; 8 – измеритель крутящего момента; 9 – измеритель частоты вращения; 10 – измеритель давления; 11 – измеритель амплитуды пульсаций давления; 12 – измеритель расхода; 13 – термометр.

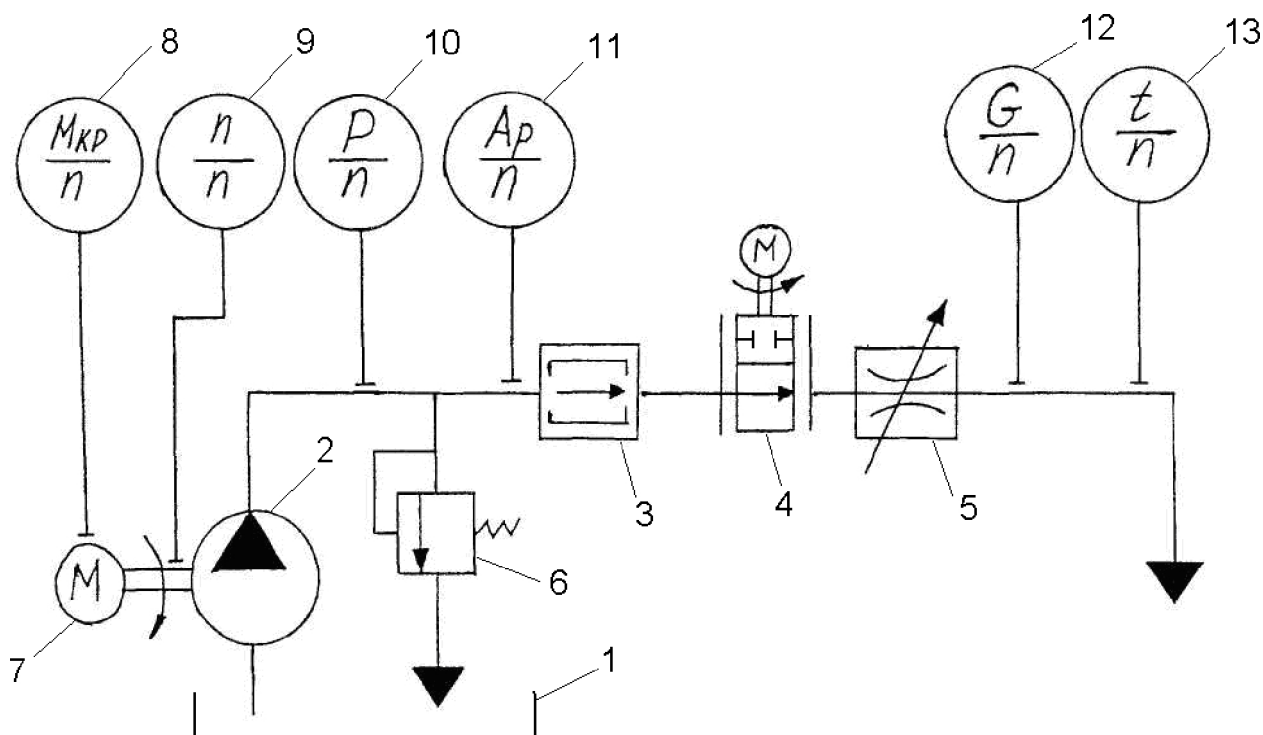


Рис. 2.3. Принципиальная схема и состав испытательного стенда

4) Проведение испытаний. Условия применения и поддержания параметров стендов (давление на входе, выходе, частота вращения).

5) Измеряемые параметры:

основные:

- давление на выходе из насоса;
- расход жидкости;
- работа вращения;
- момент крутящий на валу насоса.

параметры вспомогательные:

- температура рабочей жидкости;
- давление на входе в насос (давление подкачки).

В соответствии с определенными параметрами стенд оснащается необходимыми средствами измерения.

Подачу насоса 2 (рис. 2.3) проверяют при отсутствии противодействия, то есть при полностью открытом дросселирующем распределителе 5.

Расходомером определяют подачу насоса $Q_{нзн}$ на определенной частоте вращения. Номинальную подачу определяют по формуле:

$$Q_n = Q_{изм} \cdot \frac{n}{n_{изм}} \quad (2.1)$$

Характеристику насоса $Q=A(P)$ (рис. 2.4) строят по измеренным значениям подачи насоса при различном давлении на выходе.

Мощности на выходе из насоса и на валу насоса вычисляют по формулам:

На выходе из насоса $N_{пол} = PQ$,

где P – давление на выходе насоса;

Q – суммарная подача всех потоков.

На валу насоса $N_{потр} = M_{кр}n$.

КПД насоса определяют по формуле:

$$\eta = \frac{N_{пол}}{N_{потр}} = \frac{P \cdot Q}{M_{кр} \cdot n} \quad (2.2)$$

Коэффициент подачи:

$$K_Q = \frac{Q_{\text{ИЗМ}}}{V_0 \cdot n_{\text{ИЗМ}}}, \quad (2.3)$$

где V_0 - рабочий объем, м^3 .

Объемный КПД насоса:

$$\eta_v = \frac{Q_{\text{НОМ}}}{Q_{\text{Х.Х}}} \text{ - при номинальном давлении.} \quad (2.4)$$

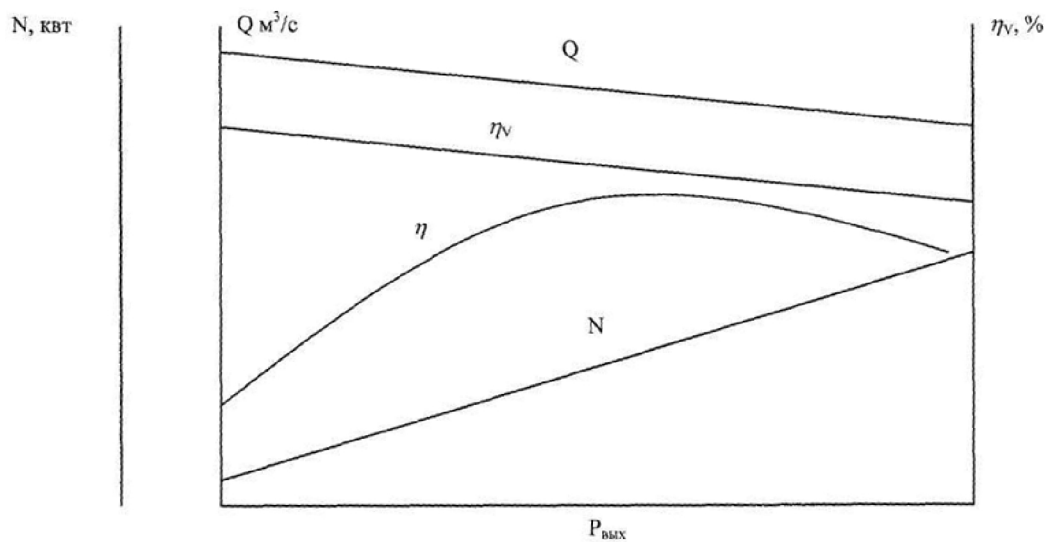


Рис.2.4. Характеристика насоса

В целом рассматриваемый стандарт определяет функциональные характеристики насоса и не учитывает нестационарность протекания рабочих процессов насосов и взаимодействие динамических характеристик насосов с присоединенной стендовой системой.

Однако, к настоящему времени, благодаря исследованиям Шорина В.П., Шахматова Е.В., Орлова Ю.Н. и ряда других авторов, установлено, что работоспособность и ресурс современных насосов и стендовых агрегатов в значительной степени определяются колебаниями давления и расхода жидкости в выходных магистралях насосов и установленных за ними агрегатах.

Известно, что колебания давления рабочей жидкости являются результатом взаимодействия насоса с присоединенной системой в соответствии со схемами, представленными на рис. 2.5.

На схемах обозначено:

$Z_{И}$ - внутренний импеданс источника колебаний;

$Z_{Н}$ - внутренний импеданс стендовой системы;

$P(Q)$ - производительность источника колебаний давления (расхода) жидкости.

$P_{И}$ - амплитуда колебаний давления на выходе из источника.

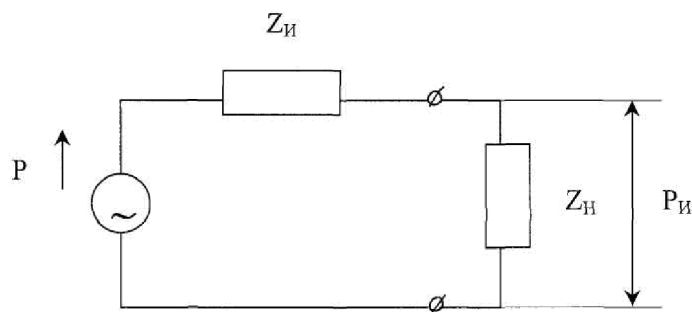
Амплитуда колебаний давления на выходе из насоса имеет вид:

- для эквивалентного источника давления:

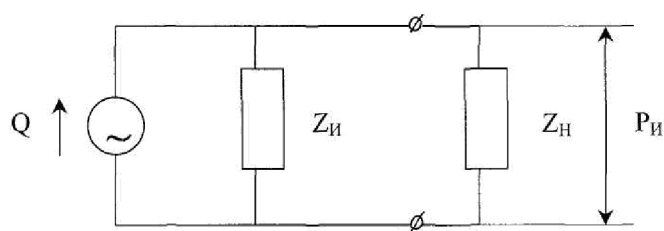
$$P_{И} = P \frac{Z_{Н}}{Z_{И} + Z_{Н}} \quad (2.5)$$

- для эквивалентного источника расхода:

$$P_{И} = Q \frac{Z_{И} + Z_{Н}}{Z_{И}Z_{Н}} \quad (2.6)$$



а)



б)

Рис. 2.5. Схемы для расчета параметров колебательного течения жидкости на выходе из насоса: а) - с эквивалентным источником колебаний давления; б) - с эквивалентным источником колебаний расхода.

Приведенные выражения показывают, что колебания давления на выходе из насоса зависят в равной степени от характеристик насоса и присоединенной системы.

При этом использование стендов в комплектации рекомендуемой рассматриваемым стандартом имеет целый ряд недостатков:

1) Не представляется возможным оценить собственные характеристики насоса, так как не определены динамические характеристики стендовой системы.

2) Испытания одного и того же насоса на различных стендах не будут давать однозначного результата по измерению колебаний давления на выходе.

3) Испытания различных насосов на одном и том же стенде так же будут приводить к разбросу измерений колебаний.

С целью устранения указанных недостатков в стендовые системы различных стенов должно быть введено специальное устройство (блок граничных условий) с известным импедансом, которое должно стабилизировать входной импеданс стендовой системы на заранее заданном уровне. С этой целью могут быть использованы различные устройства:

- комбинации отрезков трубопроводов различных длин и диаметров в совокупности с емкостью (рис. 2.6. а);
- "бесконечно длинный трубопровод";
- линейного гидравлического сопротивления, установленного на входе в емкость достаточных размеров (рис. 2.6. б);
- гасителя колебаний с активным волновым сопротивлением.

Необходимо отметить, что применение двух последних вариантов связано с использованием сосредоточенных линейных гидравлических сопротивлений. Точный подбор и фиксация величины таких сопротивлений на практике достаточно трудоемки, как в силу сложности их конструктивного оформления, так и вследствие зависимости сопротивления от температуры жидкости.

Если в процессе испытаний не требуются данные о точных величинах нагрузочных импедансов, а требуется только вариация их характера и величины, задача формирования блока граничных условий значительно упрощается. Появляется возможность непрерывного изменения величины и характера нагрузочного импеданса.

Характер нагрузочного импеданса формируется соответствующим подбором и схемой соединения основных элементов (емкости, инерционности, активного сопротивления), а непрерывное изменение величины импеданса наиболее просто осуществить изменением гидравлического сопротивления, несколько сложнее - изменением емкости.

