

Министерство образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра “Гидравлика и гидропневмосистемы”

621.22(07)
С343

В.И. Барышев, А.В. Подзекро

ОБЪЕМНЫЕ ГИДРОМАШИНЫ И ГИДРОПРИВОДЫ

Учебное пособие к практическим занятиям

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2003

Барышев В.И., Подзерко А.В. Объемные гидромашины и гидроприводы: Учебное пособие к практическим занятиям. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. – 54 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 121100 – “Гидравлические машины, гидропривод и гидропневмоавтоматика” и содержит основные положения методологии проектирования объемных гидромашин, принципы отработки технических изделий на технологичность и обеспечения качества. Учебное пособие содержит задания для практических работ студентов с нормативной и технической документацией на объемные гидронасосы, с натурными образцами гидромашин, позволяющие на реальном материале изучить основные конструкции гидромашин, конструктивно-технологические основы их разработки и методы анализа конструкторско-технологических решений при выполнении научно-исследовательских работ.

Ил. 7, табл. 15, список лит. – 11 назв.

Одобрено учебно-методической комиссией
аэрокосмического факультета.

Рецензенты:

д.т.н., проф. Носков А.С. (УГТУ),
д.т.н., проф. Щерба В.Е. (ОГТУ)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИКИ	
1.1. Петля качества техники. Принцип спирали.....	5
1.2. Показатели качества техники.....	8
1.3. Показатели качества объемных гидромашин.....	9
1.4. Контрольные вопросы.....	11
2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН.....	
2.1. Стадии проектирования изделия. Отработка конструкции на технологичность.....	12
2.2. Основные принципы конструирования изделий с высокими требованиями к технологичности.....	14
2.3. Показатели технологичности конструкции. Классификация технологичности.....	15
2.4. Общие правила конструирования машин.....	17
2.4.1. Правила повышения показателей назначения	17
2.4.2. Правила повышения показателей надежности.....	18
2.4.3. Правила повышения показателей технологичности.....	19
2.4.4. Правила повышения эргономических показателей качества.....	20
2.5. Стандартизация, типизация и унификация объемных гидромашин.....	21
2.5.1. Стандартизация параметров гидромашин	21
2.5.2. Типизация объемных гидромашин.....	22
2.5.3. Унификация объемных гидромашин.....	23
2.6. Контрольные вопросы.....	24
3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. ТЕМЫ И ЗАДАНИЯ	
3.1. Изучение конструкций насосов по натурным образцам и чертежно-технической документации. Основы проектирования типизированных и унифицированных гидромашин	
3.1.1. Шестеренные насосы Г11-2. Конструкция. Типаж.....	25
3.1.2. Шестеренные насосы НШ. Конструкции. Типаж.....	25
3.1.3. Пластинчатые насосы Г12-2М, Г12-3М. Конструкция. Типаж.....	34
3.1.4. Аксиально-плунжерные насосы. Универсальные регуляторы скорости (УРС). Конструкции. Типаж	37

3.2. Расчеты параметров гидромашин

3.2.1. Расчет КПД насосов при значениях давления, частоты вращения и вязкости масла, отличных от номинальных	39
3.2.2. Расчет ресурса гидромашин на основе теории подобия	41
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	46
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1. Типаж шестеренных насосов Г11-2.....	47
Приложение 2. Типаж шестеренных насосов НШ.....	48
Приложение 3. Типаж пластинчатых насосов Г12-2М, Г 12-3М.....	49
Приложение 4. Типаж аксиально-плунжерных насосов серии 210.....	50
Приложение 5. Техническая характеристика насосов тракторных гидроприводов.....	51
Приложение 6. Соотношения между числами твердости.....	52
Приложение 7. Зависимость вязкости рабочей жидкости от температуры.....	53
Приложение 8. Номограмма для выбора вязкости масла.....	54

ВВЕДЕНИЕ

Качество продукции является одним из важнейших факторов успешной деятельности любой организации или предприятия, так как производят продукцию в расчете на удовлетворение спроса потребителя. В этой связи качество машин, в частности, проявляется в их потребительских свойствах, каждое из которых характеризует машину с какой-либо одной стороны, а в совокупности дающие представление о качестве машины в целом.

Другими словами, качество — это совокупность потребительских свойств, которые придают машине способность удовлетворять рыночный спрос, т.е. обусловленные или предполагаемые потребности рынка.

В инженерной практике потребительские свойства машин представляют их техническими характеристиками или параметрами, т.е. количественными характеристиками этих свойств.

Многие показатели качества (параметры) машин зачастую противоречивы и повышение одного идет обычно за счет снижения другого.

В этой связи качество и повышение качества изделия есть всегда результат компромиссного решения между разработчиком, изготовителем и эксплуатационником, т.е. между конструкцией, технологией изготовления и технологией применения изделия по прямому назначению.

Поэтому одна из основных задач разработчиков конструкции изделия состоит в том, чтобы постоянно совершенствовать взаимосвязь конструкции изделия с технологиями ее изготовления и применения, ориентируясь на технологии, обеспечивающие снижение всех видов затрат при устойчивом сохранении и повышении требуемых на данный момент показателей качества.

Для решения подобных задач отработаны и действуют основы методологии проектирования изделий машиностроения и принципы обеспечения их качества. Основные их положения, применительно к объемным гидромашинам, изложены в данном учебно-методическом пособии.

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИКИ

1.1. Петля качества техники. Принцип спирали

В современном понимании техника — это диалектически развивающаяся материальная совокупность средств труда, предметов труда и самого труда. Динамичное состояние (качество) этой совокупности на данный момент времени рассматривается как достигнутый уровень техники, определяемый, в свою очередь, уровнем научно-технических знаний и производственной базы.

Машины составляют основу техники, поэтому развитие техники идет только путем модернизации существующих и разработки новых машин, т.е. последовательного создания более качественных машин, более высокого технического уровня. В этой связи развитие машин и в первую очередь их качества, идет по принципу спирали, каждый круг или петля которой рассматривается как их жизненный цикл. Используемые понятия “петля качества” или “спираль качества” —

это схематическая модель взаимозависимых видов деятельности всех участников жизненного цикла машины, влияющих на ее качество на различных этапах. В Системе управления качеством (ГОСТ Р ИСО 9004) жизненный цикл продукции подразделяется на следующие этапы:

- 1) маркетинг (поиск и изучение рынка);
- 2) разработка продукции, включая проектирование, производство опытных образцов и корректировку технической документации по результатам их испытаний;
- 3) материально-техническое снабжение производства;
- 4). подготовка и разработка производственных процессов (оборудование, оснастка, инструмент);
- 5) производство;
- 6) контроль, проведение испытаний и обследований;
- 7) упаковка и хранение;
- 8) реализация;
- 9) монтаж и эксплуатация;
- 10) техническая помощь и обслуживание;
- 11) утилизация.

Укрупненно жизненный цикл представлен на рис. 1 четырьмя этапами: проектирование, производство, реализация и эксплуатация, ведущая роль на которых, соответственно, отводится конструктору, технологу, дилеру и эксплуатационнику, представляющих ту или иную организационно-техническую систему, решающую определенный круг своих задач (вопросов). К задачам, решаемым Отделом главного конструктора (ОГК) или Специальным конструкторским бюро (СКБ) или проектно-конструкторским бюро, отделом, группой и т.п. относятся, укрупненно, проектирование (П), опытное производство изделия (ОП), испытания опытных образцов изделия (И) и корректировка проектно-конструкторской документации (проекта) по результатам испытаний опытных образцов (К).

На петле качества (рис.1) данный круг задач, решаемых на этапе "проектирования" конструктором представлен аббревиатурой "ПОПИК".

При этом в общем понимании проектирование — это процесс создания проекта, т.е. прообраза (прототипа) предполагаемого или возможного изделия (объекта), а проект (замысел, план) есть совокупность документов (расчетов, чертежей и т.п.), необходимых для создания какого-либо изделия. Проектирование может включать конструирование, как процесс создания конструкции.

При этом понимается, что конструкция — это устройство, взаимное расположение частей, состав изделия, т.е. устройство (изделие) с каким-то строением или механизмом (изделие) с каким-то устройством.

Задачи, решаемые Отделом главного технолога (ОГТ) или Специальным конструкторско-технологическим бюро (СКТБ) и т.п. — это обеспечение через надлежащее качество станка, приспособления и инструмента требуемого качества детали (изделия).

Для этой системы аббревиатура ее деятельности — "СПИД". Принимается, что дилер занимается рекламой и реализацией изделия (Р), обслуживанием (сер-

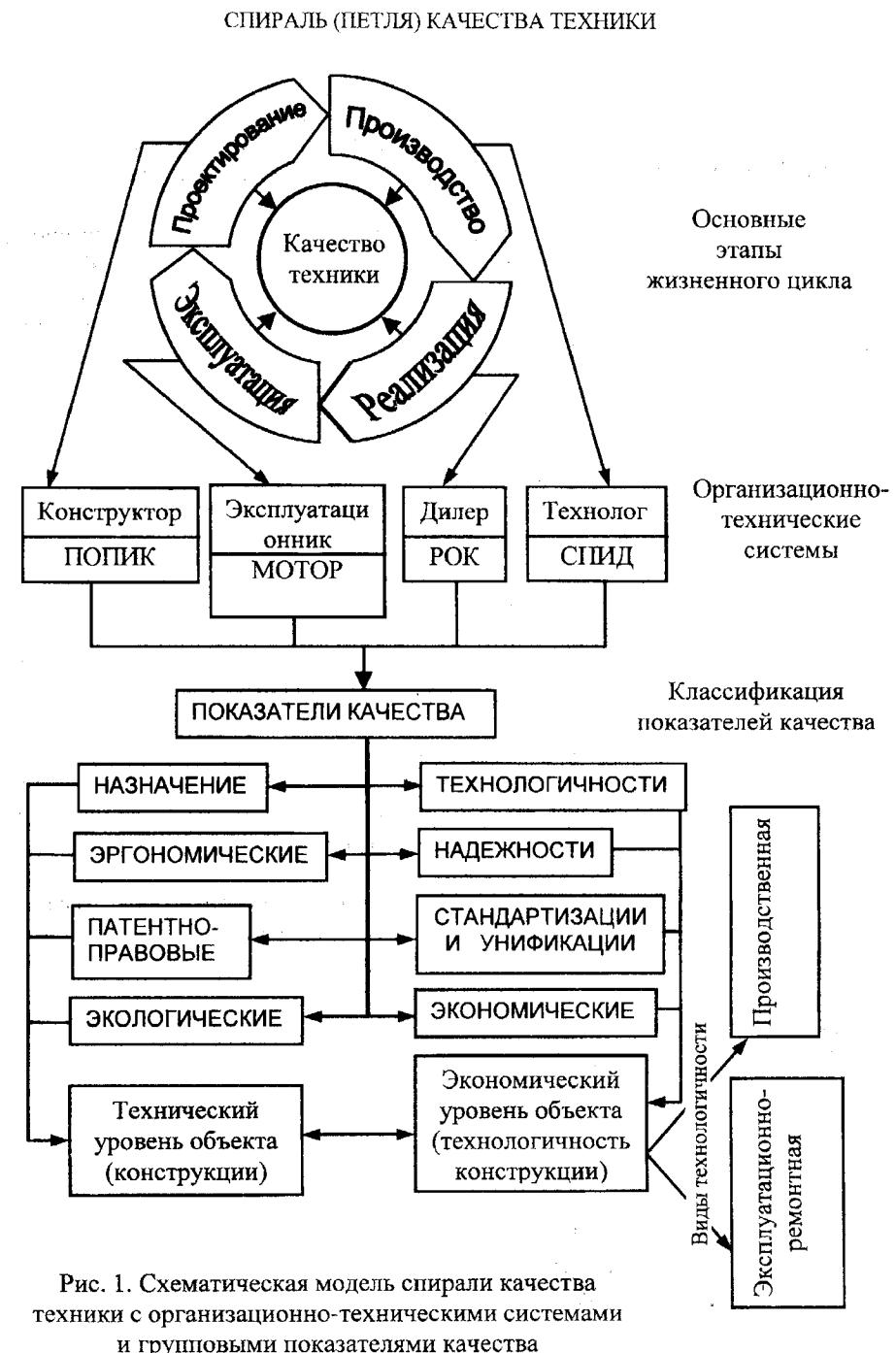


Рис. 1. Схематическая модель спирали качества техники с организационно-техническими системами и групповыми показателями качества

висным) изделия (O), контролем за качеством эксплуатации изделия и показателями его качества в этих условиях (K). Тогда аббревиатура деятельности дилера — “РОК”.

Эксплуатационник при использовании изделия по прямому назначению должен обеспечить надлежащие монтаж оборудования и (или) материальное обеспечение (МО), техническое обслуживание (ТО) и ремонт (Р). Отсюда и аббревиатура этого этапа — “МОТОР”.

Все эти организационно-технические системы работают взаимосвязано, последовательно, по принципу спирали на единую цель — заложить, обеспечить, поддерживать и восстанавливать требуемые показатели качества изделия, а на базе накопленного опыта повысить качество изделия на следующем витке спирали качества изделия.