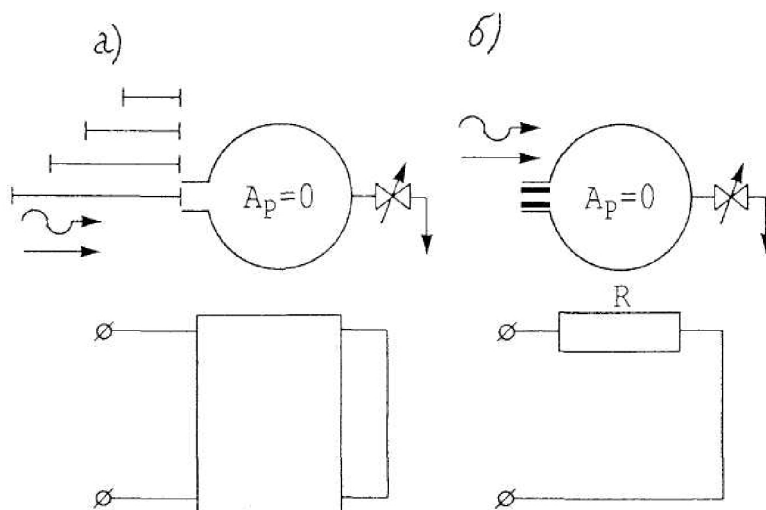


Рис. 2.6. Схемы блоков граничных условий:
 а - реализация частотно зависимого нагрузочного сопротивления;
 б - вариант реализации "бесконечно длинного трубопровода"

Примеры реализации блоков граничных условий с изменяемыми величиной и характером нагрузочного импеданса приведены на рис. 2.7.

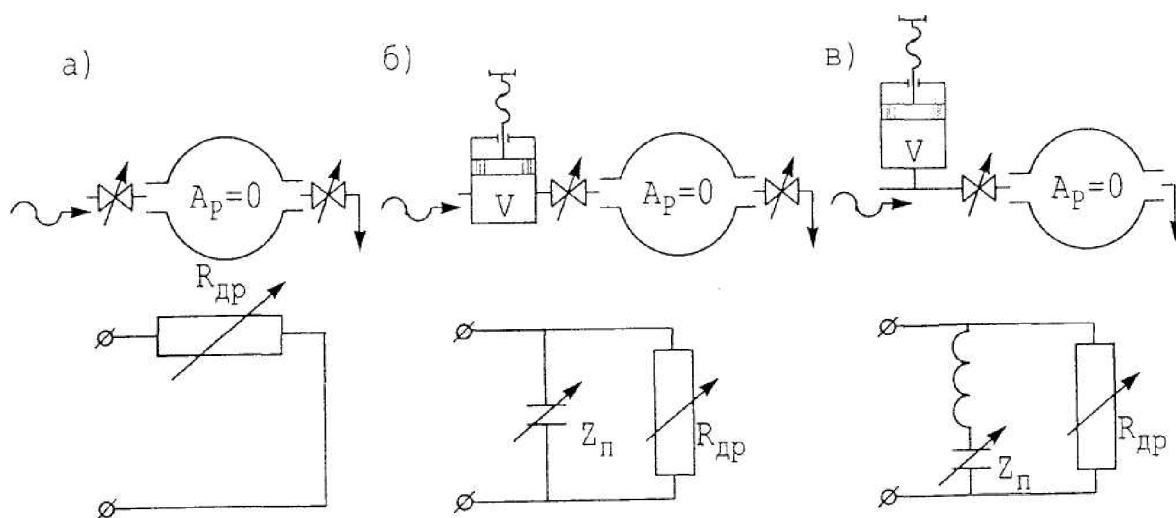


Рис. 2.7. Схемы блоков граничных условий с регулируемыми параметрами:
 а - активная изменяемая нагрузка; б - емкостная изменяемая нагрузка;
 в - знакопеременная изменяемая нагрузка

2.1.2. Функциональные испытания гидромоторов

Проводят в соответствии с ГОСТ 20719. (Рис. 2.8)

При проверке функционирования следует проверять:

- осуществление вращения выходного звена гидромотора;
- изменение частоты вращения выходного звена гидромотора путем подвода рабочей жидкости переменного расхода к рабочим полостям гидромотора;
- изменение направления вращения выходного звена гидромотора при изменении подвода рабочей жидкости и рабочим полостям гидромотора (при испытаниях реверсивных гидромоторов);
- отсутствие повышенной вибрации, ударов, стуков, резкого шума, толчков давления в магистралях, повышенного нагрева;
- характер выхода рабочей жидкости из-под пробок, крышек, фланцев по валу и т.п.

Проверку функционирования следует проводить в два этапа: в начале испытаний без нагрузки не менее двух кратковременных включений гидромотора на 5-10 с, а затем под нагрузкой до максимального значения давления.

Гидромоторы должны функционировать с сохранением заданных параметров после испытаний давлением до максимального включительно при продолжительности испытаний, установленной в стандартах или технических условиях на изделия конкретного типа.

При предварительных, приемочных, периодических и типовых испытаниях функционирование следует проверять при максимальной температуре рабочей жидкости, а также при других температурах, указанных в стандартах или технических условиях на изделия конкретного типа.

Проверке на прочность следует проверять все полости, в которых во время работы гидромотора может быть создано рабочее давление.

Прочность гидромоторов следует проверять путем подвода рабочей

жидкости к полости гидромотора при давлении не менее 1,25 номинального (но не менее максимального) с выдержкой не менее 3 мин.

При испытании потение наружных поверхностей, течь по резьбам и стыкам не допускаются.

Функционирование гидромоторов при предельных температурах проверяют при минимальной и максимальной температурах окружающей среды и соответственно максимальной и минимальной вязкостях рабочей жидкости при номинальных перепадах давления и частоте вращения.

Если температура рабочей жидкости меньше минимального значения, указанного в стандартах или технических условиях на гидромоторы конкретного типа, необходимо до начала испытаний температуру рабочей жидкости довести до установленного значения.

Основные измеряемые параметры:

- давление и расход жидкости;
- крутящий момент.

Крутящий момент на валу гидромотора определяют при номинальном перепаде давления, измеряемом МН1 и МН3 или МН2 и МН3 (дроссель открыт), с помощью балансирующего динамометра нагружаемого устройства НУ.

Момент страгивания на валу ГМ определяют при номинальном перепаде давления, что достигается регулированием клапана К1 (дроссель открыт). С помощью НУ вал ГМ нагружают до полной его остановки. Затем, плавно снимая нагрузку, определяют момент страгивания.

Номинальную частоту вращения ГМ определяют при $\Delta P_{\text{ном}}$. При этом неравномерность частоты вращения не должна превышать заданного значения:

$$\delta = 2 \frac{n_{\text{max}} - n_{\text{min}}}{n_{\text{max}} + n_{\text{min}}} \quad (2.7)$$

Полный КПД гидромотора рассчитывают по формуле:

$$\eta = \frac{M \cdot n}{0,159 \cdot \Delta P \cdot Q} \quad (2.8)$$

В состав стенда для испытания гидромоторов включают следующие узлы и агрегаты (рис. 2.8): 1 – испытываемый гидромотор; 2, 3, 5, 6, 8 – отсечные вентили; 4, 7 – нагрузочные устройства; 9, 10 – предохранительные клапана давления; 11, 14, 15 – измерители давления; 12, 16 – измерители расхода; 13 – измеритель крутящего момента; 17 – измеритель температуры.

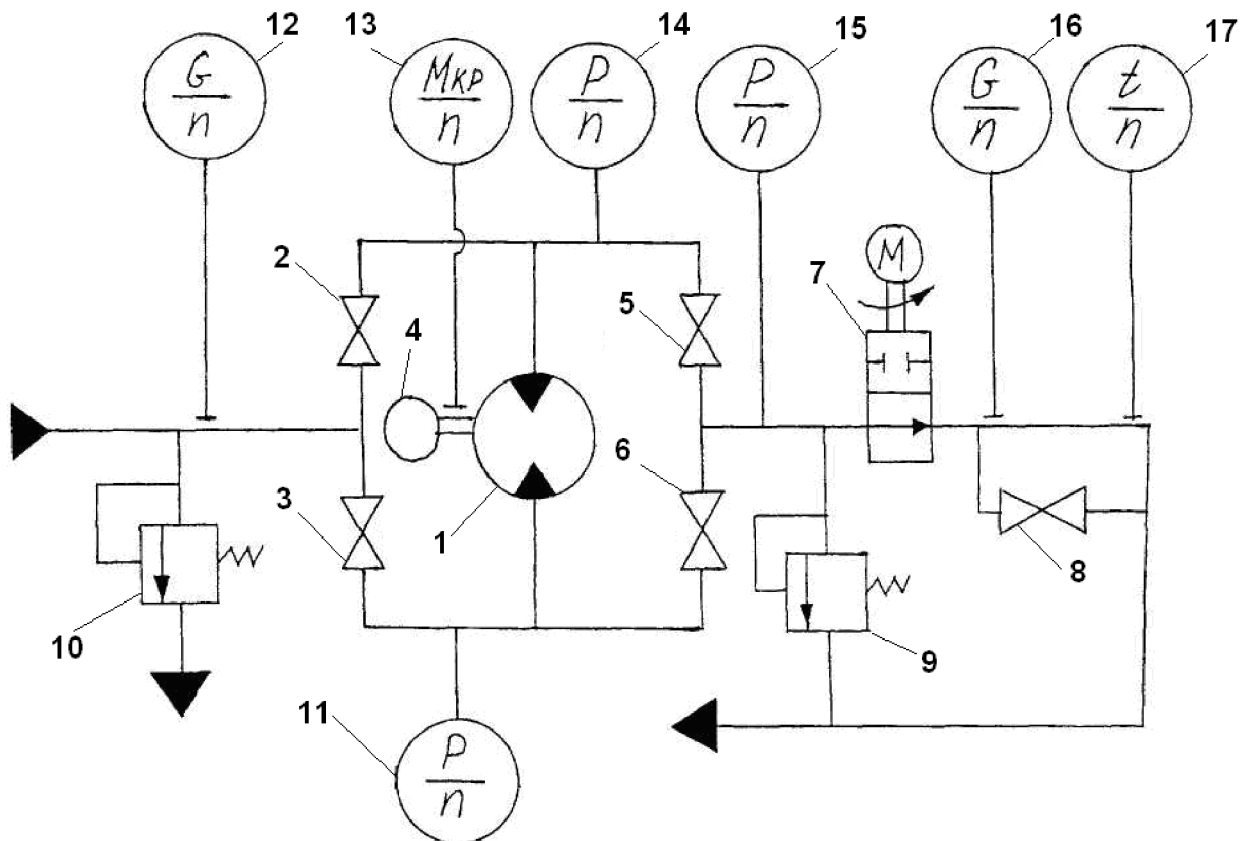


Рис. 2.8. Стенд для испытания гидромоторов

Стенд функционирует следующим образом: для осуществления вращения гидромотора 1 в одну из сторон открывают вентили 2 и 6 при этом вентили 3 и 6 закрыты. Для реализации вращения в другую сторону вентили 2 и 6 закрывают, а вентили 3 и 5 открывают. Механическая нагрузка на валу гидромотора 1 меняется с помощью нагрузки 4. Гидравлическая нагрузка в выходной магистрали гидромотора 1 меняется с помощью нагрузочного устройства 7. Повышение давления в подводящей и отводящей магистралях ограничивается

предохранительными клапанами 10 и 9 соответственно. Расход рабочей жидкости на входе в гидромотор и на его выходе регистрируется с помощью измерителей расхода 12 и 13 соответственно. Давление на входе и выходе испытуемого гидромотора регистрируется с помощью измерителей давления 11 и 14, 15. Крутящий момент, развиваемый на валу гидромотора 1 регистрируется с помощью измерителя крутящего момента 13. Температура в отводящей магистрали регистрируется с помощью измерителя температуры 17.

По результатам испытаний ГМ строят графики функциональных зависимостей $M=A(n)$ $\eta=A(n)$ (Рис.2.9).

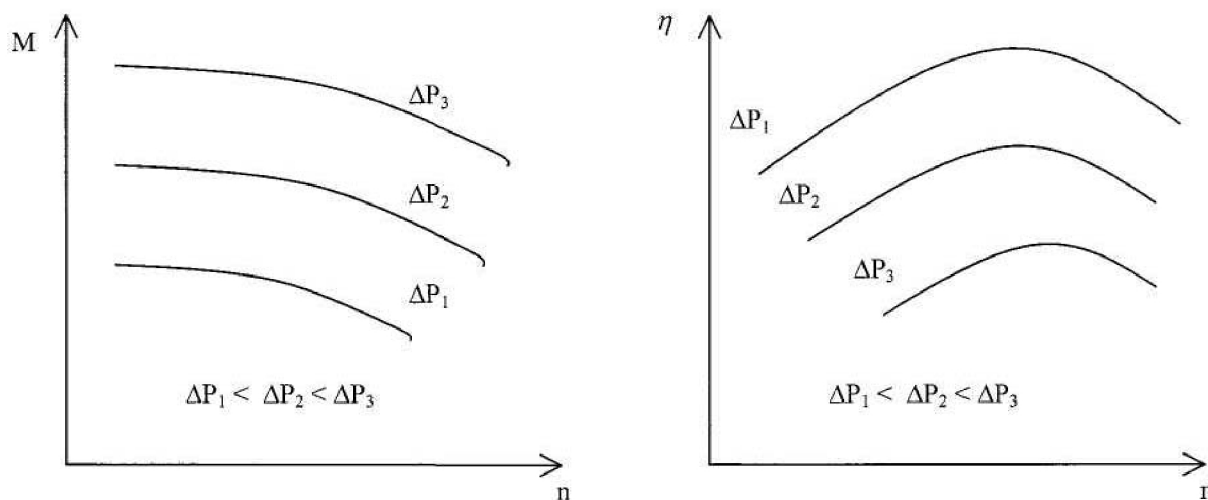


Рис 2.9. Графики функциональных зависимостей $M=A(n)$ $\eta=A(n)$

2.1.3. Функциональные испытания гидроаппаратуры

Функциональные испытания гидроаппаратуры проводят в соответствии с ГОСТ 20245 (Рис. 2.10).

Испытания аппаратов начинают с проверки функционирования, прочности и герметичности.

В зависимости от типа гидроаппарата проверяют:

- проход рабочей жидкости в линиях, предусмотренных схемой гидроаппарата;
- характер и величину перемещения рабочих элементов гидроаппарата;

– регулирование расхода, давления, времени и т. д.

Проверка функционирования должна проводиться в два этапа:

1 - в начале испытаний при минимальном давлении;

2 - после проверки наружной герметичности и прочности при минимальном и максимальном давлениях управления и номинальном давлении в основных гидролиниях.

При типовых и периодических испытаниях функционирование необходимо проверять при максимальной температуре рабочей жидкости, а также при других температурах, указанных в стандартах или технических условиях на конкретные аппараты.

В состав станда для проведения функциональных испытаний гидроаппаратуры включают следующие узлы и агрегаты:

1 – обратный гидроклапан; 2 - фильтр; 3 – испытываемый гидроаппарат; 4, 7, 9 – отсечные вентили; 5 – мерная ёмкость; 6 – гидродроссель; 8 – предохранительный гидроклапан; 10 – пневмогидроаккумулятор; 11, 12 – измерители давления; 13 – измеритель расхода.

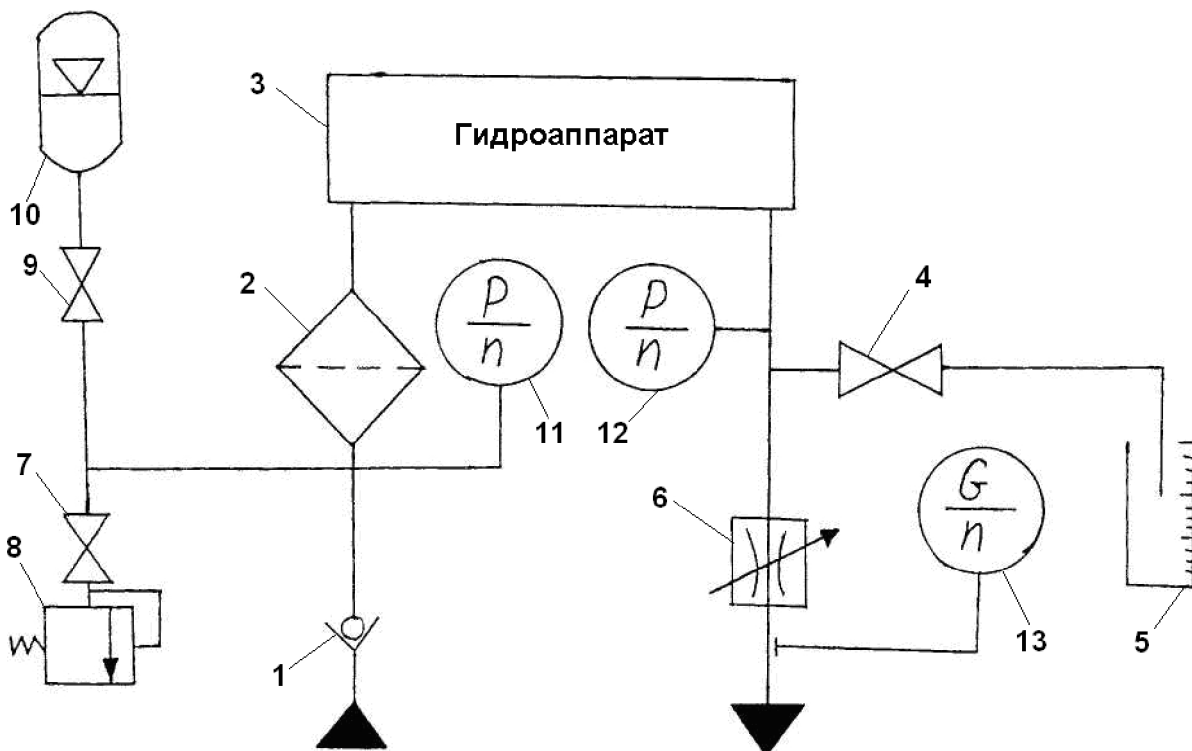


Рис. 2.10. Схема станда для проведения функциональных испытаний гидроаппаратуры

Стенд функционирует следующим образом: рабочая жидкость поступает в испытуемый гидроаппарат 3 через обратный клапан 1 и фильтр 2. При резком падении давления в подводящей магистрали давление в ней будет восстановлено с помощью пневмогидроаккумулятора 10. Повышение давления в подводящей магистрали ограничивается предохранительным клапаном 8. Измерение утечек через испытуемый гидроаппарат производится с помощью мерной ёмкости 5. Расход рабочей жидкости, прошедшей через испытуемый гидроаппарат, регистрируется с помощью измерителя расхода 13. Давление на входе и выходе испытуемого гидроаппарата регистрируется с помощью измерителей давления 11 и 12.

Измерения параметров проводят по ГОСТ 17108.

Испытания должны проводиться на рабочей жидкости вязкостью 30-35 мм²/с (сСт).

Если испытания аппарата проводят на рабочей жидкости, вязкость которой обеспечить в указанном интервале невозможно (вода, эмульсия), параметры проверяют при температуре этой жидкости 20-50°С.

Если в стандартах или технических условиях параметры указаны при вязкости рабочей жидкости, отличной от установленной выше, допускается проводить испытания на рабочей жидкости с вязкостью, оговоренной в стандартах или технических условиях.

Комбинированные аппараты, состоящие из двух или нескольких аппаратов, выполняющих самостоятельные функции (например, регулятор расхода с предохранительным клапаном), следует испытывать по методике, установленной для каждого аппарата.

Испытания аппаратов должны проводиться на стендах, оборудованных кондиционерами рабочей жидкости. Класс чистоты рабочей жидкости по ГОСТ 17216 при испытании должен быть указан в стандартах или технических условиях на аппарат. Вязкость и класс чистоты рабочей жидкости должны проверяться не реже чем через 750 ч работы стенда (но не реже одного раза в

три месяца). Стенды должны иметь формуляр и техническое описание по ГОСТ 2.601.

Примечание. Приемосдаточные испытания допускается проводить на изделиях, на которые устанавливаются аппараты, если аппараты и изделия изготовлены одним и тем же предприятием.

Требования к средствам измерений - по ГОСТ 17108.

Перед проведением типовых испытаний должно быть проверено соответствие деталей и сборочных единиц гидроаппаратов рабочим чертежам, а также проведен микрометрический обмер основных деталей.

Перед проведением испытаний должны быть определены перепады давлений на участках гидролиний гидросистемы стенда, которые должны учитываться при измерении параметров испытываемого аппарата.

Испытательные стенды и условия проведения испытаний должны удовлетворять требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.086.

2.1.4. Функциональные испытания гидроцилиндров

Проводят в соответствии с ГОСТ 18464 (Рис. 2.11, 2.12).

Перед проведением испытаний гидроцилиндров необходимо:

- удалить воздух из гидравлической системы испытательного стенда и испытываемого гидроцилиндра;

- подвергнуть гидроцилиндры обкатке, режим которой устанавливается в стандартах или технических документах на гидроцилиндры конкретного типа.

Функционирование проверяют путем последовательного сообщения полостей (полости) с напорной и сливной магистралями, осуществляя трехкратное перемещение штока (плунжера) по всей длине в обе стороны.

Проверку функционирования допускается совмещать с проверкой давлений страгивания и холостого хода.

Проверку функционирования проводят в двух режимах: без нагрузки и при номинальном давлении.

Примечание - При приемосдаточных испытаниях проверку функционирования допускается проводить только в одном из указанных

режимов.

Функционирование при предельных температурах проверяют при минимальной и максимальной температурах окружающей среды и при минимальной и максимальной вязкости рабочей жидкости.

Стенд для испытания гидроцилиндров на функционирование на холостом ходу состоит из следующих компонентов (рис. 2.11): 1 - испытуемый гидроцилиндр; 2 - манометр; 3 - вентиль; 4 - мерная емкость; 5 - гидрораспределитель; 6 - фильтрующая установка; 7 - термометр; 8 - гидробак; 9 - насос; 10 - теплообменный аппарат; 11 - предохранительный гидроклапан; 12 - фильтр

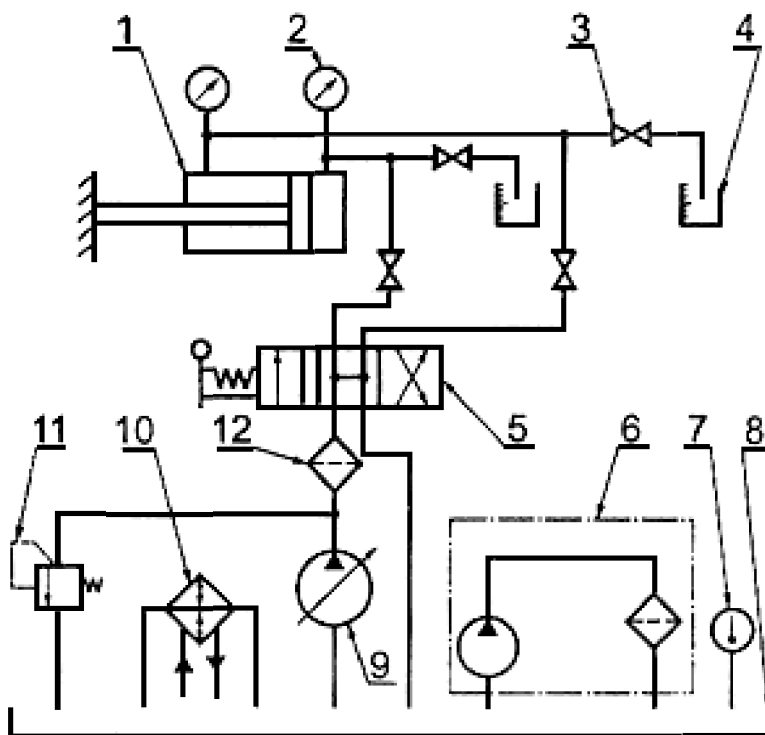


Рис. 2.11. Схема стенда для испытания гидроцилиндров функционирование на холостом ходу

Стенд для испытания гидроцилиндров на функционирование под нагрузкой состоит из следующих компонентов (рис. 2.12): 1 - испытуемый гидроцилиндр; 2 - нагрузочный гидроцилиндр; 3 - двухпозиционный гидрораспределитель с гидравлическим управлением; 4 - трехпозиционный гидрораспределитель с электромагнитным управлением; 5 - нагрузочный насос;

размерами:

$$Q_d = -D \cdot \frac{dc}{dx} \cdot F, \quad (2.9)$$

где D - коэффициент диффузии $\text{см}^2/\text{с}$, c - концентрация жидкости в материале уплотнения, F - площадь уплотнения в поперечном направлении, x - толщина материала.