1.2. Показатели качества техники

Для оценки качества продукции обычно используют восемь стандартных групп показателей качества (ГОСТ 22851): назначения; надежности; технологичности; уровня типизации, унификации и стандартизации; патентно-правовые; экономические, эргономические и экологические.

Все стандартные группы показателей качества можно разделить на две категории:

I категория — показатели технического уровня конструкции, отражающие уровень пригодности изделия к его использованию по прямому назначению.

Как показано на рис. 1 к этой категории относятся следующие группы показателей качества: назначения, эргономические, патентно-правовые и экологические.

II категория — показатели экономического уровня, отражающие технологичность конструкции, т.е. уровень материальных, трудовых и других видов затрат, прямо или косвенно связанных с достижением показателей качества I категории на всех этапах жизненного цикла изделия.

К этой категории, соответственно, относятся группы показателей качества: технологичности, надежности, стандартизации и унификации и экономические (рис. 1).

Стандартное определение технологичности конструкции содержит исходный принцип современного научного подхода к проблеме сокращения материальных и трудовых затрат на всех этапах проявления свойств конструкции.

Так, по стандарту (ГОСТ 18831) технологичность конструкции рассматривается как совокупность свойств конструкции изделия, проявляющихся в возможности иметь оптимальные затраты труда, средств, материалов и времени при конструкторской и технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества (параметров) в принятых условиях изготовления, эксплуатации (обслуживания) и ремонта.

В этой связи принято рассматривать технологичность конструкции двух видов: производственная технологичность конструкции и эксплуатационно-ремонтная технологичность конструкции (рис. 1).

1.3. Показатели качества объемных гидромашин

Объемные гидромашины обычно относятся к изделиям серийного, крупносерийного или массового производства. В этой связи их качество обуславливается, как правило, высокой технологичностью за счет широкого применения типизированных, унифицированных и стандартизованных конструкторских и технологических решений.

Для оценки их технического уровня используется та или иная номенклатура стандартных показателей качества (по отраслям промышленности).

Наиболее представительная отраслевая номенклатура показателей качества шестеренных насосов высокого давления по группам качества приведена в табл.1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование показателей качества	Тип машины	
		Насосы	Гидромоторы
1	Показатели назначения		
1.1	Рабочий объем, см ³	+	+
1.2	Частота вращения, мин ⁻¹ :		
	— номинальная	+	+
	— максимальная	+	+
	— минимальная	+	+
1.3	Номинальная объемная подача, л/мин	+	—
1.4	Номинальный объемный расход, л/мин	—	+
1.5	Давление на выходе, МПа:		
	— номинальное	+	—
	— максимальное	+	+
	— минимальное	—	+
1.6	Давление на входе, МПа:		
	— номинальное	+	—
	— максимальное	+	+
1.7	Номинальный перепад давлений, МПа	+	+
1.8	Максимальный перепад давлений при холостом ходе, МПа	—	+
1.9	Максимальное давление дренажа, МПа	—	+
1.10	Допускаемая продолжительность работы при максимальном давлении на входе, с:		
	— непрерывная	—	+
	— общая	—	+

Продолжение табл. 1

1.11	Допускаемая продолжительность работы при максимальном давлении на выходе, с:		
	– непрерывная	+	–
	– общая	+	–
1.12	Коэффициент подачи, объемный КПД	+	+
1.13	Гидромеханический коэффициент полезного действия	+	+
1.14	Коэффициент полезного действия	+	+
1.15	Масса, кг	+	+
1.16	Полезная номинальная мощность, кВт	–	+
1.17	Номинальная мощность на валу, кВт	+	–
1.18	Габаритные размеры, мм	+	+
1.19	Крутящий момент, Н·м:		
	– номинальный	–	+
	– страгивания	–	+
1.20	Минимальное время реверса при номинальных параметрах, с	+	+
1.21	Допускаемые нагрузки на вал, Н:		
	– радиальная	+	+
	– аксиальная	+	+
1.22	Показатели регулирования для регулируемых насосов и гидромоторов:		
	– диапазон регулирования подачи	+	–
	– диапазон регулирования частоты вращения	–	+
1.23	Температура окружающей среды, °С:		
	– минимальная	+	+
	– максимальная	+	+
1.24	Характеристика рабочей жидкости: Кинематическая вязкость, мм ² /с		
	– номинальная	+	+
	– минимальная	+	+
	– максимальная	+	+
1.25	Температура, °С:		
	– минимальная	+	+
	– максимальная	+	+
1.26	Класс чистоты	+	+
2	Показатели надежности		
2.1	Гамма-процентный ресурс до первого капитального ремонта при соблюдении правил эксплуатации, технического обслуживания и хранения, моточас или час работы машины	+	+

Окончание табл. 1

2.2	Средняя наработка на отказ, моточас или ч:		
	– I группа сложности	+	+
	– II группа сложности	+	+
2.3	Коэффициент технического использования	+	+
3	Показатели эргономические		
3.1	Корректированный уровень звуковой мощности, дБА	+	+
3.2	Усилие на рукоятках управления для регулируемых насосов и моторов, Н	+	+
4	Показатели технологичности		
4.1	Удельная материалоемкость, кг/кВт	+	+
4.2	Трудоемкость изготовления, ч	+	+
5	Показатели унификации		
5.1	Коэффициент применяемости (унификации), %	+	+
6	Показатели патентно-правовые		
6.1	Показатель патентной защиты	+	+
6.2	Показатель патентной чистоты	+	+
7	Показатели экономические		
7.1	Оптовая цена, руб.	+	+
7.2	Лимитная цена, руб.	+	+
7.3	Годовой экономический эффект от производства и использования, руб.	+	+

Примечание: Знак “+” обозначает, что показатель применяется, знак “–” не применяется.

В технической документации показатель качества указывается как параметр, который является количественной характеристикой показателя качества.

Для объемных гидромашин рабочий объем, частоту вращения и давление принято рассматривать как основные параметры (показатели, характеристики), так как они определяют наиболее существенные конструктивные и эксплуатационные свойства машин и не зависят от других параметров.

Из числа основных параметров гидромашин рабочий объем выделяют как главный параметр, так как он определяет размеры машины и не зависит от технологии изготовления, применяемых материалов, режимов работы машины и условий ее эксплуатации.

В этой связи рабочий объем, как главный параметр объемных гидромашин, является основой построения типоразмерного ряда (типа) гидромашин.

1.4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию “качество машины” (изделия).
2. Что такое “петля” или “спираль качества”?
3. Какие этапы входят в жизненный цикл техники?

4. Перечислите организационно-технические системы, представляющие основные (укрупненно) этапы жизненного цикла техники.

5. Какие задачи решаются исполнителем (организационно-техническими системами) при проектировании, изготовлении, реализации и эксплуатации техники?

6. Перечислите стандартные классификационные группы показателей качества с разделением их на категории технического и экономического уровней.

7. Дайте стандартное определение технологичности конструкции.

8. Перечислите показатели качества насосов и гидромоторов, входящие в группу показателей назначения.

9. Перечислите показатели качества насосов и гидромоторов, входящих в группы показателей надежности и показатели экономические.

10. Перечислите показатели качества насосов и гидромоторов, входящих в группы показателей унификации и технологичности.

11. Перечислите показатели качества насосов и гидромоторов, входящие в группы показателей эргономичности и показатели патентно-правовые.

12. Какие параметры объемных гидромашин относятся к основным и какой основной параметр относится к главному? Почему?

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН

Методология проектирования машин рассматривается сегодня как учение о структуре, логической организации, принципах, методах и средствах этого вида деятельности [10,11].

Как уже отмечалось, одной из основных задач разработчиков изделия является отработка конструкции изделия на технологичность, т.е. приданье изделию такой совокупности потребительских свойств (параметров), которая обеспечивает изделию необходимые качества при оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства, на изготовление, испытание, техническое обслуживание и ремонт изделия в конкретных условиях производства и эксплуатации.

Для решения этой задачи каждое изделие рассматривается как объект проектирования, производства и эксплуатации.

2.1. Стадии проектирования изделия. Отработка конструкции на технологичность

Как объект проектирования изделие проходит ряд стадий, на каждой из которых происходит отработка его конструкции на технологичность (ГОСТ 2.121).

К основным стадиям проектирования изделия относятся следующие.

I стадия. Разработка технического задания (ТЗ) и предложений по ТЗ. На данной стадии анализируются варианты схем и компоновок изделия. Оценивается правильность выбора варианта принципиальной схемы и конструктивного решения по компоновке в соответствии с требованиями технологичности. Определяются базовые показатели технологичности.

Объем работ на этой стадии проектирования может составлять до 20% от общего объема проектирования.

II стадия. Разработка эскизного проекта. На данной стадии анализируются принципиальные конструктивные решения по компоновке и членению конструкции. Совместно с технологом проверяется:

- правильность выбора принципиальной схемы конструкции, обеспечивающей простоту компоновки изделия и технологичность;
- рациональность конструктивных решений с точки зрения возможности и простоты изготовления на данном предприятии;
- обеспечение преемственности конструкции (по применяемости и повторяемости конструкторских и технологических решений);
- правильность расчленения изделия на составные части, обеспечивающие удобство обслуживания, монтажа и регулировки;
- установление номенклатуры основных марок материалов и соответствие этих марок установленному ограничительному перечню на предприятии;
- возможность применения рациональных методов обработки для наиболее сложных деталей.

Объем II стадии разработки – до 30%.

III стадия. Разработка технического проекта.

На данной стадии принимаются окончательные решения по технологичности сборочных единиц и изделия в целом.

Проверяется и оценивается совместно с технологом:

- возможность проведения сборки и контроля изделия и его основных составляющих частей независимо и параллельно;
- удобство и доступность мест сборки и регулировки;
- возможность исключения или доведения до минимума механической обработки при сборке;
- возможность обеспечения необходимой взаимозаменяемости сборочных единиц и деталей;
- выбор элементов конструкции сборочных единиц (основных составляющих частей) с точки зрения их технологичности;
- оптимальность номенклатуры контролируемых параметров, а также методов и средств их контроля;
- возможность применения стандартизованных методов выполнения контроля.

Объем III стадии разработки — до 30%.

IV стадия. Разработка рабочей документации.

При разработке рабочей документации проводится отработка конструкций узлов и деталей на технологичность:

1) с учетом необходимости использования в ряде случаев обходной технологии при изготовлении опытных образцов изделия; 2) с учетом конкретных данных завода-изготовителя на установочную серию изделия, либо 3) проводится отработка конструкции на ее соответствие условиям установившегося производства для серийного или массового производства.

На этом этапе с технологом проверяются:

- технологичность деталей в зависимости от технологичности сборочных единиц (узлов);
- технологичность сборки как изделия в целом, так и его составных частей, в том числе и сварных конструкций;
- технологичность механически обрабатываемых, литьих, горячештампованных, холодноштампованных и термически обработанных деталей;
- возможность разделения сборочной единицы на составные части, сборку которых целесообразно производить параллельно;
- наличие сборочных баз;
- удобство сборки и разборки;
- возможность уменьшения числа и объема подгоночных операций.

Объем IV стадии разработки – до 30%.

Как объект производства изделие рассматривается с позиций технологической подготовки производства, методов получения заготовок, обработки, сборки, испытания и контроля.

Как объект эксплуатации изделие анализируется на соответствие эксплуатационным параметров техническому заданию (ТЗ), удобству и сокращению трудоемкости подготовки изделия к эксплуатации и контролю его работоспособности, удобству и сокращению трудоемкости профилактических и ремонтных работ, предусмотренных для повышения, поддержания или восстановления работоспособности или срока службы изделия.

В зависимости от вида изделия и стадии разработки группой стандартов ЕСТПП устанавливается порядок и правила отработки на технологичность, а также система показателей и правила выбора показателей технологичности.

2.2. Основные принципы конструирования изделий с высокими требованиями к технологичности

Одной из составных частей работ по обеспечению технологичности конструкций является технологический контроль конструкторской документации, порядок проведения которого установлен стандартом (ГОСТ 2.121). Стандарт устанавливает определяющую роль технологии машиностроения при создании технологических конструкций, которая заключается в подчинении конструкторских решений требованием рациональных технологических процессов изготовления и сборки, а также в совпадении основной цели технологического проектирования — обеспечения минимума производственных затрат при сохранении требуемых эксплуатационных качеств изделия, с одной из основных задач конструирования — обеспечение экономичности конструкций [11].

Исходя из этого, при проектировании изделия с высокими требованиями к технологичности придерживаются следующих принципов (ГОСТ 14.201).

1 принцип. Центр тяжести отработки конструкций изделия на технологичность смещается на стадии разработки проектной конструкторской документации, т.е. отработка на технологичность должна быть неотъемлемой составной частью проектирования конструкции.

2 принцип. Исполнителями при отработке конструкции изделия на технологичность должны быть разработчики как конструкторской, так и технологической документации, так как сложности, возникающие при разработке конструкции и технологии, исключают сочетание в одном лице (исполнителе) достаточно компетентного специалиста и в области конструирования, и в области технологии.

3 принцип. Для планирования технологичности конструкции изделия необходимо введение количественной оценки технологичности, которая основывается на определенной системе показателей технологичности, включающей, в частности:

- 1) базовые показатели технологичности, устанавливаемые в ТЗ на проектируемое изделие;
- 2) показатели технологичности, достигнутые при разработке конструкции изделия;
- 3) уровень технологичности, отражающий отношение достигнутых показателей технологичности к базовым.