Утечка Q по зазорам и микронеровностям:

$$Q = K \frac{B}{l} \cdot \frac{\Delta P}{\mu} \delta^3 \quad (2.10)$$

где K - коэффициент формы щели,

B , l , δ - ширина, длина, высота,

μ - коэффициент вязкости щели.

В принципе, расчету поддается и утечка пленки смазочного материала. Но на герметичность и трение существенно влияют многочисленные случайные факторы - загрязнение жидкости, старение материалов, температуры, деформации и так далее.

Их можно оценить при статистическом подходе к изучаемой проблеме, а для этого необходимо установить общие критерии - классы негерметичности. Устанавливаются они с учетом следующих соображений:

Утечки пропорциональны размерам соединений, поэтому целесообразно сравнивать уплотнения по величине утечки за килосекунду отнесенной к

периметру уплотнения B ; $\bar{Q} = \frac{Q}{B} \left[\frac{\text{см}^3}{\text{дм} \cdot \text{кс}} \right]$, либо по объему утечки V ,

отнесенному к площади штока F : $\bar{V} = \frac{V}{F}$.

Поскольку теоретически установлена зависимость величины утечки от рабочих параметров (μ , ν , p) величина утечки может быть выражена в относительных единицах и по отношениям к ним. Это дает возможность установить математическое ожидание \bar{Q}_m и дисперсию утечки σ_m (Рис. 2.13).

Утечки \bar{Q} и \bar{V} на единицу поверхности уплотнителя позволяют сравнивать различные конструктивные схемы уплотнения.

Для оценки утечек \bar{Q} и \bar{V} применяют классы и группы герметичности.



Рис. 2.13 Математическое ожидание утечек в зависимости от типа уплотнения

Количественная оценка утечек при эксплуатации изделий затруднена или даже невозможна. Поэтому в эксплуатации используется визуальная оценка.

При испытаниях в производстве, особенно при создании новых изделий используются специальные методы оценки герметичности (рис. 2.14).

Применяют гидростатические, пневматические и вакуумные методы.

Перед контролем герметичности изделия проводят подготовку конструкции к испытаниям: выдержку изделий при контрольных нагрузках и подготовку к измерениям.

Контроль герметичности, кроме случаев, особо оговоренных в ТУ, проводят при нормальных климатических условиях.

Методы контроля герметичности по способу индикации первичной информации подразделяют на сорбционные, пузырьковые, манометрические, масс-спектрометрические и т.д. (ГОСТ 18353).

Сорбционный метод контроля (рис. 2.14, а) основан на поглощении сорбентом (например, фильтровальной бумагой) рабочей жидкости, проникающей через уплотнение. Утечки при этом методе определяют двумя способами: по размеру пятна жидкости на фильтровальной бумаге (способ пятен) или по разности массы фильтровальной бумаги.

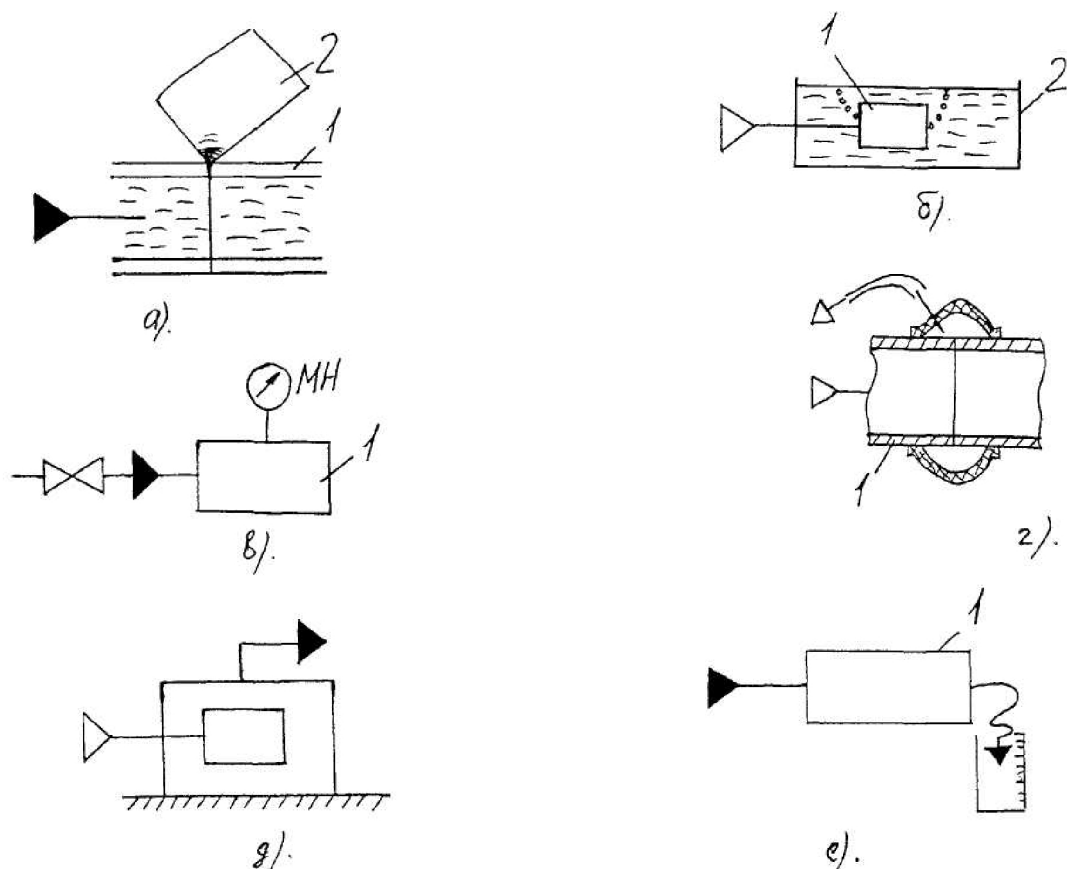


Рис. 2.14. Методы испытаний на герметичность

Бумагу прикладывают по периметру соединения контролируемого изделия в течение 30 с. Герметичность оценивают по таблицам по ширине мокрого пятна, либо взвешиванием бумаги.

Пузырьковый метод (рис. 2.14, б) основан на регистрации пузырьков индикаторного газа, проникающего через уплотнения. Степень герметичности определяют по количеству пузырьков газа в единицу времени.

Манометрический метод (рис. 2.14, в) контроля основан на измерении падения давления рабочей среды в полости изделия в течение определенного времени.

Масс-спектрометрический метод (рис. 2.14, г) контроля основан на регистрации ионов индикаторного газа, попавшего в вакуумную камеру через контролируемого изделия. Контроль при этом осуществляется по специальным приборам - течеискателям, которые представляют собой простейшие масс-спектрометры.

Контроль течи индикаторного газа определяют накоплением при атмосферном давлении и накоплением в вакуум (рис. 2.14, д).

Метрический метод основан на измерении объема количества утечек с помощью прямого измерения (рис. 2.14, е).

2.3. Климатические испытания

Проводятся в термокамерах, где могут быть созданы различные условия окружающей среды. (Рис. 2.15)

Испытания на устойчивость к воздействию повышенных температур проводят в камере тепла. Изделие выдерживают при рабочей температуре $6 \div 24$ ч, после чего испытывают на функционирование. Затем изделие выключают, температуру в камере повышают до заданного предельного значения (до $150 \dots 160^\circ\text{C}$). В этих условиях изделие выдерживают в течение 4-х часов. По окончании выдержки, проверяют параметры изделия и осматривают его.

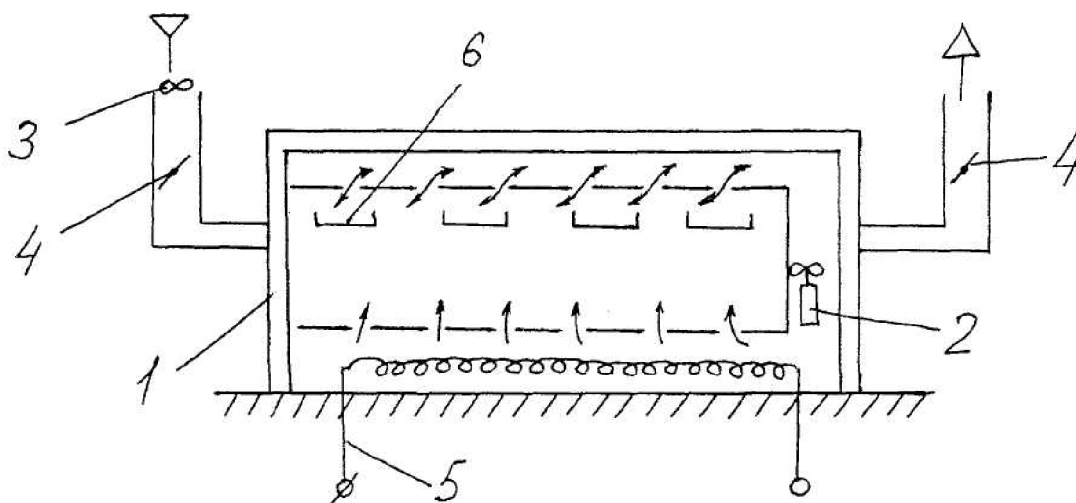


Рис. 2.15 Термобарокамера

В состав термобарокамеры (рис. 2.15) входят следующие узлы: 1 – корпус; 2 – внутренний вентилятор; 3 – внешний вентилятор; 4 – заслонки; 5 – нагреватель; 6 – ванночки для «сухого льда».

Испытания на устойчивость и воздействию пониженных температур проводят по аналогичным программам.

При температурных испытаниях важным является создание циклов изменения температур, соответствующих циклам изменения температур в эксплуатации или периоде хранения. Испытания проводят в термоброннекамерах. Такая камера представляет собой силовой шкаф, оснащенный системой подогрева воздуха, охлаждения воздуха, вентиляции.

Повышенные температуры реализуются с использованием электронагревателя 5. Для получения пониженных температур в камеру помещают ванночки с "сухим льдом", а регулирование температуры обеспечивается системами вентиляции.

К климатическим испытаниям тесно примыкают биологические испытания. Эти испытания организуют при подготовке оборудования и работе в условиях тропического климата. При этом в камерах для увеличения роста грибковых микроорганизмов поддерживается температура $+25 \div +60^{\circ}\text{C}$, влажность от 60 до 100%. Испытуемые объекты опрыскиваются суспензией из различных спор микроорганизмов. Период прорастания микроорганизмов ~28 дней.

После окончания испытаний изделие извлекается из камеры и испытывается на соответствия физических параметров требованиям ТЗ и ТУ.

Испытания в камерах вакуума - так называемые высотные испытания - необходимы для электрического и электронного оборудования агрегатов из-за потенциально неблагоприятного влияния таких характерных повреждений, как электрический пробой, утечка смазочных материалов и т.д. Поэтому при испытаниях электрических систем в вакууме стремятся к имитации реальных колебаний ионизации за счет применения специальных разрядников.

Испытания на воздействие песка и пыли проводят в специальных камерах, в которых воздуходувкой создают в воздушном потоке высокую концентрацию песка и пыли.

Для проверки качества функционирования изделия в процессе испытаний предусматривают подачи гидро- и электроэнергии и контроль параметров на соответствие ТУ.

2.4. Механические испытания [5]

В программах испытаний устройств гидроприводов могут быть предусмотрены следующие механические испытания: на устойчивость и прочность к воздействию синусоидальной вибрации; на прочность к воздействию механических ударов, на устойчивость к воздействию линейных ускорений.

Испытания на устойчивость к воздействию синусоидальной вибрации проводят с целью проверки способности изделий выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах значений, указанных в ТУ на изделие, в условиях воздействия синусоидальной вибрации в заданном диапазоне частот и ускорений. Такие испытания проводят на различных вибростендах. Наибольшее распространение нашли электродинамические вибростенды (рис. 2.16).

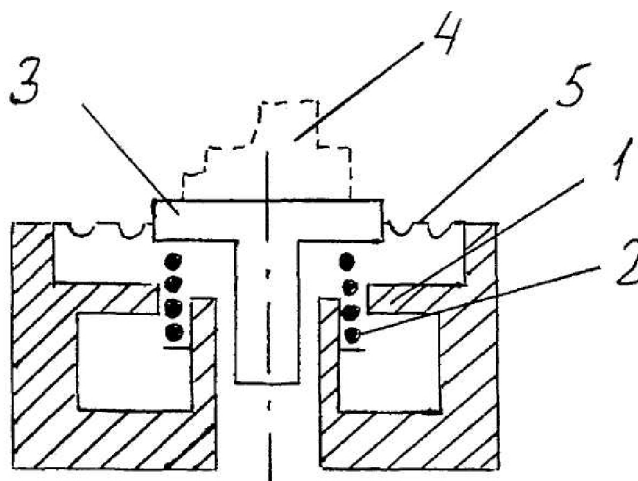


Рис. 2.16 Электродинамический вибростенд:
1 – постоянный магнит; 2 – подвижная катушка; 3 – платформа; 4 –
испытуемое устройство; 5 – плоские пружины

В воздушном зазоре постоянного магнита 1 находится подвижная катушка 2, которая жестко соединена с платформой 3. На платформе крепится испытуемое устройство 4. Платформа крепится на магните плоскими пружинами 5. При пропускании переменного тока в ней возникает магнитное поле, которое взаимодействует с полем постоянного магнита. Это вызывает синусоидальные колебания платформы с используемым изделием в

вертикальной плоскости. Амплитуда колебаний зависит от массы испытуемого изделия, электромагнитной силы и свойств пружины 5. Частота колебаний определяется частотой переменного тока.

Испытания проводят в широком диапазоне частот с выдержкой изделия во включенном состоянии при функционировании изделия. Во время испытания измеряют основные параметры изделия на каждой частоте.

Испытания на прочность к воздействию синусоидальной вибрации проводят с целью проверки способности изделий противостоять разрушающему действию вибрации и сохранять свои параметры в пределах значений, указанных в ТУ на изделие, после воздействия вибрации.

Испытания проводят на тех же вибростендах, что и для испытаний на устойчивость. Но изделие не функционирует (в выключенном состоянии). Испытания проводят в течение длительного времени согласно ТУ. Крепление изделий к платформе должно по жесткости соответствовать креплению в эксплуатации. При этом особое внимание обращают на появление резонансных явлений, при которых резко растут вибрационные нагрузки и ухудшаются характеристики изделий. Для исключения резонансов проводят доработку крепления и конструкции изделия.

Испытания на прочность и устойчивость к воздействию механических ударов проводят на ударных стендах. При этом изделие периодически поднимают на определенную высоту и бросают на стол с амортизаторами. Варьируя высоту свободного падения H и высоту сжатия $У$ подбором амортизаторов по жесткости можно установить необходимую перегрузку при ударе.

Коэффициент перегрузки:

$$K_{п} = \frac{2H}{y} \quad (2.11)$$

При проверке на устойчивость к воздействию механических ударов измеряют параметры изделия во время воздействия ударов.

Испытания на устойчивость к воздействию линейных ускорений проводят на центрифугах (рис. 2.17).

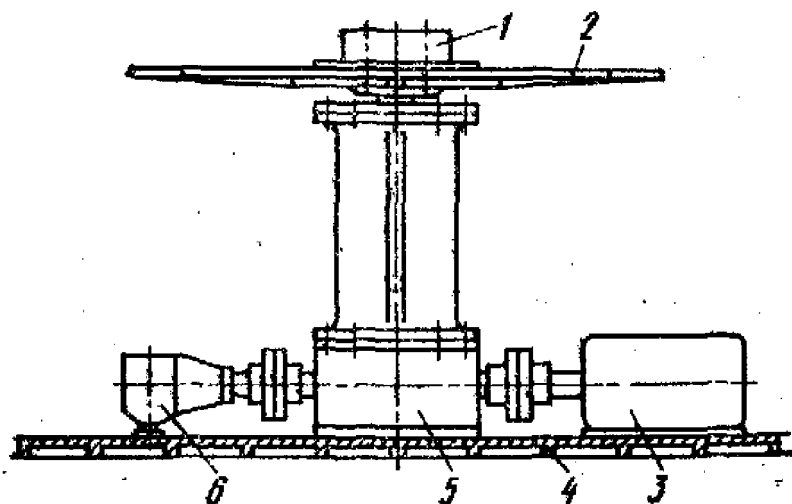


Рис. 2.17 Центрифуга

На рисунке 2.17 показана схема центрифуги, смонтированной на основании 4. Платформа 2 вращается от электродвигателя 3, который связан с платформой-редуктором 5. Плата 1 с зажимом позволяет укрепить испытуемое изделие на платформе на различных расстояниях от оси вращения. Тахометрический преобразователь 6 предназначен для измерения частоты вращения платформы. Кроме испытуемого изделия на платформе закрепляют противовес.

Коэффициент K_j перегрузки при линейном ускорении определяют по формуле:

$$K_j = \frac{a_{ц.б}}{g} = \frac{4\pi^2 n^2}{g} L, \quad (2.12)$$

где:

a - центробежное ускорение;

g - ускорение свободного падения;

n - частота вращения;

L - расстояние от оси вращения до центра тяжести изделия.

Для получения необходимой перегрузки можно изменять частоту вращения n или расстояние L .

Изделие считают выдержавшим испытание, если в процессе и после испытания оно удовлетворяет требованиям, установленным в ТУ.

3. СТЕНДЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ

Технические характеристики стендового технологического оборудования определяют качественный технологический, экологический и социальный уровень всего производства агрегатов.

В настоящее время разработка контрольно-испытательного оборудования (КИО) регламентируются целым рядом нормативно-технических документов: СТП, ОСТов, ГОСТов.

Техническое задание разрабатывается в соответствии с ГОСТ 15.001, ГОСТ 8.326.

Стадии разработки конструкторской документации по ГОСТ 2.103.

Виды и комплектность конструкторской документации по ГОСТ 2.102.

Разработка и оформление конструкторской и эксплуатационной документации по стандартам Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Разработка измерительных систем стендов в соответствии с отраслевой системой обеспечения единства измерений.

При разработке КИО рекомендуется принять модульный принцип - создавать унифицированные блоки и агрегаты:

- блоки подготовки жидкости (БПЖ);
- гидравлические блоки;
- блоки электрооборудования;
- блоки управления и т.д.

3.1. Блок подготовки жидкости

включает в себя:

- гидравлический бак;
- насосную станцию;
- агрегаты кондиционирования рабочей жидкости (фильтры, охладители, клапаны, и т.д.);
- арматуру.

Кроме того, блок подготовки жидкости должен включать в себя:

- средства сбора проб и средства экспресс-анализа чистоты рабочей среды;
- устройства закрытой заправки жидкостью;
- устройство, обеспечивающее промывку от технологических загрязнений.

В передвижном КИО блок подготовки жидкости располагается внутри него.

БПЖ стационарного КИО выносят, как правило, в отдельное помещение централизованных насосных станций.

3.1.1. Гидравлический бак

Объем бака должен быть не менее 3-х минутного расхода насосной станции. Бак должен быть закрыт, для исключения попадания частиц, содержащихся в атмосфере, в жидкость. Для этого, на баке, работающем без наддува, должен быть установлен дыхательный клапан с фильтром. На баке, работающем с наддувом, должен быть установлен предохранительный клапан, чтобы в баке не могло образоваться давление, превышающее рабочее более чем на 49 кПа (0,5 атм.).

Бак должен иметь:

- всасывающую арматуру, обеспечивающую забор жидкости выше уровня сливаемого отстоя;
- мерные стекла или датчики уровня жидкости;
- сливную арматуру;
- кран сливного отстоя;
- технологические люки и крышки для промывки внутренних полостей;
- внутренние перегородки или устройства гашения струи для уменьшения пенообразования.

Принципиальные схемы баков, работающих под наддувом и без наддува,

представлены на рис. 3.1. Неотъемлемыми частями баков являются агрегаты: 1 – собственно бак; 2 – сливной вентиль; 3 – воздушный фильтр; 4 – воздушный редуктор; 5 – предохранительный клапан; 6 – измеритель уровня; 7 – измеритель давления.

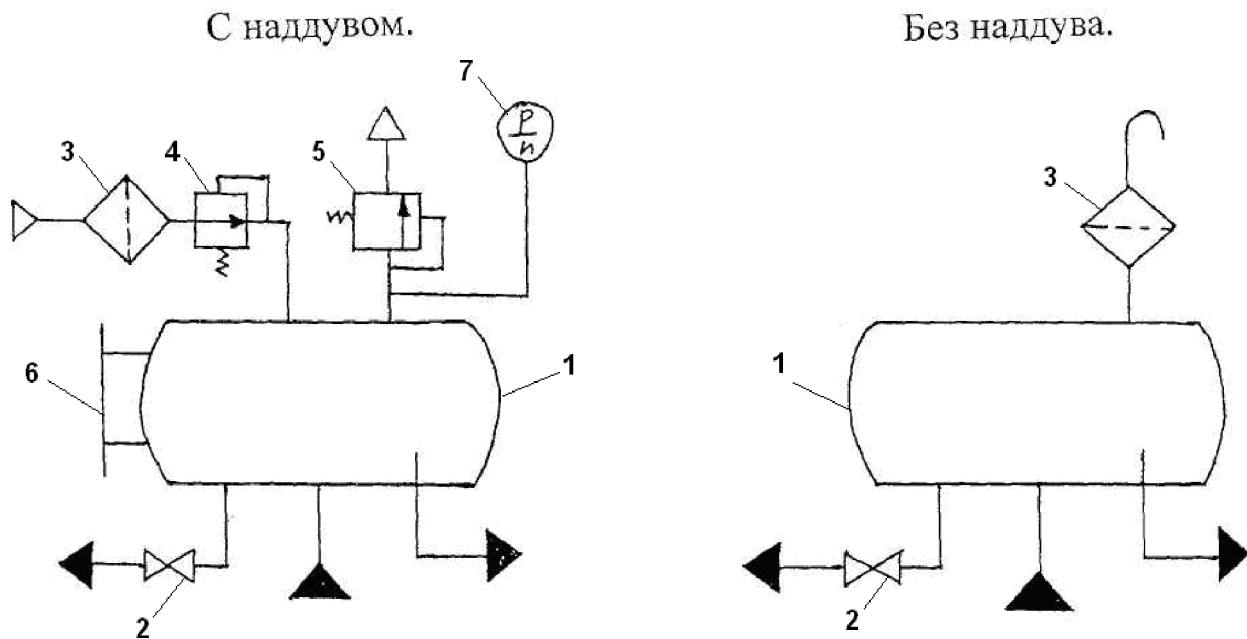


Рис. 3.1. Принципиальные схемы баков, работающих под наддувом и без наддува

3.1.2. Насосная станция

Включает в себя насос с электродвигателем, а в случае необходимости и насос подкачки с автономным приводом.