4 принцип. Наилучшим способом конструкторского и технологического проектирования является преемственность конструкторских и технологических решений, предусматривающая максимальное использование при проектировании всего лучшего, что было создано ранее в процессе научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических разработок, освоено в производстве и всесторонне проверено в эксплуатации.

Этому в значительной мере способствует использование типовых, унифицированных и стандартизованных конструкторских и технологических решений (деталей, узлов, инструмента, процессов и пр.).

5 принцип. Пределов совершенствования техники нет, есть только текущее ограничение рынка.

2.3. Показатели технологичности конструкции.

Классификация технологичности

Все многообразие показателей технологичности конструкций изделий машиностроения может быть сведено к пяти группам показателей, соответствующим разным видам технологичности по характерным свойствам.

Классификация показателей технологичности конструкции по группам характерных свойств приведена на рис.2.

Данная классификация технологичности по характерным свойствам проявляется в производственной и эксплуатационной областях изделия.

В общем случае технологическая рациональность конструкции характеризует соответствие конструкции изделия технологическим возможностям конкретного предприятия по его изготовлению с требуемыми показателями качества.

В этой связи технологичность конструкции одного и того же изделия будет разной для различного типа производства, т.е. производств с различными производственными (технологическими) возможностями. Изделие, достаточно технологичное в единичном производстве, как правило, малотехнологично в массовом производстве и совершенно нетехнологично в поточно-автоматизированном.

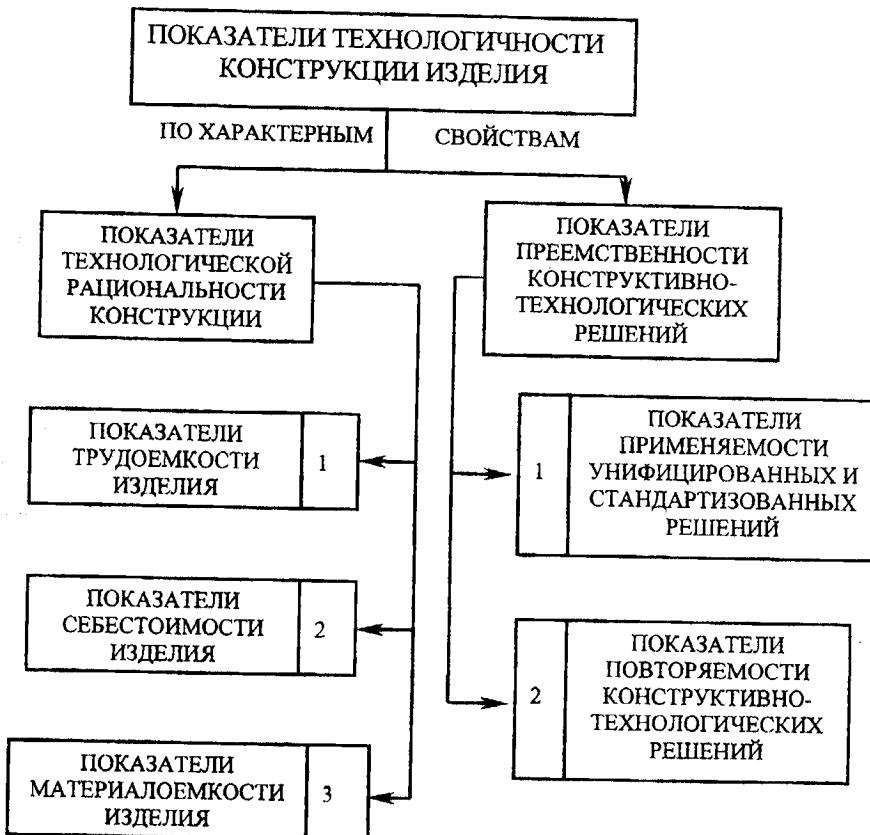


Рис. 2. Классификация показателей технологичности конструкции по группам характерных свойств

Отсюда следует, что технологичность конструкции — понятие относительное.

В качестве частных показателей технологичности в группах показателей технологической рациональности таких, как трудоемкость или себестоимость, широко используются показатели качества поверхности деталей, т.е. физико-химические и геометрические их характеристики (коэффициент точности обработки, твердость, шероховатость и т.п.).

Это обеспечивается тем, что практически все процессы и явления, связанные с обеспечением и поддержанием качества изделий в условиях производства и эксплуатации, связаны с поверхностью деталей и узлов изделия, качество которой определяет процессы их смазки, трения и изнашивания.

Конструктивно-технологическая преемственность рассматривается в виде совокупности свойств, также образующих технологичность конструкции. Однако при этом технологичность рассматривается под иным углом зрения, т.е. в ином ракурсе, чем с позиции технологической рациональности конструкции. Прежде всего преемственность как философская категория носит абсолютный, всеобщий характер. Преемственность в самом общем смысле определяется как объективная необходимая связь между новым и старым в процессе развития. Это положение, характеризующее одну из закономерностей развития материального мира относится к таким формам общественного развития, как наука, техника, производство. Известно, например, что при конструировании новых изделий машиностроения до 80% конструкторских решений может переходить от изделия к изделию. Этому в значительной мере способствует типизация, унификация и стандартизация многих узлов, деталей и конструктивных элементов общемашиностроительного и отраслевого применения. В наибольшей мере это относится к конструкциям объемных гидромашин, как изделиям серийного и крупносерийного производства.

2.4. Общие правила конструирования машин

Существующие классификации показателей качества, т.е. их деление на функциональные группы по определенным признакам схожести, весьма формальны. В действительности многие показатели качества являются комплексными или взаимосвязанными, когда изменение одного из них приводит к изменению других. Поэтому любая конструкция машины является компромиссным решением, оптимизацией которого постоянно занимаются все участники ее жизненного цикла. Конструктору в этом сообществе отводится, в частности, и роль организационно-технического центра, конечная задача которого — разработать конструкцию машины с показателями качества, отвечающими в приемлемой на сегодня мере требованиям заказчика и возможностям изготовителя.

Более чем вековая инженерная практика создания технологических машин выработала и общие правила их конструирования для повышения групповых показателей качества [10].

2.4.1. Правила повышения показателей назначения

1) Подчинять конструирование задаче увеличения экономического эффекта от использования машины, определяемого, в первую очередь, полезной отдачей машины, ее надежностью и эксплуатационными расходами за весь период эксплуатации.

2) Изучение тенденции развития техники, использующей проектируемые машины. Вести прогноз развития машин для перспективного проектирования, рассчитанного на удовлетворение реальных запросов потребителей (рынка).

3) Непрерывно совершенствовать конструкцию машин, находящихся в серийном производстве, поддерживая их на уровне возрастающих требований потребителей (рынка).

4) Тщательно изучать опыт эксплуатации машин и оперативно вводить в конструкцию исправление дефектов, обнаруженных в эксплуатации. Изучение эксплуатации является основным источником данных для совершенствования и доводки машин и эффективным способом повышения квалификации конструктора.

5) Предупреждать физическое старение машин, обеспечивая их длительную применяемость, закладывая в них высокие исходные параметры и предусматривая резервы развития и последующего совершенствования, модификации.

6) Закладывать в машины предпосылки интенсификации их использования в эксплуатации путем повышения универсальности.

7) Максимально увеличивать степень автоматизации машин с целью увеличения производительности, повышения качества продукции и сокращения расходов на труд.

8) Обеспечивать конструктивный задел, подготавливая выпуск новых машин с более высокими показателями на смену морально устаревшим.

9) Шире использовать опыт смежных, а в нужных случаях и удаленных по профилю отраслей машиностроения, при конструировании деталей, узлов и машин в целом.

10) При проектировании новых конструкций машин, а также машин, предназначенных для новых технологических процессов и условий эксплуатации, проверить все новые решения (элементы конструкции) с помощью эксперимента, моделирования, заблаговременного изготовления и испытания опытных узлов методами стендовых, лабораторных или эксплуатационных испытаний.

2.4.2. Правила повышения показателей надежности

1) Увеличивать долговечность машин для повышения фактической численности машинного парка и увеличения их суммарной полезной отдачи.

2) Непрерывно совершенствовать методы и средства контроля и обеспечения чистоты топлив, масел, рабочих жидкостей и воздуха (газов), так как повышение промышленной чистоты этих материалов продолжает оставаться наиболее существенным резервом повышения долговечности (ресурса) и безотказности техники.

3) Уделить особое внимание соблюдению и совершенствованию карты смазки машин.

4) Обеспечивать высокую прочность деталей и машины в целом способами, не требующими увеличения их массы, т.е. придавать деталям рациональные формы с наилучшим использованием материала, применять материалы повышенной прочности, использовать упрочняющие технологии (обработку).

5) Уделять особое внимание повышению циклической прочности деталей; придавать деталям рациональные по сопротивлению усталости формы; вводить упрочняющие технологии (обработку).

6) Предупреждать возможность перенапряжения, перегрузки машин в эксплуатации; вводить автоматические регуляторы, предохранительные и предельные устройства, исключающие возможность эксплуатации машин на недопустимых режимах.

7) Исключить возможность выхода из строя машин (аварий) в результате неумелого или небрежного обращения с машиной; вводить блокировки, предупреждающие возможность неправильного манипулирования органами управления; максимально автоматизировать управление машиной.

8) Исключить возможность неправильной сборки деталей и узлов, нуждающихся в точной координации одного относительно другого; вводить блокировку, допускающую сборку только в нужном положении.

9) Разрабатывать машины простыми в обслуживании; сократить объем операций обслуживания, устранять или сокращать периодические регулировки, выполнять механизмы в виде самообслуживающихся агрегатов.

10) Избегать открытых механизмов и передач; заключать механизмы в закрытые корпуса, предупреждающие попадание грязи, пыли и влаги на трущиеся поверхности и позволяющие организовать непрерывную смазку.

11) Устранивать или сокращать периодическую смазку; обеспечивать непрерывную автоматическую подачу смазочного материала к трущимся соединениям.

12) Предупреждать коррозию деталей в особенности у машин, работающих на открытом воздухе или соприкасающихся с химически активными средами, применением стойких лакокрасочных или гальванических покрытий и изготовлением деталей из коррозионно-стойких материалов.

2.4.3. Правила повышения показателя технологичности

1) Уменьшить стоимость изготовления машин путем придания конструкции высокой технологичности, стандартизации, унификации, типизации, сокращая число типоразмеров машин для снижения металлоемкости, а также с целью облегчения и снижения затрат при эксплуатации и ремонте.

Не применять оригинальные детали и узлы там, где можно обойтись стандартными, унифицированными, заимствованными и покупными деталями и узлами.

2) Уменьшить массу машин путем увеличения компактности конструкций, применяя рациональные кинематические и силовые схемы, устранивая невыгодные виды нагрузления, путем замены изгиба растяжением – сжатием, путем применения легких сплавов и неметаллических материалов.

3) Заменять во всех случаях, где это возможно, механизмы с прямолинейным поступательно-возвратным движением более выгодными механизмами с вращательным движением.

4) Сокращать объемы механической обработки, предусматривая изготовление деталей из заготовок с формой, близкой к окончательной форме изделия; заменять механическую обработку более производительными способами обработки без снятия стружки (литье, штамповка, прессование и т.д.).

5) Стремясь, как общее правило, к дешевизне изготовления, не ограничивать затраты на изготовление деталей, ключевых для надежности машин; выполнять такие детали и узлы из качественных материалов, применяя для их изготовления технологические процессы, обеспечивающие наибольшее повышение безотказности и долговечности.

6) Экономить дорогостоящие и дефицитные материалы, применяя их полноценные заменители; при необходимости применение дефицитных материалов сводить их расход к минимуму.

7) Избегать выполнение труящихся поверхностей непосредственно на корпусах деталей; для облегчения ремонта поверхности трения выполнять на отдельных, легко восстанавливаемых или заменяемых деталях.

8) Исключить подбор, селективную сборку и подгонку деталей при сборке; обеспечивать полную взаимозаменяемость деталей.

9) Исключить операции выверки, регулирования деталей и узлов по месту; предусматривать в конструкции фиксирующие элементы, обеспечивающие правильную установку деталей и узлов при сборке.

10) Последовательно выдерживать принцип агрегатности; конструировать узлы в виде независимых агрегатов, блоков, устанавливаемых на машину в собранном виде.

11) Конструировать машины с расчетом на безремонтную эксплуатацию с полным устранением капитальных ремонтов и с заменой восстанавливющих ремонтов комплектацией машин сменными узлами.

12) Стремиться к сокращению числа типоразмеров машин, добиваясь удовлетворения потребностей рынка минимальным числом базовых моделей путем рационального выбора их параметров и повышения эксплуатационной гибкости.

13) Предусматривать возможность создания производных машин с максимальным использованием конструктивных элементов базовых моделей машин.

2.4.4. Правила повышения эргономических показателей качества

1) Обеспечивать безопасность обслуживающего персонала; предупреждать возможность несчастных случаев путем введения блокировок, предохранительных или защитных элементов в конструкции.

2) Сосредотачивать органы управления и контроля по возможности в одном месте, удобном для обзора и манипулирования.