Насосная станция, как и весь блок подготовки жидкости, может располагаться внутри стенда, так и отдельно от него.

Насос БПЖ выбирается в соответствии с ТУ КИО. Привод насоса (электродвигатель) выбирается исходя из обеспечения заданной частоты вращения и мощности. Мощность привода рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P \cdot Q}{612 \cdot \eta_{\text{общ}}} \quad (3.1)$$

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{привода}} \cdot \eta_{\text{насоса}} \cdot \eta_{\text{передачи}}$$

3.1.3. Агрегаты кондиционирования

Фильтры

К основным параметрам фильтров относят:

- номинальную тонкость фильтрования δ , мкм;
- номинальное давление $P_{\text{НОМ}}$;
- номинальный расход $Q_{\text{НОМ}}$;
- условный проход d_y ;
- допустимый перепад давления на фильтроэлементе;
- ресурс работы фильтроэлемента.

Под тонкостью фильтрации понимают возможности фильтра удерживать частицы определенного размера. Различают абсолютную и номинальную тонкость фильтрации. Абсолютная тонкость фильтрации характеризуется минимальным размером частиц, полностью задерживаемых фильтром. Под номинальной тонкостью фильтрации понимают минимальный размер частиц, задерживаемых фильтром на 90-95%. Существует ряд номинальных тонкостей фильтрации $\delta = 1, 2, 5, 10, 16, 25, 40, 63$ и 80 мкм. Фильтры грубой очистки (до 15 мкм), нормальной (до 10 мкм), тонкой (до 5 мкм), особо тонкой очистки (до 1 мкм).

Под номинальным расходом через фильтр понижают расход через фильтр с чистым фильтроэлементом при определенной вязкости жидкости и определенном перепаде давления.

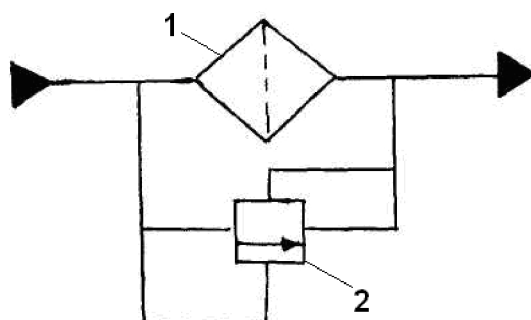
Фильтр состоит из корпуса, фильтроэлемента, клапанов (перепускных и отсечных) и арматуры.

Схемы фильтров представлены на рис. 3.2.:

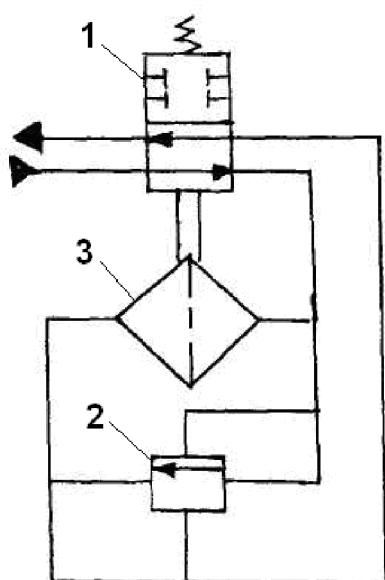
- схема фильтра с перепускным клапаном (рис. 3.2.а) – при засорении фильтра повышается его гидравлическое сопротивление, это может привести к уменьшению расхода или даже прекращению подачи рабочей жидкости, для предотвращения этого применяют перепускной клапан;
- схема фильтра с отсечным клапаном (рис. 3.2.б) - при замене фильтра происходит перекрытие магистрали для предотвращения протекания жидкости

из системы;

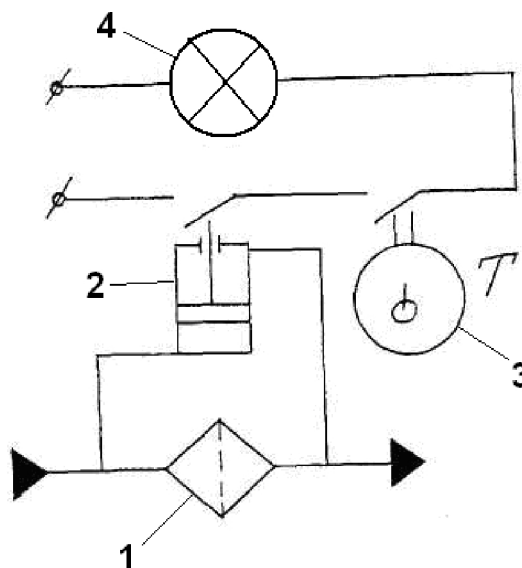
- схема фильтра с сигнализатором засорённости (рис. 3.2.в) - при засорении фильтра включается сигнализация.



а) - схема фильтра с перепускным клапаном:
1 – фильтр; 2 – перепускной клапан



б) - схема фильтра с отсечным клапаном: 1 – отсечной клапан; 2 – перепускной клапан; 3 - фильтр



в) - схема фильтра с сигнализатором засорённости: 1 – фильтр; 2 – элемент перепада давления; 3 – реле температуры; 4 – средства индикации

Рис. 3.2 Схемы фильтров

Размещение фильтров в стендовых системах (рис. 3.3):

- во всасывающих линиях насосов (фильтры грубой очистки) рис. 3.3а);
- на выходе насоса высокого давления (фильтры тонкой очистки) рис.3.3б);
- на сливе жидкости в бак рис. 3.3 в).

На рисунке обозначено рис. 3.3: 1 – гидравлический бак; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – предохранительный гидроклапан.

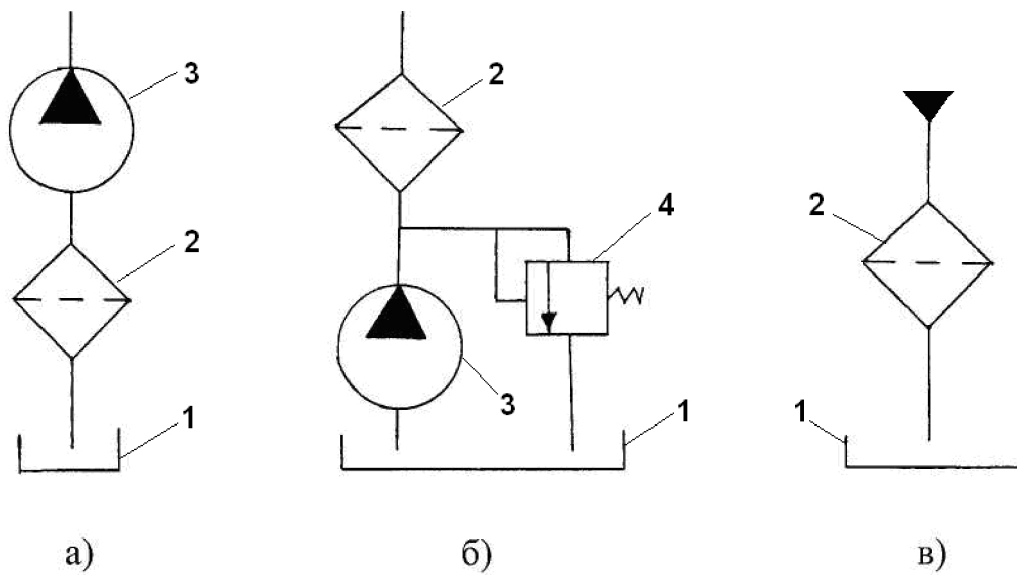


Рис. 3.3 Схемы размещения фильтров в стендовых системах:
 а) – на входе в насос; б) – на выходе из насоса; в) – на сливе жидкости в бак.

На рис. 3.4 показано последовательное (а) и параллельное (б) включение фильтров грубой (поз. 1) и тонкой (поз. 2) очистки. При последовательном включении фильтров происходит поэтапная очистка жидкости: грубая очистка, тонкая очистка. За счет этого продлевается срок службы фильтров тонкой очистки. При параллельном соединении фильтров увеличивается пропускная способность фильтров и грязеемкость системы фильтрации.

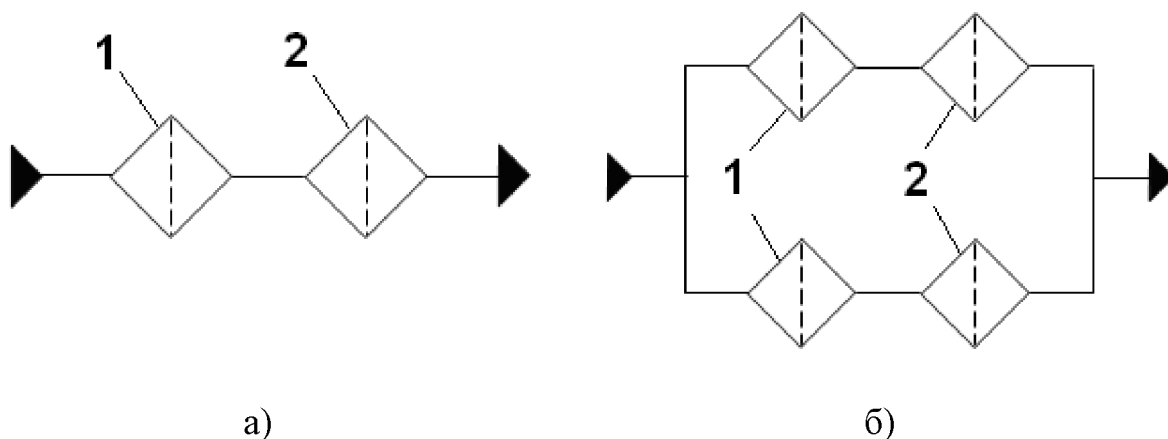


Рис. 3.4 Схемы включения фильтров:
 а) – последовательное размещение фильтров;
 б) – параллельное размещение фильтров.

Охладители рабочей жидкости

В процессе работы станков рабочая жидкость нагревается, т.к. непроизводительная мощность, т.е. разность между расходуемой приводным двигателем и полезной отдаваемой мощностью превращается в тепло.

В гидросистемах небольшой мощности (до 3-5 кВт) при достаточно больших объемах баков процесс охлаждения рабочей жидкости осуществляется за счет теплового излучения и конвекции. При этом используют увеличение поверхности бака за счет оребрения, обдув вентилятором, разбрызгивание воды на охлаждаемую поверхность.

В более мощных установках, когда температура жидкости за один проход повышается на 6... 10 градусов используются специальные теплообменники. На транспортных и самоходных машинах в этих целях применяют воздушные радиаторы. В стационарных установках охлаждение жидкости осуществляют водяными радиаторами помещаемыми прямо в баки, либо в виде автономного агрегата на входе в бак.

В тех случаях, когда требуется не охлаждение, а нагрев жидкости применяют нагреватели (как правило, электрические).

Принципиальная схема БПЖ имеет вид, представленный на рис. 3.5. В состав БПЖ входят: 1, 11 – пробоотборники; 2 – теплообменник; 3, 4, 8 – фильтры; 5 - гидравлический бак; 6 – теплообменник; 7, 9 – подкачивающие насосы; 10 – основной насос; 12 – предохранительный клапан; 13 – отсечной вентиль; 14 – воздушный фильтр; 15 – воздушный редуктор; 16 – воздушный предохранительный клапан; 17 – уровнемер бака; 18, 19 – измерители давления; 20 - измеритель температуры; 21 - вентиль.