3) Делать доступными и удобными для осмотра узлы и механизмы, нуждающиеся в периодической проверке, контроле, обслуживании.

4) Обеспечивать возможность регулирования или наладки механизмами ручного прокручивания, медленного проворачивания от приводного двигателя (с реверсом, если того требуют условия наладки).

5) В машинах с приводом от электродвигателя учитывают возможность неправильного включения двигателя, а в машинах с приводом от двигателя внутреннего сгорания — обратных вспышек; обеспечивать возможность реверсивной работы машины или вводить предохранительные устройства (обгонные муфты).

6) Соблюдать требования технической эстетики, придавая машине стройные формы, улучшить внешнюю отделку машины.

2.5. Стандартизация, типизация и унификация объемных гидромашин

Стандартизация как процесс установления и применения стандартов (эталонов, норм и пр.) является неотъемлемой частью этапов разработки, изготовления и эксплуатации техники, т.е. сопутствует технике на всех этапах ее жизненного цикла. В настоящее время на государственном и международном уровнях стандартизованы десятки общетехнических систем, в том числе и в области проектирования, направленных на техническое взаимопонимание и единствообразие на всех уровнях и этапах создания, производства и эксплуатации изделий и во всей системе производственно-технической документации и информации. Это, в конечном итоге, обеспечивает более рациональное использование производственного потенциала, экономию всех видов ресурсов, повышение эффективности производства, увеличение выпуска и улучшение качества продукции.

Узлы, агрегаты и гидропривод в целом относятся к высоким технологиям, весьма трудоемки в изготовлении, что требует применения специального оборудования и освоения их централизованного серийного производства на специализированных заводах. В этой связи в основе высокой технологичности узлов и агрегатов гидропривода естественно лежит технически и экономически обоснованная их стандартизация, типизация и унификация.

2.5.1. Стандартизация параметров гидромашин

Основные параметры гидромашин должны соответствовать числовым значениям следующих стандартных рядов:

- номинальные рабочие объемы (ГОСТ 13824);
- номинальные частоты вращения (ГОСТ 12446);
- номинальные расходы жидкости (ГОСТ 13825);
- номинальные давления (ГОСТ 12445);
- номинальные диаметры деталей (ГОСТ 12447).

Для упорядочения выбора числовых значений и градаций параметров всех видов продукции, позволяющего наилучшим образом согласовать и увязать между собой изделия, полуфабрикаты, материалы, транспортные средства, технологическое, контрольно-измерительное и другое оборудование, используются стандартные предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел ($R5$, $R10$, $R20$, $R40$ и дополнительный $R80$).

Члены, т.е. предпочтительные числа этих рядов, являются округленными значениями членов геометрических прогрессий со знаменателями прогрессий, соответственно равными: 1,6; 1,25; 1,12; 1,06 и 1,03. При установлении размеров, параметров и других числовых характеристик изделий, их значения необходимо брать из основных рядов предпочтительных чисел. При этом размеры ряда R_5 рекомендуется предпочитать размерам ряда R_{10} и так далее. Однако в машиностроении наиболее приемлемым рядом является ряд R_{10} .

Кроме стандартизации параметров, стандартизация — это и регламентирование конструкций и типоразмеров широко применяемых в машиностроении деталей, узлов, агрегатов.

2.5.2. Типизация объемных гидромашин

Типизация является одним из методов стандартизации. В общем понимании типизация — это разработка типовых конструкций и технологических процессов их изготовления на основе общих для типажа или типоразмерного ряда изделий удельных технических характеристик.

Типаж агрегатов или машин, как более общее понятие, представляет обычно технически и экономически обоснованную совокупность их типоразмеров, объединенных общностью назначения и обладающих прогрессивными показателями.

В свою очередь типоразмерный ряд — это совокупность типоразмеров со значениями главного параметра (рабочих объемов), выбранными из предпочтительного ряда чисел.

В этом случае типоразмер — это классификационная группировка машин одного типа с одинаковыми значениями главного параметра и разными значениями других параметров.

В основе типоразмерного ряда лежат базовые модели — это конкретные машины, конструктивно-технологические решения и основные составные части которых обязательны для применения при конструировании машин конструктивно-унифицированного ряда.

Производная модель машины в типоразмерном ряду — это модель машины, разработанной на основе базовой модели.

В свою очередь модель — конкретное конструктивное исполнение машины определенного типоразмера. Модели могут различаться по значениям параметров, способу присоединения, крепления, управления и т.п.

Под конструктивно-унифицированным рядом понимается совокупность моделей, включающая базовую модель и ее производные модели.

Типизация машин и агрегатов дает возможность проводить техническую политику, основанную на едином конструктивном решении изделий, входящих в типажи или типоразмерные ряды; использовать общие методы их проектирования, а также создавать предпосылки для типизации и унификации комплектующих их изделий, что обеспечивает повышение их технического уровня и сокращает номенклатуру в пределах групп и классов машин, охваченных типажом.

Одним из методов типизации является классификация машин, т.е. систематизация машин по тем или иным признакам схожести. В качестве классификацион-

ных признаков обычно принимаются характер рабочего процесса (род машины), назначение машины (вид машины) и конструктивное исполнение (тип машины) и др.

Типажи широко применяемых в технике шестеренных насосов Г11-2, шестеренных насосов типа НШ, пластинчатых насосов Г12-2М, Г12-3М и плунжерных насосов серии 210 приведены, соответственно, в приложениях 1,2,3,4.

2.5.3. Унификация объемных гидромашин

Унификация (единобразие) — это рациональное сокращение числа объектов (изделий) одинакового функционального назначения. Унификация является одним из методов стандартизации и базируется на типизации изделий.

В технике под унификацией обычно понимают приведение изделий или их комплектующих к наименьшему числу типоразмеров (номенклатуре).

Уменьшение числа типоразмеров машин, в частности, рациональным выбором их типажа и их параметров внутри типажа, позволяет повысить серийность производства, а следовательно снизить стоимость производства, т.е. стоимость каждого изделия.

Унификация, состоящая в многократном применении в конструкциях машин одних и тех же типизированных или стандартных деталей, узлов, агрегатов способствует сокращению номенклатуры деталей и узлов в производстве, снижению стоимости изготовления, упрощению эксплуатации и ремонта машин.

Унификация конструктивных элементов (посадочные размеры, резьбовые, шлицевые, шпоночные соединения, подшипники, уплотнения и т.д.) позволяет сократить номенклатуру обрабатывающего, мерительного и монтажного инструмента на этапах производства, эксплуатации и ремонта изделий.

В настоящее время используют несколько методов унификации, к основным из которых относятся следующие.

Метод изменения линейных размеров. К этому методу относится и создание производных машин различной производительности (мощности) путем изменения базовой длины при сохранении постоянной формы поперечного сечения и создание размерно-подобного ряда (семейства, серии, гаммы) машин различной производительности (мощности) с геометрическим подобием размеров, полным или частичным. Данный метод модификации широко применяется в различных типах гидромашин и обуславливается, в частности, принципами обеспечения их высокой технологичности, т.е. преемственностью части конструкторско-технологических решений.

Другой метод унификации — это метод секционирования, который заключается в образовании производных машин набором унифицированных (одинаковых) секций. Примером применения данного метода унификации могут служить сдвоенные насосы, особенно пластинчатые.

Частным случаем этого метода унификации является компаундингование, т.е. параллельное соединение машин или агрегатов с целью увеличения общей мощности (производительности) установки.

Следующим методом унификации является **метод базового агрегата**. Метод заключается в превращении базового агрегата в машины различного назначения (возможностей) путем применения того или иного вида управления или дополнительного специального оборудования.

Примером применения данного метода унификации могут служить серии (гаммы) регулируемых аксиально-плунжерных насосов многих фирм.

Частным случаем этого метода унификации является **модификация**, т.е. переделка (модификация) машины с целью приспособления ее к тем или иным условиям работы, операциям, назначению без изменения основной (базовой) конструкции.

К данному методу унификации можно отнести и агрегатирование, как метод создания машин путем сочетания унифицированных агрегатов, представляющих собой автономное изделие, устанавливаемые в различном числе и комбинациях на общей станине.

2.6. Контрольные вопросы

1. Какие стадии проектирования проходит изделие при постановке на производство?
2. Какие виды технологичности отрабатываются и проверяются на стадии разработки рабочей документации изделия (IV стадия)?
3. Перечислите основные принципы проектирования изделий с высокими требованиями к технологичности.
4. Что характеризует технологическую рациональность конструкции изделия?
5. Перечислите частные показатели технологичности, входящие в группу показателей технологической рациональности конструкции изделия.
6. Какие подгруппы показателей качества входят в группу показателей преемственности конструктивно-технологических решений?
7. Какую закономерность в развитии техники отражает принцип повторяемости конструктивно-технологических решений?
8. Какие общие правила рекомендуется учитывать конструктору при проектировании изделия с целью повышения его показателей назначения?
9. Какие общие правила рекомендуется учитывать конструктору при проектировании изделия с целью повышения его показателей надежности?
10. Какие общие правила рекомендуется учитывать конструктору при проектировании изделия с целью повышения его показателей технологичности?
11. Какие общие правила рекомендуется учитывать конструктору при проектировании изделия с целью повышения его показателей экологичности?
12. Какие общие правила рекомендуется учитывать конструктору при проектировании изделия с целью повышения его экономических показателей?
13. Перечислите параметры гидромашин, представленные в инженерной практике стандартными рядами.
14. Дайте определение стандартизации, стандарту.
15. Какие цели преследует стандартизацией в машиностроении?
16. Дайте определение процессу типизации в машиностроении.

17. Что представляют собой типаж и типоразмерный ряд машин или агрегатов?
18. Дайте определение базовой и производной машинам типажа.
19. Какие цели преследуют типизацией в машиностроении?
20. Дайте определение процессу унификации в машиностроении.
21. Какие цели преследуют унификацией в машиностроении?
22. Какие методы унификации используются в машиностроении?
23. Объясните суть методов секционирования, компаундирования, агрегатирования.
24. Объясните суть модификации машины.

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. ТЕМЫ И ЗАДАНИЯ

3.1. Изучение конструкций насосов по натурным образцам и чертежно-технической документации. Основы проектирования типизированных и унифицированных гидромашин

3.1.1. Шестеренные насосы Г11-2. Конструкция. Типаж

Задание 1. Изучить конструкцию насосов Г11-2 по натуральному образцу и чертежно-технической документации: паспорта на насосы, чертежи насосов [7], типаж (приложение 1).

Составить перечень конструктивно-технологических решений по насосу, отвечающих общим правилам конструирования машин по показателям качества следующих групп:

- назначения;
- технологичности;
- унификации и стандартизации;
- надежности;
- экономичности.

Задание 2. Требуется насос типа Г11-2 с номинальной подачей $Q_n=200$ л/мин (по заявке). Необходимо разработать техническое задание (ТЗ) на данный насос (основные параметры) на основе типажа насосов Г11-2 (приложение 1).

Задание 3. Требуется насос типа Г11-2 номинальной мощностью 25 кВт (по заявке). Необходимо разработать техническое задание (ТЗ) на данный насос (основные параметры) на основе типажа насосов Г11-2 (приложение 1).

Задание 4. Требуется насос Г11-28 (по заявке). Необходимо разработать техническое задание (ТЗ) на данный насос (основные параметры) на основе типажа насосов Г11-2 (приложение 1).

3.1.2. Шестеренные насосы НШ. Конструкции. Типаж

Задание 5. Изучить конструкции насосов НШ по натурным образцам НШ-6, НШ-10, НШ-32, НШ-50, НШ-100 и др. и чертежно-технической документации: паспортам, чертежам насосов, типажу (приложение 2).

Составить перечень конструктивно-технологических решений по насосам, отвечающих общим правилам конструирования машин по показателям качества следующих групп:

- назначения;
- технологичности;
- унификации и стандартизации;
- надежности;
- экономичности.

Задание 6. Подшипники скольжения являются одним из основных узлов, определяющих технический уровень (надежность) шестеренных насосов. [8,9]. Надежность и, в частности, ресурс и безотказность работы подшипников зависит от режима трения (нагрузки), особенно при несовершенной смазке, т.е. при пуске и остановке.

В инженерной практике режим работы (трения) подшипников скольжения принято оценивать величиной $p \cdot V$, которая с учетом коэффициента трения может соответствовать мощности трения

$$N_{mp} = fN = fPV,$$

где f – коэффициент трения;

P – нагрузка;

V – скорость скольжения.

При определении нагрузок, действующих на подшипники роторов современных шестеренных насосов высокого давления, исходят из условия, что давление жидкости, действующее на шестерни, снижается от полости нагнетания к полости всасывания не по линейному, а по параболическому закону. От этого условия зависит точность определения величины и направления гидростатических нагрузок, действующих на опоры, т.е. подшипники.

Наибольшее значение результирующего усилия P_{max} , действующего на опоры шестерен, с числом зубьев от 10 до 18 при коэффициенте коррекции $\zeta = 0,5$ в практических расчетах может быть принято равным:

$$P_{max} = (0,85 \dots 0,9) p_{max} b D_e,$$

где p_{max} – максимальное давление рабочей жидкости;

b – ширина шестерни (ротора);

D_e – диаметр окружности выступов зубьев шестерен (роторов).

При разгрузке опор шестерен путем сокращения зоны высокого давления за счет введения разгрузочных канавок, вместо D_e принимают L – длину проекции дуги герметизации зоны высокого давления.

Удельное давление p_{yd} на опорах, т.е. на подшипниках скольжения шестеренных насосов, в практических расчетах принимают

$$p_{yd} = (0,75 \dots 0,8) \frac{P_{max}}{2ld},$$

где l – ширина (длина) подшипника скольжения;

d – диаметр подшипника скольжения (по валу).

Величина показателя pV для пар трения "сталь по бронзе" и "сталь по алюминиевому сплаву" могут существенно различаться.

Поэтому при переходе с бронзовых подшипников на алюминиевые это различие должно учитываться и компенсироваться за счет изменения других параметров подшипника скольжения или параметров режима нагружения.

В последнее время ряд типоразмеров шестеренных насосов НШ третьего исполнения с торцевой компенсацией зазоров были переведены с бронзовых подшипников на алюминиевые. Насосы четвертого исполнения имеют алюминиевые подшипники или металлофторопластовые втулки.

Используя чертежно-техническую документацию на насосы ОАО "Омскагрегат" и ОАО "Гидросила" (г. Кировоград) и технические характеристики насосов (приложению 5), требуется провести сравнительный анализ параметров подшипников скольжения насосов 2,3 и 4 исполнения, их взаимосвязь с показателем pV для различных материалов подшипников и совокупное влияние на ресурс насосов. Результаты анализа представить в виде графических зависимостей:

$$- pV = f(V, qn, q);$$

$$- \psi(\delta) = f(V, qn, q);$$

$$- d/l = f(V, qn, q);$$

$$- HRC/HB = f(V, qn, q),$$

при значениях $n(V)$ – мин., ном., макс.

Исходный материал необходимо представить в табличной форме, приведенной ниже (табл.2).

Таблица 2

Параметры	Рабочий объем q , марка насоса							
	НШ-4	НШ-6	НШ-10	НШ-324	НШ-52	НШ-50	НШ-100	НШ-250
1. Параметры подшипника								
1.1 Вал								
– диаметр d ;								
– длина l ;								
– материал;								
– твердость HRC ;								
– шероховатость R_A .								
1.2 Втулка								
– диаметр d ;								
– длина l ;								
– материал;								
– твердость HB ;								
– шероховатость R_A .								

Окончание табл.2

1.3. Вал/ втулка:							
- d/l ;							
- $\delta = D - d$;							
- HRC/HB^* .							
2. Параметры режима нагружения							
- частота вращения n , мин ⁻¹ :							
• мин.							
• ном.							
• макс.							
- скорость скольжения $V(\pi dn)$, м/с:							
• мин.							
• ном.							
• макс.							
- давление ном p_n , МПа;							
- нагрузки на подшипник P , Н;							
- удельная нагрузка на подшипник p_{yd} , Па;							
- режим нагружения подшипника, pV , МПа·м/с:							
• мин.							
• ном.							
• макс.							
3. Условия работы:							
- марки масла;							
- вязкость ν_{nom} ,							
- температура ном, t , $^{\circ}\text{C}$;							
- тонкость фильтрации d_{nom} , мкм;							
- класс чистоты.							
4. Ресурс насоса T , ч							

* См. приложение 6.

По результатам анализа следует сделать заключение о степени подобия удельных показателей подшипников и режимов работы базовых и производных моделей насосов. О степени соответствия показателей pV насосов для различных материалов подшипников известным рекомендациям в технической литературе. Считается, что величина $p_{yo}V$ может достигать для пар трения:

сталь по бронзе – $p_{yo}V = 90$ МПа·м/с;

сталь по алюминиевому сплаву – $p_{yo}V = 60$ МПа·м/с

при относительно низких температурах (до 50°C).

Задание 7. Для расчета параметров подшипника скольжения, обеспечивающих при заданных условиях (μ, n, p_{yd}) гидродинамический жидкостный режим трения используют уравнение вида:

$$p_{yd,kp} = \frac{\mu nd}{h_{min}\psi(1+d/l)},$$

где $\psi = \frac{D-d}{d} = \frac{\delta}{d}$ – относительный зазор в подшипнике;

δ – диаметральный зазор в подшипнике;

μ – динамическая (абсолютная) вязкость рабочей жидкости, Па·с;

h_{min} – минимальная толщина смазочного слоя. Теоретически должна быть равной суммарной высоте микровыступов (шероховатости), имеющихся на сопряженных поверхностях трения: $h_{min} = R_{z_1} + R_{z_2}$.

Практически, ввиду определенной условности показателей шероховатости (и др), при инженерных расчетах подшипников принимают $h_{min} = (1,5...2)(R_{z_1} + R_{z_2})$.

Как следует из ранее представленного уравнения, уменьшение диаметрального зазора δ в подшипнике должно сопровождаться повышением несущей способности p_{yd} подшипника. Однако, в действительности это не всегда так, так как при определенных условиях снижение диаметрального зазора приводит к ограничению заполнения зазора маслом. В этом случае подшипник “голодает”, что существенно снижает его работоспособность.

В этой связи отработка параметров подшипников скольжения ведется, как правило, по результатам испытаний, т.е. эмпирическим путем. Таким же путем отработаны и подшипники насосов НШ.

Необходимо, используя чертежно-техническую документацию на насосы, частично обработанную и представленную в табл.2, установить для этих насосов эмпирическую зависимость $\psi = f(V, qn)$ или $\delta = f(V, qn)$ и степень ее сходимости с расчетной (теоретической). Результаты анализа представить в виде графической зависимости $\psi(\delta)$ от $V(qn)$.

Исходный материал, кроме имеющегося в табл.2, необходимо представить в табличной форме, приведенной ниже (табл.3).

Таблица 3

Параметр	Рабочий объем q , марка насоса						
	НШ-4	НШ-6	НШ-10	НШ-32	НШ-50	НШ-100	НШ-250
1. Вязкость масла μ_{50} , Па·с							
2. $h_{min} = 1,5(R_{z_1} + R_{z_2})$							
3. $\psi_{факт} = \frac{D-d}{d}$							
4. $\psi_{расчет}$							

По результатам анализа требуется сделать заключение о степени подобия диаметрального зазора базовых и производных машин в типоразмерном ряду и влияния на зависимость $\psi = f(V, dn)$ материалов подшипников скольжения.

Задание 8. Требуется провести техническую экспертизу на соответствие параметров насосов НШ, входящих в типоразмерный ряд (типаж), и, в частности, фактической окружной скорости шестерен и скорости течения рабочей жидкости на линии всасывания насоса с рекомендуемыми технической литературой [8,9].

Дело в том, что бескавитационная работа шестеренного насоса зависит от ряда факторов, как скорость течения масла во всасывающей линии, длины дуги камеры всасывания, окружной скорости на внешней поверхности шестерен и вязкости рабочей жидкости.

В этой связи, например, теоретически форма и размеры канала (полости), подводящего рабочую жидкость, должны обеспечивать возможно большую продолжительность соединения этого канала с межзубьевыми впадинами шестерен, т.е. с рабочими камерами роторов. Это способствует лучшему заполнению рабочих камер жидкостью.

Такое решение реализовано, в частности, в шестеренных насосах Г11-2. В шестеренных насосах НШ такое решение отсутствует. В то же время испытаниями и опытом эксплуатации насосов установлено, что скорость течения рабочей жидкости на всасывании не должна превышать (0,5...1,0) м/с, а допустимая окружная скорость на вершинах зубьев шестерен должна находиться в зависимости с вязкостью рабочей жидкости, указанной в табл.4.

Таблица 4

Допустимая скорость головок зубьев шестерен V, м/с	6	5	4,5	3,5
Рекомендуемая вязкость рабочей жидкости ν, мм ² /с	12	45	75	150

В технической литературе приведенные рекомендации, как правило, не могут быть использованы "один к одному", так как создание, модернизация и дальнейшее развитие техники есть всегда компромисс между различными показателями качества и, в первую очередь, между показателями назначения, надежности, технологичности и экономичности. В этой связи по данному заданию требуется определить, в какой мере известные рекомендации были учтены в конструкциях насосов НШ различными их разработчиками и изготовителями.

Требуемый для экспертизы материал необходимо взять из чертежно-технической документации на насосы и свести в табл. 5 для обобщения.

Таблица 5

Параметры	Насос, марка							
	НШ-4	НШ-6	НШ-10	НШ-32	НШ-50	НШ-100	НШ-250	НШ-400
1. Диаметр входного отверстия d , мм								
2. Подача номинальная Q_n , л/мин								
3. Скорость рабочей жидкости на всасывании $u_e = Q_n / F_{отв}$, м/с								
4. Диаметр шестерен D_e , мм								
5. Частота вращения номинальная, мин ⁻¹								

6. Окружная скорость шестерен $u_{окр} = \pi D_e n$, м/с								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

Соответствие фактических параметров различных марок насосов рекомендуемым необходимо представить зависимостями $u_{ax} = f(q)$, $u_{окр} = f(q)$ в графической форме с указанием на графике диапазонов рекомендуемых параметров ($u_{ax}, u_{окр}$). В качестве рабочих жидкостей необходимо принять масла марок М10, М8, ВМГ3. Температурно-вязкостные характеристики масел приводят в приложении 7.

Используя температурно-вязкостные характеристики масел, необходимо определить температуру рабочей жидкости (по маркам масла) при которой выполняется условие соответствия окружной скорости и рекомендуемой вязкости масла. Необходимо установить, в какой мере эта температура рабочей жидкости соответствует номинальной (рабочей), указанной в технической документации на насос НШ.

Результаты определения этой температуры для различных марок насосов и масел оформляются в виде табл. 7.

Таблица 7

Марка масла	Температура масла $^{\circ}\text{C}$ для условий соответствия $u_{окр}$ и ν_{rek} для марок насосов						
	НШ-4	НШ-6	НШ-10	НШ-32	НШ-50	НШ-100	НШ-250
M10							
M8							
ВМГ3							

В заключении необходимо указать, в какой мере фактические параметры насосов не соответствуют рекомендуемым и чем это можно объяснить.

Задание 9. Необходимо оценить уровень оптимизации и стандартизации параметров зубчатого зацепления (параметров шестерен) насосов марки НШ. Расчет параметров зубчатого зацепления шестеренного насоса основывается на следующих зависимостях. Теоретическая мощность насоса

$$N_T = pQ_T = pnq.$$

Рабочий объем, т.е. суммарный объем всех рабочих камер или подача насоса за оборот

$$q = \pi D_n 2mb.$$

Тогда теоретическая минутная подача насоса

$$Q_T = qn = \pi D_n 2mbn,$$

где D_n – диаметр начальной окружности шестерен;

m – модуль зuba шестерен;

b – ширина шестерен;
 n – частота вращения.

Так как $D_h = mz$, то

$$Q_T = 2\pi m^2 zbn.$$

При этом принимается допущение, что объем впадины равен объему зуба.

Для насосов с числом зубьев $z = 6 \div 12$ объем впадины превышает объем зуба на величину, с учетом которой π в приведенной формуле можно заменить коэффициентом 3,5.

Тогда $Q_T = 7m^2 zbn$.

Как следует из этой зависимости, модуль зуба является параметром наиболее существенно влияющим на подачу насоса.

В этой связи для повышения удельной производительности насосов, для уменьшения их габаритов и массы, модуль зубьев выбирают как можно больше, а число зубьев как можно меньше, если нет существенных ограничений (требований) к пульсации потока и давления.

При оптимизации параметров зубчатого зацепления шестерен гидромашин приходится учитывать следующие положения.

1. Рабочий объем гидромашины является главным параметром, ряд значений которого является стандартным.

2. Общестандартными являются и ряды нормальных модулей для эвольвентных цилиндрических зубчатых шестерен (колес) с прямыми зубьями.

В 1-й ряд (предпочтительный) входят, в частности, модули:

... 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10 и т.д.

Во 2-й ряд входят, в частности, модули:

... 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9 и т.д.

3. Не рекомендуется использовать зубчатые шестерни (колеса) с числом зубьев 7 и менее, ввиду существенной подрезки (снижения прочности) ножки зуба инструментом.

4. Для обеспечения герметичности рабочих камер шестеренных гидромашин целесообразно увеличение толщины зуба по дуге окружности головок зуба (наружный диаметр шестерни) D_e , что достигается корректированием зубьев.

В этом случае наружный диаметр шестерен

$$D_{e_k} = m(z + 2 + 2\xi) = m(z + 3),$$

межцентровое расстояние шестерен

$$A_k = m(z + 2\xi) = m(z + 1)$$

в то время как для корректированных шестерен

$$D_e = D_h + 2m = m(z + 2),$$

где ξ – коэффициент смещения исходного контура инструмента.

При корректировании зубьев шестерен насосов обычно принимают $\xi = 0,5$.

В этих условиях для оценки уровня оптимизации и стандартизации параметров шестерен насосов требуется взять из чертежно-технической документации и надлежащим образом обработать информацию, приведенную в табл. 8, т.е. установить зависимость удельных показателей от марки насоса.