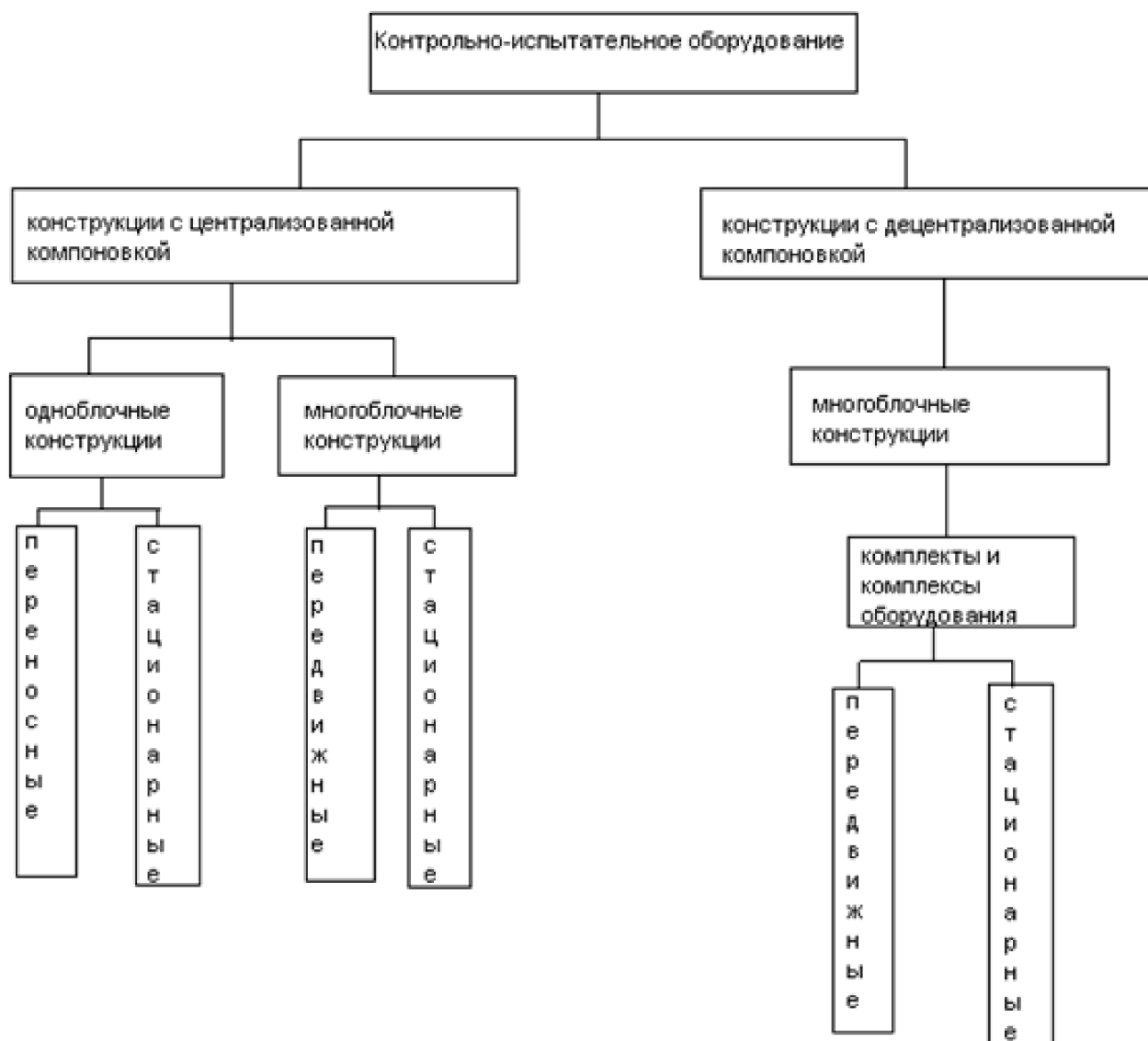
Блок подготовки жидкости функционирует следующим образом: рабочая жидкость проходит через входной пробоотборник 1, теплообменник 2 и фильтра 3 и 4 поступает в бак 5, в котором установлен для подогрева рабочей жидкости теплообменник 6. Подкачивающий насос 7 и фильтр 8, объединенные в установку для очистки жидкости типа СОГ, осуществляют очистку жидкости в гидробаке. Проходя

3.2. Компоновка и оформление контрольно-испытательного оборудования

По способу компоновки КИО классифицируется на:

- конструкции с централизованной компоновкой, в которой все комплектующие элементы (агрегаты и блоки) заключены в общем корпусе;
- конструкции с децентрализованной компоновкой, в которых отдельные комплектующие элементы устанавливаются в конструктивно обособленных объемах. При этом выделенные из общего корпуса пульты управления, насосные станции и различные блоки часто значительно удалены друг от друга.

Классификация КИО по способу компоновки:



При компоновке КИО следует находить такое расположение комплектующих агрегатов и блоков при котором достигаются:

- наименьшие габаритные размеры КИО;
- максимальное использование объемов;
- максимальное сокращение кинематических, гидравлических и пневматических связей между агрегатами и блоками;
- оперативность обслуживания – минимальные затраты времени на подготовку КИО к работе, быстрое выполнение рабочих манипуляций и т.п.;
- удобство обслуживания – легкий доступ к комплектующим агрегатам и блокам в условиях эксплуатации, возможность быстрого осмотра, рациональная компоновка органов управления и устройств отображения информации;
- безопасность обслуживания.

Компоновку КИО целесообразно проводить начиная с габаритных комплектующих агрегатов и блоков, а также элементов выходящих на лицевые панели.

Начиная компоновку, необходимо определить зону компоновки лицевых панелей.

Наиболее тяжелые комплектующие агрегаты и блоки КИО должны помещаться на нижнюю часть каркасов, рам и других несущих конструкций. Центр тяжести скомпонованных элементов должен совпадать с геометрическим центром тяжести корпуса КИО.

Компоновка лицевых панелей.

По назначению лицевые панели классифицируются на:

- панели управления;
- панели информации;
- смешанные панели.

При компоновке лицевых панелей следует использовать 5 принципов:

- принцип функциональной компоновки, когда группируются органы управления (ОУ) и устройства отображения информации (УОИ), идентичные по своим функциям или используемые совместно;

- принцип значимости, когда наиболее важные ОУ и УОИ располагаются в оптимальных (центральных) зонах видимости и недостижимости;

- принцип частоты использования, когда наиболее часто используемые ОУ и УОИ располагаются в самых удобных для восприятия и манипулирования зонах;

- принцип последовательности, когда ОУ и УОИ располагаются в порядке последовательности их использования слева направо и сверху вниз;

- принцип оптимального расположения, когда ОУ и УОИ располагаются в зависимости от особенностей каждого из элементов лицевых панелей.

Размещение органов управления.

К органам управления относятся маховика поворотные, кнопочные и клавишные выключатели и переключатели, переключатели типа «Тумблер» и т.д.

Количество органов управления должно быть минимальным, но достаточным для эффективного управления. Функции управления максимально должны перекладываться на автоматические устройства.

При размещении органов управления необходимо обеспечить равномерное распределение работы между правой и левой руками. При этом правой рукой должны выполняться более ответственные операции, требующие большей скорости, точности и силы.

При размещении органов управления необходимо учитывать размеры зон недостижимости.

Основные (наиболее важные, постоянно или часто используемые) органы управления должны размещаться спереди и справа от оператора в зоне легкой досягаемости на расстоянии до 600 мм от плечевых суставов оператора, находящегося в основной рабочей позе.

Вспомогательные органы управления должны размещаться в зоне

максимальной досягаемости рук на расстоянии до 700 мм от плечевых суставов оператора.

Органы управления, не используемые в процессе работы оператором, должны размещаться за пределами зоны недосягаемости.

Необходимо учитывать распределение нагрузки между руками оператора и привычные направления движений:

движение «от себя» и «к себе» для оператора легче, чем в сторону (вбок);

движение рук, «к себе» быстрее, чем «от себя»;

скорость движения рук в вертикальной плоскости выше, чем горизонтальной;

наиболее быстрое движение – «сверху вниз»;

для правой руки скорость движения «слева направо» выше, чем «справа налево».

Положение органов управления должно соответствовать взаимному положению связанных с ними устройств отображения информации (например, если УОИ располагаются в горизонтальном порядке, то и соответствующие органы управления должны располагаться в том же порядке).

В горизонтальной и накладной плоскостях органы управления должны размещаться слева направо, в вертикальной плоскости - сверху вниз; при размещении органов управления рядами последние должны размещаться сверху вниз, а в каждом ряду – слева направо.

Если предусматривается определенная последовательность в действии с органами управления, то их размещение должно совпадать последовательностью использования.

При размещении органов управления рядом с теми УОИ, к которым они относятся, необходимо, чтобы рука оператора в момент выполнения переключения не загромождала показаний УОИ. Для этого органы управления для правой руки следует располагать ниже и правее, а для левой руки – ниже и левее соответствующих ОУИ.

Не следует располагать органы управления так, чтобы возникла

необходимость перекрестной работы двумя руками.

Органы управления должны быть расположены таким образом, чтобы предотвратить их случайное включение или выключение, при этом они могут быть снабжены предохранительными устройствами (блокировками, ограничителями, фиксаторами).

Особое внимание необходимо обращать на те органы управления, неосторожное или случайное воздействие на которые может привести к повреждению КИО, травмированию операторов или ухудшению работы КИО. Необходимо предусматривать защиту таких органов управления таким образом, чтобы оператор при нормальном выполнении своих функций не мог случайно задеть или перевернуть их.

К органам регулировки, предназначенным для периодической настройки, должен быть обеспечен удобный доступ. Одновременно с этим органы настройки должны быть изолированы от основных органов управления.

Размещение устройств отображения информации.

К устройствам отображения информации относятся контрольно-измерительные приборы, сигнальные устройства, индикаторы потока жидкости и т.п.

Устройства отображения информации должны группироваться и располагаться на панели относительно друг друга в соответствии с последовательностью их использования и с учетом функциональных связей элементов системы, которые они представляют. Например, приборы, относящиеся к одному и тому же технологическому процессу должны располагаться вместе. Если почему-либо этого сделать нельзя, то их можно объединить единым по цвету фоном, при этом цветовой фон не должен создавать пестроту на рабочей плоскости панели.

Приборы, измеряющие сходные параметры, рекомендуется группировать в вертикальные ряды, а приборы, контролирующие различные параметры одного процесса – в горизонтальные ряды.

При числе ОУИ на панели свыше 20 их следует разбивать на две и более визуально отличные группы, причем расположение приборов в группах должно

быть таким, чтобы наблюдение велось последовательно слева направо или сверху вниз.

УОИ, информирующие о нормальной работе КИО, должны располагаться в левой верхней части центральной зоны панели. Наиболее важные УОИ, требующие к себе постоянного внимания, необходимо располагать в центре панели.

Второстепенные УОИ, не используемые оператором в процессе управления, должны располагаться в периферийной части панели.

УОИ, информирующие о критической ситуации, должны располагаться в верхней части панели.

При одновременном контрольном считывании по нескольким стрелочным приборам, приборы должны устанавливаться так, чтобы при нормальных условиях работы стрелки имели одинаковое положение.

Приборы, имеющие круговую шкалу и подвижную стрелку должны так сочетаться с вращающимися органами управления, чтобы поворот органа управления и стрелки прибора. Вообще поворот органа управления и стрелки прибора по часовой стрелке должен, как правило, соответствовать увеличению численного значения регулируемого параметра, а поворот против часовой стрелки – уменьшению значения параметра.

Сигнальные устройства должны располагаться в одной плоскости и на одном уровне с поверхностью панели. Количество одновременно действующих сигнальных ламп на панели не должно превышать 5-10.

Размещение надписей на лицевых панелях.

На лицевых панелях следует располагать только те надписи, которые необходимы для работы оператора.

Надписи должны быть максимально краткими (не более двух – трех слов) и четкими. Следует использовать только общепринятые обозначения и сокращения.

Примечание: В случае большего количества надписей на панели или большего количества знаков в надписях последние рекомендуется заменять

символами в соответствии с ГОСТ 12.4.040.

Надписи должны выполняться прописными буквами по ГОСТ 2930. Их размеры должны позволять чтение на расстоянии 300-500 мм.

Размеры шрифтов следует выбирать по таблице:

Оптимальная высота букв и цифр в зависимости от расстояния до глаз оператора.