Таблица 8

Параметры	Марка насоса						
	НШ-4	НШ-6	НШ-10	НШ-32	НШ-50	НШ-100	НШ-250
I Исходные							
1. Подача насоса теоретическая (по испытаниям) $Q_{T_1} = Q_n / \eta_{об}$, л/мин							
2. Рабочий объем q , см ³							
3. Модуль m_o							
4. Число зубьев z							
5. Частота вращения ном, n мин ⁻¹							
6. Ширина шестерни b , мм							
7. Диаметр шестерни D_e , мм							
8. Диаметр шестерни D_h , мм							
9. Диаметр вала шестерни d , мм							
10. Ширина головки зуба по наружной окружности S_o , мм							
II Расчетные							
1. Подача насоса теоретическая							
$Q_{T_2} = 7m^2 zbn$							
2. Погрешность расчета							
$\Delta = Q_{T_1} / Q_{T_2} \cdot 100\%$							
3. $S_{y\delta} = \frac{S_o z}{D_e}$							
4. Удельная высота уплотнительного пояска							
$h_{y\delta} = \frac{D_i - d}{\pi d}$							
5. D_e / d							
6. D_e / b							
7. Число зубьев при модуле $m = m_o + 1$ (при прочих равных условиях)							

По материалам раздела II таблицы 8 представить в графической форме зависимость удельных показателей от рабочего объема (марки) насосов типоразмерного ряда.

Дать заключение о характере этих зависимостей и возможности дальнейшего увеличения модулей шестерен насосов.

Задание 10. Графическим методом (вычислением) по чертежно-технической документации на насосы НШ определить площади поджима и отжима и удельное давление поджатия (на номинальном режиме) втулок к торцам шестерен в насосах типа НШ-У (с торцевой компенсацией зазоров) и пластиков к торцам шестерен в насосах типа НШ-К (с торцевой и радиальной компенсацией зазоров).

Исходные материалы и результаты расчетов свести в табл.9.

Таблица 9

Параметр	Марка насоса						
	НШ-4У	НШ-6У	НШ-19У	НШ-32У	НШ-32К	НШ-50К	НШ-100К
1. Давление ном., p_n , МПа							
2. Площадь отжима, F_1 , см ²							
3. Площадь поджима, F_2 , см ²							
4. F_2/F_1							
5. $p_{уд.подж} = \frac{(F_2 - F_1)}{F_2} p_n$							
6. HRC шестерня							
7. HB втулка							
7. $\frac{R_A}{R_A}$ шестерня							
7. $\frac{R_A}{R_A}$ втулка(пластик)							

По результатам обработки дать заключение о характере зависимости $p_{уд.подж} = f(q)$ и влиянии на эту зависимость конструкции насоса. Определить соответствие параметров данных пар трения (твердость, шероховатость, материал поверхностей трения) требованиям, предъявляемым к антифрикционным парам трения (современная версия).

3.1.3. Пластинчатые насосы Г12-2М, Г12-3М. Конструкция. Типаж

Задание 11. Изучить по технической документации, справочной и учебной литературе [1,2,3,5,7,10], с использованием натурных образцов, конструкции пластинчатых насосов однократного (простого) и двухкратного действия.

По натурным образцам насосов Г12-2М и Г12-3М составить перечень конструктивно-технологических решений, отвечающих общим правилам конструирования машин по показателям качества следующих групп:

- назначения;

- технологичности;
- унификации и стандартизации;
- надежности;
- экономичности.

Задание 12. Изготовление штучных изделий обеспечивает им, как правило, весьма высокие технические показатели качества, но это сопряжено и с более высокими затратами (стоимостью). Изготовление изделий массового или серийного производства, т.е. изделий широкого потребления ("ширпотреб") обеспечивает их менее высокие технические показатели качества, но при значительно меньших затратах (стоимости), так как базируется на типизации и унификации агрегатов, узлов и деталей изделий. Типизация и унификация деталей или узлов, т.е. сокращение их номенклатуры, приводит к тому, что ряд изделий в типоразмерном ряду (типаже) будут иметь отличные от оптимальных параметры (размеры). Примером высокой степени типизации и унификации являются пластинчатые насосы Г12-2М, Г12-3М.

Унификация параметров деталей качающего узла (рабочей группы) насосов Г12-2М, Г12-3М приведена частично в табл. 10. Как следует из таблицы, при производстве из 11 типоразмеров насосов выпускают роторы не 11 размеров, а лишь 4, в том числе роторы 2 размеров для первой габаритно-весовой группы насосов, состоящей из 6 типоразмеров, и по 1 ротору для 2 и 3 габаритно-весовой групп. Следовательно, степень унификации по ротору в первой группе составляет около 67%, а во второй и третьей — 100%.

Таблица 10

Параметр	Габаритно-весовая группа										Унифи- кация, %	
	1					2			3			
	31 AM	31 M	32 AM	32 M	33 AM	33 M	24 AM	24 M	25 AM	25 M	26 AM	
Рабочий объем q , см ³												
Большая ось статора, мм	60	61	63,5	65	65	67	95	97,5	101	130	148	
Малая ось статора, мм												
Внешний диаметр статора, мм												
Диаметр ротора, мм				56				85		115		
Ширина ротора (статора), мм		18			24			30		36		
Число пластин Z							12					
Толщина пластин, δ , мм						2,17		2,2		2,3		

По заданию необходимо:

- Выполнить эскиз статора насосов Г12-2М, Г12-3М. На натурных образцах статоров провести замеры большого и малого диаметров профиля, наружный диаметр и ширину статора.
- По результатам замеров установить принадлежность натурных образцов статоров к конкретной марке насоса и занести результаты замеров в соответствующие графы табл.10.

3. По табличным данным определить степень унификации статоров, роторов и пластин в типоразмерном ряду насосов Г12-2М, Г12-3М.

4. Рассчитать и занести в таблицу рабочие объемы каждого из насосов типоразмерного ряда.

Расчет можно вести по формуле

$$q = 2b[\pi(R^2 - r^2) - (R-r)\delta z], \text{ см}^3,$$

где b – ширина ротора, статора;

R – радиус по большой оси статора;

r – радиус по малой оси статора;

δ – толщина пластины;

z – число пластин.

Сопоставить полученные расчетные значения рабочего объема насосов со значениями этого параметра, приведенными в паспортах на насосы или в справочной технической литературе ([7], приложение 3). Необходимо учитывать, что в справочной литературе и паспортах значение главного параметра насосов (моторов) указывается, как правило, с определенной степенью округления.

Задание 13. В паспортах и технической справочной литературе на насосы указывается рекомендуемая марка масла, номинальная вязкость масла или номинальная температура масла и температурный диапазон работы насосов или диапазон рекомендуемой вязкости масла (пусковая (макс.), предельная (мин.)).

По заданию необходимо выполнить следующее.

1. Определить для имеющихся и на имеющихся натурных образцах насосов Г12-2М и Г12-3М параметры подшипников качения (посадочный диаметр, частота вращения (мин., ном., макс.), температура применения (мин., ном., макс.), марка масла. Данные занести в табл. 11).

2. По номограмме, приведенной в приложении 8, определить (выбрать) рекомендуемую вязкость масла для этих подшипников данных размеров, работающих на данных режимах (скоростной и температурный). Результаты нанести на график (рис.3).

3. Сопоставить полученные результаты и дать заключение: марка масла, указанная в паспортах на насос, назначена с учетом требований подшипников, если да, то какого, или, например, бескавитационной работы насосов.

Таблица 11

Параметр	Марка насоса. Типоразмер		
Размер подшипника в крышке насоса (посадочный размер по валу малого подшипника) d , мм			
Размер подшипника в корпусе насоса (посадочный размер по валу большого подшипника) d , мм			

Частота вращения насоса, n , мин ⁻¹ :			
– мин.;			
– ном.;			
– макс.;			
Температура работы насоса, °C :			
– мин. (пуск);			
– ном. (рабоча);			
– макс. (перегрев).			
Марка масла			

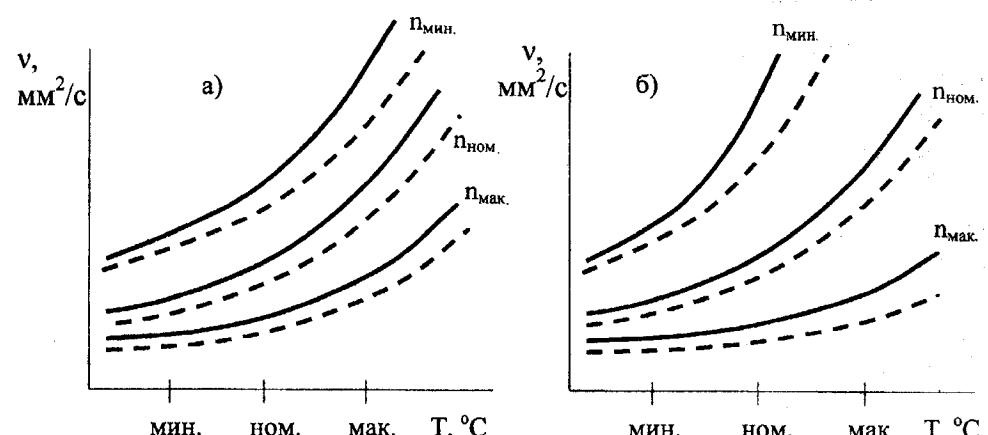


Рис.3. Вязкость масла рекомендуемая по паспорту (— или —) и номограмме (— или —) для насосов Г12 в зависимости от температуры и частоты вращения: а – подшипник в крышке насоса (малый); б – подшипник в корпусе насоса (большой)

3.1.4. Аксиально-плунжерные насосы. Универсальные регуляторы скорости (УРС). Конструкции. Типаж

Задание 14. Изучить по чертежно-технической документации и натурным образцам конструкции аксиально-поршневых машин.

По рабочим чертежам и натурным образцам универсальных регуляторов скорости (УРС) и аналогичных гидромашин серии 900 (ЧТЗ) составить перечень конструктивно-технологических решений, отвечающих общим правилам конструирования машин по показателям качества следующих групп:

- назначения;
- технологичности;
- унификации и стандартизации;
- надежности;
- экономичности.

Задание 15. По чертежно-технической документации на аксиально-поршневые машины серии 900 и УРС провести анализ соотношений основных параметров деталей рабочей группы (камеры), принятых разработчиками (конструкторами) этих машин, в зависимости от объема рабочей камеры (литраже).

Исходный материал, взятый из чертежно-технической документации, и результаты его обработки при анализе занести в табл. 12.

Таблица 12.

Параметр	Значение параметра для марки насоса		
	УРС-2,5(901)	УРС-5 (902)	УРС-10 (933)
1. Плунжер			
1.1. Диаметр плунжера d , мм			
1.2. Длина плунжера l , мм			
1.3. Шероховатость R_A , мкм			
1.4. Твердость рабочей поверхности HRC			
1.5. Материал			
2. Блок цилиндров			
2.1. Диаметр цилиндра D , мм			
2.2. Длина цилиндра L , мм			
2.3. Шероховатость рабочая R_A , мкм			
2.4. Твердость рабочей поверхности $HRC(HB)$			
2.5. Материал			
3. Условия работы и режим нагружения			
3.1. Давление, МПа			
3.2. Частота вращения номинальная, мин ⁻¹			
3.3. Марка масла			
3.4. Вязкость масла номинальная, мм ² /с			
3.5. Температура:			
– ном.;			
– макс.			
4. Параметры подобия конструкций машин			
4.1. d/l			
4.2. D/L			
4.3. L/l			
4.4. $\delta = D - d$ (мин., макс.)			
4.5. <u>HRC плунж.</u>			
<u>HRC цилиндр</u>			
4.6. <u>R_A плунж.</u>			
<u>R_A цилиндр</u>			
4.7. <u>матер. плунж.</u>			
<u>матер. цилиндр</u>			

По результатам обработки исходной информации, внесенным в табл. 12, построить графики зависимости параметров подобия от рабочего объема машин.

По табличным материалам и графическим зависимостям дать заключение о конструктивном и технологическом подобии деталей качающего (рабочего) узла машин и уровня их унификации и соблюдении в конструкциях насосов современной версии об антифрикционных узлах трения (парах трения).

3.2. Расчеты параметров гидромашин

3.2.1. Расчет КПД насосов при значениях давления, частоты вращения и вязкости масла, отличных от номинальных

В общем техническом понимании машина — это устройство, совершающее механическое движение с целью преобразования энергии, материалов и т.д. Согласно директиве 89/392/ЕЕС Европейского экономического сообщества EuroPump (объединение европейских производителей насосов) машина понимается как устройство, которому присущи следующие характеристики:

- это должна быть сборка связанных между собой частей или компонентов;
- сборка должна иметь одну, как минимум, движущуюся часть;
- у сборки должна быть специфика применения.

При наличии движущихся частей в устройстве, любое их механическое движение с целью преобразования энергии сопровождается потерями части этой энергии и материала устройства, что связано с трением. Уровень этих потерь или технический уровень машины или эффективность ее применения принято оценивать коэффициентом полезного действия (КПД), представляющим отношение полезно использованной энергии (превращенной в работу) к количеству энергии, подведенному к машине.

Поэтому КПД является обязательной технической характеристикой любой машины и указывается в ее паспортах, в справочно-технической литературе и т.д. Однако в технической документации на машину указывается значение КПД для номинального режима нагружения (номинальное давление, номинальная частота вращения и др.) и условий работы, в узком диапазоне их характеристик (рабочая температура, марка и вязкость масла, класс чистоты и др.). Другими словами, указанное в технической документации на машину значение КПД является “точечным”, “парадным”, соответствующим узкому диапазону режима и условий использования машины.

В реальных условиях использования машины и, в частности, насосов и гидромоторов, значения частоты вращения, давления, вязкости масла, марки масла, температуры, промышленной чистоты могут существенно отличаться от номинальных.

В этих условиях необходимо знать фактическое или ожидаемое (расчетное, прогнозируемое) значение КПД, чтобы управлять процессом оптимизации работы насоса, гидромотора и гидропривода в целом (условия энергосбережения). Для этого первоначально необходимо рассчитать (определить) влияние фактического

Таблица 13

давления, частоты вращения, вязкости масла на изменение "паспортного" КПД гидромашины.

Расчет проводится с использованием следующих зависимостей и положений.

Полный (общий) КПД гидромашины

$$\eta_{\text{пол}} = \eta_Q \eta_e \eta_m = \eta_Q \eta_{gm},$$

где η_{gm} – гидромеханический КПД; η_Q – объемный КПД, определяемый по формуле:

$$\eta_Q = \frac{Q_n}{Q_m} = \frac{Q_m - Q_{ym}}{Q_m},$$

где Q_n – номинальная подача (фактическая) при номинальном давлении и номинальной частоте вращения машины (насоса). Определяется экспериментально;

$Q_m = qn$ – теоретическая подача при номинальной частоте вращения и при условиях отсутствия внутренних утечек рабочей жидкости, т.е. при условиях отсутствия влияния давления на снижение подачи насоса. Может определяться экспериментально;

$$Q_{ym} = \frac{\Delta p h^3 W}{12 \nu l} \quad \text{внутренние утечки рабочей жидкости через щелевые уплотнения высотой } h, \text{ шириной (периметром) } W \text{ и длиной } l \text{ при перепаде давления } \Delta p \text{ и вязкости масла } \nu.$$

Как следует из формулы, с изменением давления и вязкости рабочей жидкости величина утечек изменяется соответственно, прямо или обратно пропорционально, что, естественно, приведет к изменению объемного, а следовательно, и общего КПД машины. При этом можно принять, что гидромеханический КПД машины с изменением давления, вязкости или частоты вращения будет изменяться менее ощутимо, чем объемный КПД. Поэтому целесообразно определять влияние этих параметров машин на изменение только объемного КПД и учитывать его влияние на изменение полного (общего) КПД.

Для расчета объемного КПД при значениях давления и вязкости рабочей жидкости, отличных от номинальных, достаточно использовать следующие зависимости:

$$Q_i^{ym} = \frac{Q_{nom}^{ym}}{p_n} p_i; Q_i^{ym} \nu_i = Q_{nom}^{ym} \nu_{nom} = \text{const}; Q_T = qn_{nom}.$$

Задание 16.

Требуется определить (рассчитать) объемный и общий КПД базовых насосов Г11-2 (приложение 1) при заданных значениях давления, частоты вращения и вязкости (марки) масла (при прочих равных условиях) и построить графики для выбора оптимальных соотношений этих параметров для каждого насоса типажа (табл. 13, рис. 4, рис. 5).

Марка насоса	КПД (объемный/ общий) при p, n, ν						
	$p, \text{ МПа}$			$n, \text{ мин}^{-1}$			марка масла
	1,5	2,5	3,0	1000	1500	1800	
Г11-22							
Г11-23							
Г11-24							
Г11-25							

3.2.2. Расчет ресурса гидромашин на основе теории подобия

Практика показывает, что при работе насосов на пониженном против номинальной величины давлении срок службы может быть выше номинального. При увеличении числа оборотов против номинального долговечность снижается.

На рис.6. приведен график зависимости срока службы от числа оборотов и давления, рекомендуемой одной из иностранных фирм для руководства в эксплуатации применительно к выпускаемым ею аксиально-поршневым насосам. График может быть принят за основу ориентировочных оценок рассматриваемой зависимости применительно к насосам прочих типов [1,3].

Кривая N выражает номинальную долговечность, остальные кривые – соответственно увеличенные ($2N, 3N$ и $4N$) и уменьшенные ($0,5N$ и $0,2N$) долговечности. Так, например, при увеличении давления против номинального значения на 25% число оборотов для сохранения номинальной долговечности должно быть снижено примерно в 2 раза.

При изменении давления и частоты вращения в пределах ниже номинального, в инженерной практике принимают, что в этих случаях износ гидромашин можно принимать прямо пропорциональным работе, выполненной гидромашиной за технологический цикл. Учитывая конструктивное и технологическое подобие гидромашин в своем типоразмерном ряду, расчет ресурса гидромашин может основываться на общей зависимости

$$TC_n = \text{const},$$

где T – ресурс машин;

C_n – коэффициент скорости ($C_n = nD$);

$D = \sqrt[3]{q}$ – характерный размер машины.

Задание 17. Требуется рассчитать ресурс насосов Г11-2 всех типоразмеров, если известны ресурсы базовых насосов Г11-23 и Г11-25 (см. Приложение 1). Исходные данные и результаты расчета представить в табличной форме (табл. 14) и графической (рис. 7).

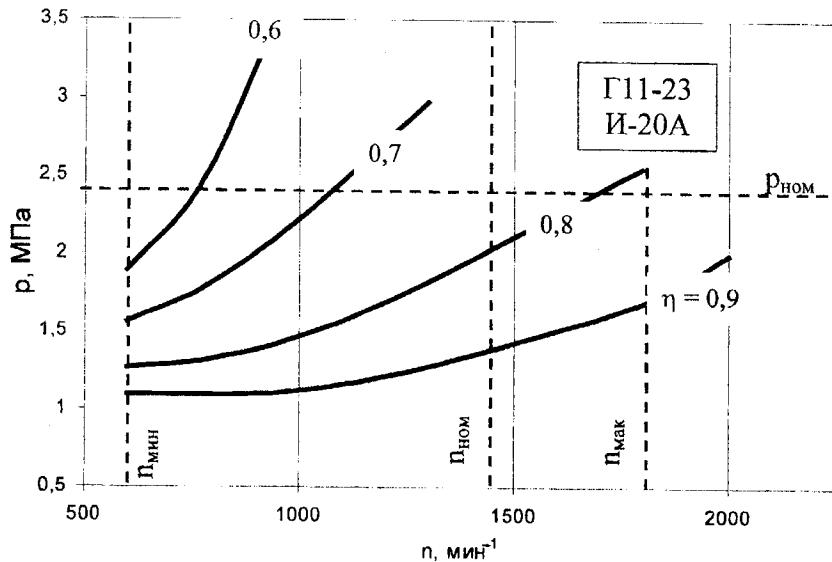


Рис.4. Зависимость объемного КПД насосов от давления и частоты вращения

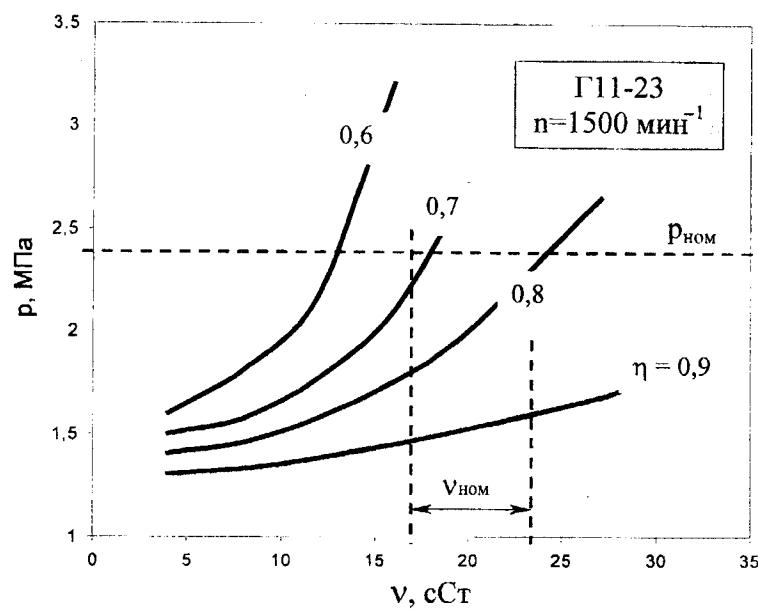


Рис.5. Зависимость объемного КПД насосов от давления и вязкости масла

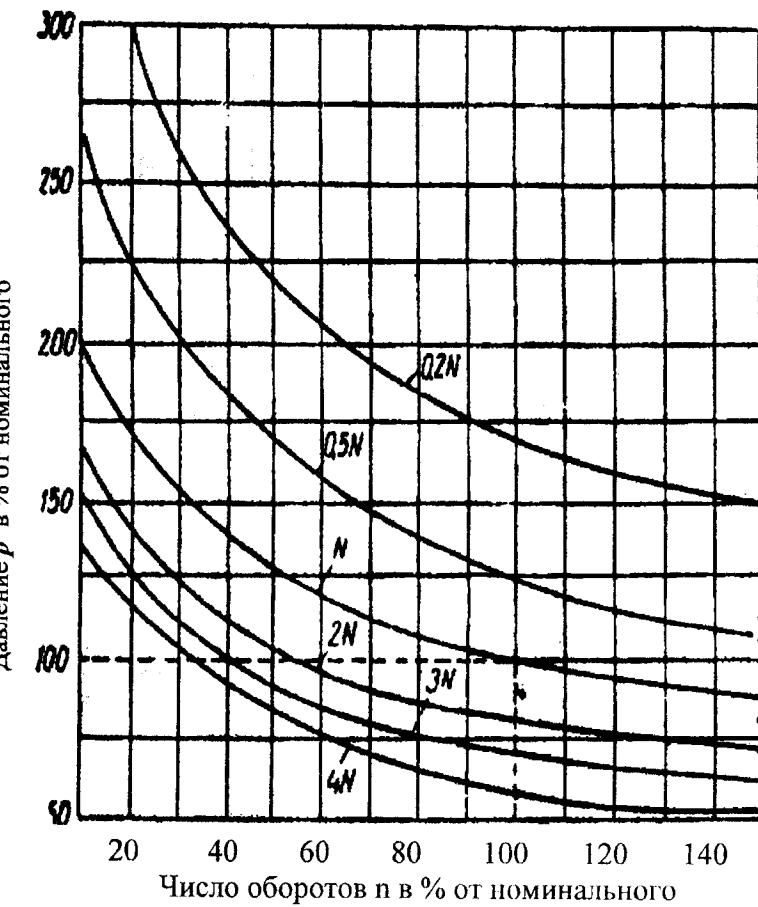


Рис.6. График зависимости срока службы аксиально-поршневых насосов от числа оборотов и давления жидкости

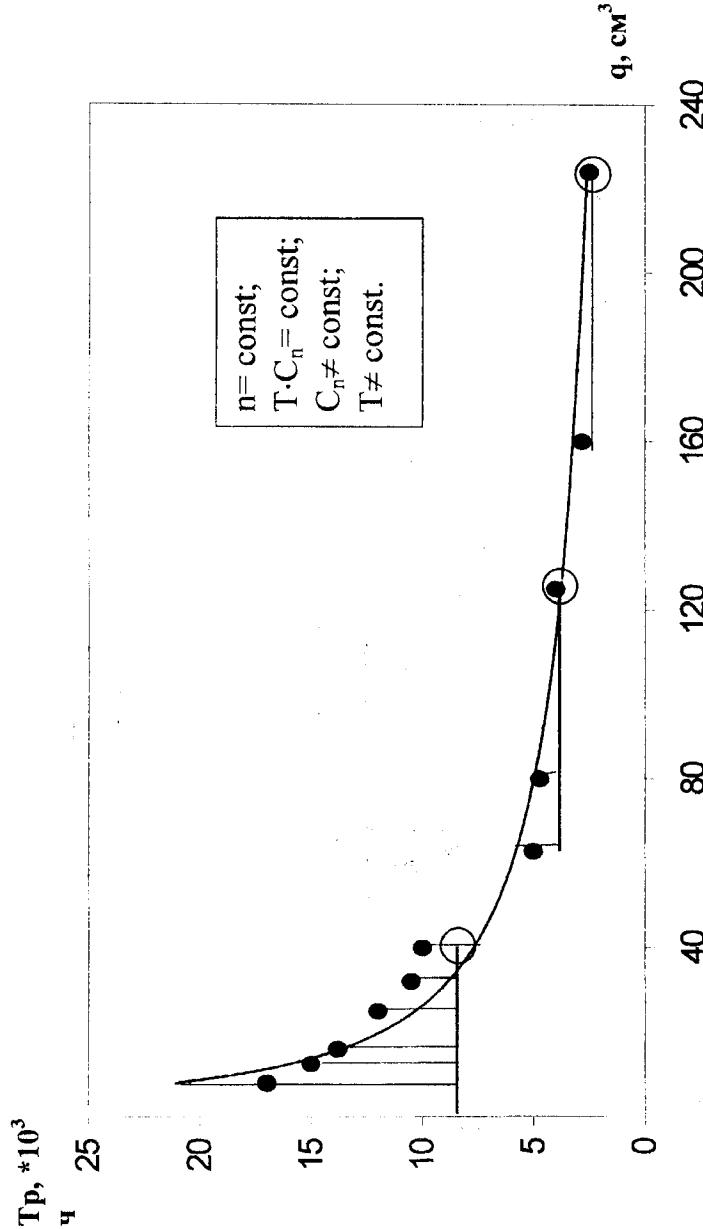


Рис.7. Зависимость ресурса насосов Г11-2 от рабочего объема

	11,2	16	22,4	32	40	56	80	100
$D = \sqrt[3]{q}$								
$C_n = n_h D$								
$TC_n = \text{const}$								
$T, \text{ч}$				5000				3000

Задание 18. Требуется рассчитать потенциальную частоту вращения насосов НШ всех типоразмеров, если известны номинальные частоты вращения базовых насосов типажа и задан номинальный ресурс. Требуется рассчитать ресурс насосов всех типоразмеров при использовании стандартной частоты вращения $n_h = 1500 \text{ мин}^{-1}$.