Расстояние от надписи до глаз оператора, м.	Оптимальная высота букв и цифр, мм.
0,1 – 0,5	2,5
0,5 – 0,9	5
0,9 – 1,8	8
1,8 – 3,7	18

Во всех случаях буквы, цифры и символы не должны быть менее 2,5 мм по высоте.

Вертикальные надписи (читаемые сверху вниз) можно использовать только тогда, когда информация несутривенна или при крайне ограниченном месте.

Надписи следует располагать выше органов управления и устройств отображения информации, к которым они относятся. Если надписи загораживаются ОУ и УОИ, то их для лучшей видимости необходимо располагать под обозначениями элементами.

Каждый текст должен использоваться для обозначения только одного элемента. Элементы, выполняющие одни и те же функции, но размещенные в разных местах, должны иметь одинаковые подписи.

Расстояние от надписи до ближайшего к ней края обозначаемого элемента не должно быть менее 0,25 высоты буквы (цифры).

Расстояние между строками одной надписи должно быть равным 0,5 высоты прописных букв (цифр).

Расстояние между строками, которые относятся к разным надписям, не должно быть меньше высоты прописных букв (цифр).

Надписи на сигнальных световых табло должны читаться при включенной и выключенной сигнальной подсветке, однако контрастность между этими состояниями должна быть совершенно отчетливой.

Следует использовать темные изображения букв и цифр на светлом фоне. Допускается и обратный контраст – светлые буквы и цифры на темном фоне. В целом яркость знака (цифр, надписей) должна быть примерно в 2 раза выше яркости фона.

Надписи выполняются гравировкой непосредственно на панелях или на трафаретах, а также фотохимическими способами или способом фотооксидирования на трафаретах.

На лицевых панелях допускается располагать трафарет с принципиальной схемой, кратким описанием работы на стенде и инструкцией по эксплуатации.

Цветовое решение контрольно-испытательного оборудования.

При разработке цветовой схемы КИО следует учитывать, что различные цвета оказывают различное психофизическое воздействие на человека:

красный – возбуждающий цвет, энергичный;

оранжевый – цвет воспринимается человеком как раскаленный, горячий.

Он бодрит, стимулирует к активной деятельности;

коричневый – теплый, создает спокойное настроение, крепость, устойчивость;

желтый – цвет тепла и солнечного света, способствует поднятию жизненного тонуса;

зеленый – успокаивающе действует на нервную систему;

синий – ассоциируется с прохладой и покоем. Под его воздействием снижается физическое напряжение;

фиолетовый – вызывает ощущение беспокойства;

серый – строгий, деловой, он имеет много оттенков, вызывающих различное эмоциональное воздействие;

черный – мрачный, тяжелый, понижает настроение.

Окраска КИО должна производиться с учетом следующих

закономерностей:

Работе, требующей большей физической активности, соответствует красные, желтые и желто-зеленые стимулирующие тона.

При работах, требующих повышенной концентрации внимания, наиболее благоприятными считаются спокойные цвета синего и сине-зеленого оттенков.

При однообразной работе оптимальными являются зеленые тона, предусматривающие наличие тоновых и цветовых контрастов для снижения монотонности.

Для окраски КИО рекомендуется преимущественное применение светлых тонов, что стимулирует поддержание КИО в чистоте.

Лицевые панели в КИО рекомендуется решать в нейтральных тонах по отношению к корпусу оборудования.

Для облегчения ориентирования рабочих в процессе обслуживания и эксплуатации КИО следует применять сигнальную окраску элементов КИО по ГОСТ 12.4.026.

Выбор декоративных и защитных покрытий.

Лакокрасочные покрытия.

При выборе лакокрасочных покрытий следует руководствоваться назначением покрытия, условиями эксплуатации, материалом окрашиваемой поверхности и требованиями к классу покрытия.

Классификация лакокрасочных покрытий в зависимости от условий эксплуатации приведена в ГОСТ 9.104 и ГОСТ 9.032.

Для окраски КИО рекомендуется применять следующие эмали:

- меламино-алкидные эмали МП-12, МЛ-152, МЛ-165;
- пентафталевые эмали ПФ-115 и ПФ-223.

Эмали МЛ-12 и МЛ-152 обеспечивают хороший внешний вид покрытия и высокие защитные свойства. Рекомендуются для окраски формообразующих поверхностей КИО (панелей, обшивок, кожухов и т.д.).

Эмаль МЛ-165 («молотковая эмаль») образует полуглянцевое покрытие с характерным рисунком и обеспечивает высокие защитные свойства. По

декоративным свойствам уступает гладкофактурным эмалям. Рекомендуется для окраски элементов КИО из литья и сложных профилей.

Эмаль ПФ-115 образует глянцевое покрытие с защитными свойствами. Рекомендуется для окраски каркасов, шасси, строек и т.п.

Эмаль ПФ-233 рекомендуется для втирания в гравировку надписей на лицевых панелях КИО.

Для покрытия наружных поверхностей элементов КИО, подвергающихся воздействию жидкости НГЖ-4 рекомендуется:

- для стальных деталей – система покрытий из эпоксидных грунтов и эмалей;
- для деталей и алюминиевых сплавов – система покрытий из эпоксидных грунтов и полиуретановых эмалей.

При подготовке поверхностей КИО под окраску следует руководствоваться ГОСТ 9.402.

Для улучшения защитных свойств адгезии лакокрасочных покрытий в качестве грунта следует использовать анодно-оксидные пленки. Для получения анодно-оксидных пленок рекомендуется:

- для стали – фосфатирование;
- для алюминия и его сплавов – анодное оксидирование.

Металлическое покрытие.

К металлическим покрытиям относятся покрытия никелем, хромом, цинком, кадмием и т.д.

Металлические покрытия применяются как для наружных поверхностей элементов КИО, так и для внутренних.

Основные требования к выбору металлических покрытий приведены в ГОСТ 14623.

Требования к металлическим покрытиям – согласно ГОСТ 3002.

Внутреннее защитное покрытие для стальных сосудов назначается в зависимости от рабочего тела:

- для топлива – оксифосфатирование с гидрофобизированием;

для воды – цинкование и кадмирование;

для воздуха - оксифосфатирование с гидрофобизированием;

для спирта – изготовление из нержавеющей сталей с пассивацией внутренней поверхности.

Металлические и лакокрасочные покрытия должны не только отвечать комплексу требований, определяющих их эстетические, технологические и эксплуатационные свойства, но и быть экономически целесообразными по стоимости.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Стенды ОАО "ОРТЭК", г. Ковров.

Стенд для испытания гидроаппаратуры

Стенд предназначен для проверки приборов давлением до 14,5 МПа и расходом до 45 л/мин.

Стенд стационарного типа.



габаритные размеры	1300x900x1800 мм
максимальный расход	45 л/мин
давление напорной гидролинии max	14,5 МПа
напряжение питания	380 В, 50 Гц
мощность электродвигателя	7,5 кВт

Универсальный стенд для испытания гидравлических приборов.

Стенд-бокс предназначен для испытаний приборов давлением до 35 МПа, с расходом до 130 л/мин. Одновременно на стенде можно испытывать только один прибор. Гидравлическая схема стенда может меняться в зависимости от требований на прибор.

Стенд стационарного типа.



габаритные размеры	3200x1500x1600 мм
масса	3000 кг
потребляемая мощность	80 кВт
напряжение питания	380 В, 50 Гц

Стенд для периодических испытаний насосов и гидромоторов

Стенд-бокс предназначен для испытаний приборов давлением до 35 МПа, с расходом до 130 л/мин. Одновременно на стенде можно испытывать только один прибор. Гидравлическая схема стенда может меняться в зависимости от требований на прибор.

Стенд стационарного типа.



габаритные размеры	2000x1500x1000 мм
масса	800 кг
максимальное давление в напорной линии	4 МПа
максимальный расход	96 л/мин
мощность электродвигателя	11 кВт, 3000 об/мин
напряжение питания	380 В, 50 Гц

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

БПЖ – блок подготовки жидкости;

ТЗ – техническое задание;

ТУ – технические условия;

УОИ - устройство отображения информации;

КИО - контрольно-испытательное оборудование;

ОУ – органы управления;

Q – расход рабочего тела;

P – давление рабочего тела;

N – мощность устройства;

η - коэффициент полезного действия;

V_o - номинальный рабочий объем;

K_Q - коэффициент подачи;

n – частота вращения;

\bar{M} - удельная масса;

$N_{ном}$ - номинальная мощность;

Z_u - внутренний импеданс источника колебаний;

Z_n - внутренний импеданс стендовой системы;

P_u - амплитуда колебаний давления на выходе из источника;

Q_d - утечки вследствие диффузии ;

D - коэффициент диффузии;

c - концентрация жидкости в материале уплотнения;

F - площадь уплотнения в поперечном направлении;

x - толщина материала;

K - коэффициент формы щели;

B, l, δ - ширина, длина, высота щели;

μ - коэффициент вязкости щели;

$I_{п}$ - коэффициент перегрузки;

K_j - коэффициент перегрузки при линейном ускорении;

a - центробежное ускорение;

g - ускорение свободного падения;

L - расстояние от оси вращения до центра тяжести изделия;

δ - номинальная толщина фильтрования, мкм;

$P_{НОМ}$ - номинальное давление;

$Q_{НОМ}$ - номинальный расход;

d_y - условный проход.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакулич Е.А., Жуков Д.Г., Жуковский А.Е. и др. Автоматизированные испытания насос-регулятора НР-30АР – Самара: Изд-во СГАУ, 1995. – 63с.
2. Голубев В.И. Монтаж испытания и эксплуатация гидроприводов - М: Изд-во МЭИ, 2000. - 132 с.
3. Динамические измерения и обработка экспериментальных данных при испытаниях гидросистем: учеб. пособие / М. С. Гаспаров, А. Н. Крючков, А. Б. Прокофьев [и др.] – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 128 с.
4. Зарин А.А., Логинов В.Е. Оптимизация процессов сборки, регулировки и испытания топливной аппаратуры двигателей. – М: «Машиностроение», 1989. – 80 с.
5. Никитин О.Ф., Холин К.М. Объемные гидравлические и пневматические приводы. – М.: «Машиностроение», 1981. – 269 с. Ил.
6. Санчугов В.И. Технологические основы динамических испытаний и отработки гидросистем и агрегатов: учебное пособие – Самара: СНЦ РАН, 2003. – 96 с.
7. Судаков Р.С., Тескин О.И. Надежность и эффективность в технике. Том 6. Экспериментальная отработка и испытания. – М: "Машиностроение", 1989. - 376 с.
8. ГОСТ 2.102 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
9. ГОСТ 2.103 ЕСКД. Стадии разработки.
10. ГОСТ 2.601 ЕСКД. Эксплуатационные документы
11. ГОСТ 8.326 ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерений.
12. ГОСТ 9.032 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения
13. ГОСТ 9.104 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации. Взамен ГОСТ 9.009-73

14. ГОСТ 9.402 Название. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед окрашиванием. Взамен. ГОСТ 9.025
15. ГОСТ 12.2.086 ССБТ. Гидроприводы объемные и системы смазочные. Общие требования безопасности к монтажу, испытаниям и эксплуатации
16. ГОСТ 12.4.026 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные и знаки безопасности
17. ГОСТ 12.4.040 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения
18. ГОСТ 2930 Приборы измерительные. Шрифты и знаки.
19. ГОСТ 3002 Покрытия металлические и неметаллические неорганические.
20. ГОСТ 14623 ГОСТ 9.303 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору
21. ГОСТ 14658 Насосы объемные гидроприводов. Правила приемки и методы испытаний.
22. ГОСТ 15.001 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения.
23. ГОСТ 17108 Гидропривод объемный и смазочные системы. Методы измерения параметров.
24. ГОСТ 17216 Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей
25. ГОСТ 18353 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
26. ГОСТ 18464 Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний.
27. ГОСТ 20245 Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний.
28. ГОСТ 20719 Гидромоторы. Правила приемки и методы испытаний.