Исходные данные и результаты расчетов представить в табличной (табл.15) и графической формах.

	6	10	32	50	71	100	160	250
$D = \sqrt[3]{q}$								
$n_{\text{ном}}$			2400			1920		1500
$C_n = n_h D$								
$n_{\text{расч}}$								
$T_{\text{ном}}, \text{ч}$				10000 (при $TC_n = \text{const}$)				
$C_n = n_p D$								
$T_{\text{расч}}, \text{ч}$								

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
2. Башта Т.М. Объемные насосы и гидродвигатели гидросистем. – М.: Машиностроение, 1974.
3. Башта Т.Н. Машиностроительная гидравлика: Справочное пособие. – М.: Машгиз, 1963.
4. Васильченко В.А., Беркович Ф.М. Гидравлический привод строительных и дорожных машин. – М.: Стройиздат, 1976.
5. Зайченко И.З. Пластинчатые насосы и гидромоторы. – М.: Машиностроение, 1970.
6. Прокофьев В.Н. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод. – М.: Машиностроение, 1969.
7. Свешников В.К. Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1995. – 446 с.
8. Рыбкин Е.А. Шестеренные насосы для металлорежущих станков. – М.: Машгиз, 1969.
9. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. – М.: Оборонгиз, 1967.
10. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1984. – 464 с.
11. Орлов П.И. Основы конструирования/ Под ред. П.Н.Учаева. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1988.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ТИПАЖ ШЕСТЕРЕННЫХ НАСОСОВ Г11-2

Показатели качества (технические характеристики, параметры)	Габаритно-весовая группа																		
	1		2		3		4												
	Типоразмер (модель) насоса																		
Масса m , кг		6		8,7		12,5		18											
Рабочий объем q , см ³	11,2	16	22,4	32	40	56	80	100											
Частота вращ. n , мин ⁻¹	600 – мин.;		1450 – ном.;		1800 – мак.														
Подача Q_n , л/мин	12,3	18	26	38	50	72	104	133											
Давление p , МПа	2,5 – ном.;				3,0 – мак.														
КПД, общий не менее	0,54	0,56	0,64	0,68	0,72	0,74	0,76	0,77											
	объемный	0,76	0,78	0,80	0,82	0,88	0,89	0,91											
	гидромех.	0,71	0,72	0,80			0,83												
Мощность N_{nom} , кВт	1,0	1,3	1,6	2,3	3,0	4,1	5,8	7,2											
Металлоемкость m/N , кг/кВт	6,0	4,6	5,6	3,9	4,3	3,2	3,5	2,8											
Ресурс T , ч, не менее	5000				3000														
Рабочая жидкость:																			
– марка масла;																			
– вязкость раб., мм ² /с;																			
– вязкость контр., мм ² /с;																			
– температура раб., °C																			
– температура контр., °C																			
– тонкость фильтр., мкм																			
– класс чистоты																			
И-20А, Т-22 17...400																			
17...23																			
10...55																			
46...54																			
40 (ном.)																			
14 (ГОСТ 17216), не грубее																			

ТИПАЖ ШЕСТЕРЕННЫХ НАСОСОВ НШ (4 исполнение)

Показатели качества (технические характеристики, параметры)	Габаритно-весовая группа													
	1		2		3		4							
	Типоразмер (модель) насоса													
	НШ-6	НШ-10	НШ-32	НШ-50	НШ-71	НШ-100	НШ-160	НШ-250	НШ-450					
Масса m , кг	2,2	3,2	6,9	7,5	16,5		44,5							
Рабочий объем q , см ³	6,3	10	32	50	71	100	160	250	400					
Частота вращ. n , мин ⁻¹ :														
■ мин.	500			500			500							
■ ном.	2400			1920			1500							
■ мак.	3000			2400			1920							
Подача Q_n , л/мин	13,2	22	71	110	125	176	220	345	560					
Давление p , МПа	20 – ном.;				25 – мак.									
КПД, общий	0,82 ... 0,89			0,85...0,9										
не объемный	0,92...0,94			0,94...0,96										
менее гидромех.	0,89			0,91										
Мощность N_{nom} , кВт	4,7	8,0	35	51	56	80	128	156	250					
Металлоемкость m/N , кг/кВт	0,45	0,4	0,2	0,15	0,3	0,2	0,35	0,3	0,18					
Ресурс T , ч, не менее	10 000													
Рабочая жидкость:														
– марка масла;	M10B, M10Г, M8B, M8Г, МГЕ-46В и др.													
– вязкость раб., $\text{мм}^2/\text{с}$;	15...3000													
– вязкость контр., $\text{мм}^2/\text{с}$;	30...40													
– температура раб., $^{\circ}\text{C}$	-25...+80													
– температура контр., $^{\circ}\text{C}$	45...50													
– тонкость фильтр., $\mu\text{мкм}$	25													
– класс чистоты	13													

ТИПАЖ ПЛАСТИНЧАТЫХ НАСОСОВ Г12-2М, Г12-3М (на 1982 г.)

Показатели качества (технические характеристики, параметры)	Габаритно-весовая группа													
	1		2		3									
	Типоразмер (модель) насоса													
	Г12-31АМ	Г12-31М	Г12-32АМ	Г12-32М	Г12-33АМ	Г12-33М	Г12-24АМ	Г12-24М	Г12-25АМ	Г12-25М				
Масса m , кг	9,5						22		40					
Рабочий объем q , см ³	8	12,5	16	25	32	40	63	80	125	160				
Частота вращ. n , мин ⁻¹	600 – мин.; 960 – ном.; 1450 – мак.						600 – мин.; 960 – ном., мак.							
Подача Q_n , л/мин	5	8	12	18	25	35	50	70	100	140				
Давление p , МПа	6,3 – ном.; 7,0 – мак.													
КПД, общий	0,55	0,6	0,7	0,76	0,8	0,84	0,8	0,82	0,85	0,86				
не объемный	0,73	0,78	0,81	0,85	0,89	0,92	0,89	0,9	0,92	0,93				
менее гидромех.	0,75	0,77	0,86	0,89	0,9	0,91	0,9	0,91	0,92	0,92				
Мощность N_{nom} , кВт	1,1	1,6	1,9	2,8	3,6	4,3	7	9	13,5	18				
Металлоемкость m/N , кг/кВт	8,65	6	5	3,4	2,7	2,2	3,2	2,5	1,6	2,2				
Ресурс T , ч, не менее	7000						3000		2000					
Рабочая жидкость:	ИПП-30, ИПП-38, И-30А, И-40А													
• марка масла;	17...400													
• вязкость раб., $\text{мм}^2/\text{с}$;	27...33													
• вязкость контр., $\text{мм}^2/\text{с}$;	10...55													
• температура раб., $^{\circ}\text{C}$	46...54													
• температура контр., $^{\circ}\text{C}$	40													
• тонкость фильтр., $\mu\text{мкм}$	14 (ГОСТ 17216) не грубее													
• класс чистоты														

Приложение 4

ТИПАЖ АКСИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНЫХ НАСОСОВ СЕРИИ 210

Показатели качества (технические характеристики, параметры)	Типоразмер (марка, модель) насоса				
	210.12	210.16	210.20	210.25	210.32
Масса m , кг	4,4	9	17,5	40	85
Рабочий объем q , см ³	11,6	28,1	54,8	107	225
Частота вращ. n , мин ⁻¹					
ном. при самовсасывании;	2400	1920	1500	1200	960
мак. при самовсасывании;	4400	3500	2850	2200	1750
мак. при избыточном давлении на входе (режим мотора)	6000	4000	3150	2500	2000
Подача Q_h , л/мин	26,5	52	79	125	210
Давление p , МПа	16 – ном.;		32 – мак.		
КПД, не менее	общий	91		91,5	92
	объемный	95,5	96	96,5	97
	гидромех.	94,8	94,7	94,6	94,5
Мощность N_{nom} , кВт	9,55	18,7	30,8	46	77,5
Металлоемкость m/N , кг/кВт	0,46	0,47	0,52	0,87	1,1
Ресурс T , ч	8000				
Рабочая жидкость:	МГ-30, И-30А, ВМГ3, АМГ-10				
• марка масла;					
• вязкость раб. ($n=n_{nom}$), мм ² /с:					
- минимальная при кратковременной работе					
- номинальная					
- максимальная при самовсасывании					
• вязкость при самовсасывании на режиме пуска ($n=600\ldots 700$ мин ⁻¹), мм ² /с					
• температура раб., °С					
• температура контр., °С					
• тонкость фильтр., мкм					
• класс чистоты					
	8 16...25				
	600	700	900	1000	1000
	8000	7000	6000	4000	3000
	-40...+70 50 25 12 (ГОСТ 17216) не грубее				

Приложение 5

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСОВ ТРАКТОРНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ

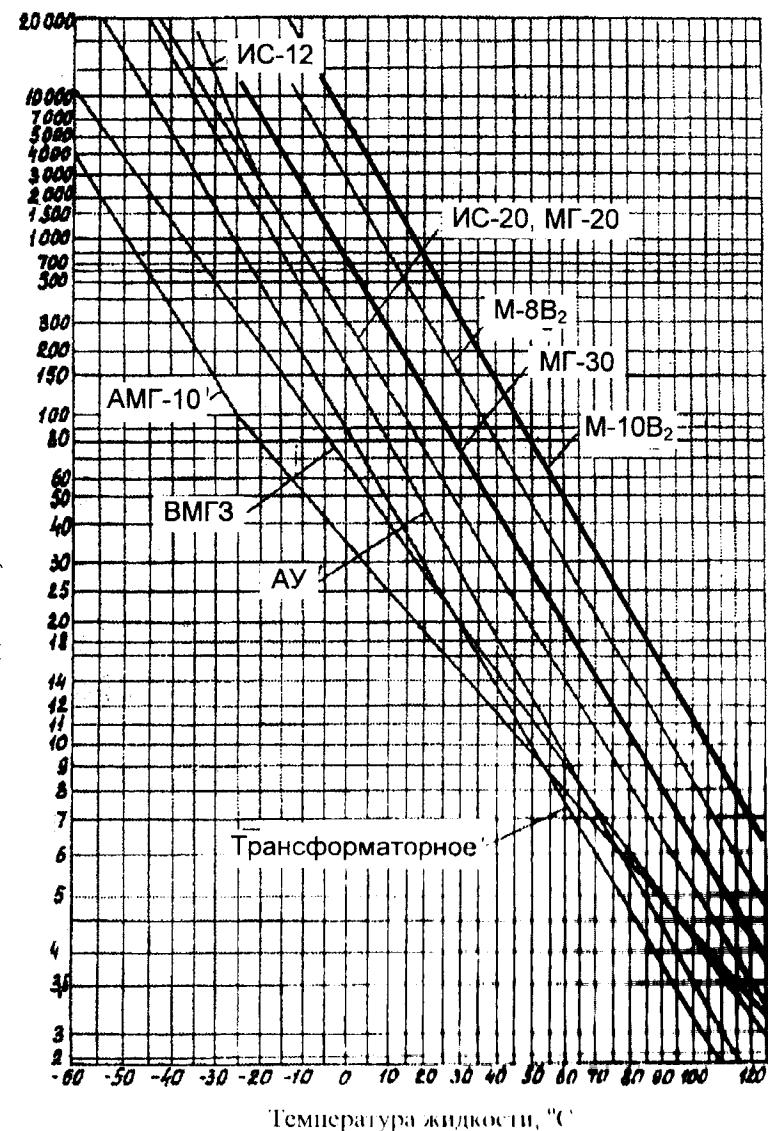
Показатели	Марки насосов	Рабочий объем насоса, см ³					Давление на выходе, МПа:					Давление на входе в насос, МПа:					Частота вращ.. об./мин							
		HIU-6-III	HIU-10-E-3	HIU-32-V2	HIU-32-2	HIU-50-Y-2	HIU-50-2	HIU-67-3	HIU-100-2	HIU-100-3	HIU-160-2	HIU-160-3	HIU-250-2	HIU-250-3	960	1920	2400	960	1920	2400	960	1500	2000	
Рабочий объем насоса, см ³	6,3	10	31,7	31,5	49,1	48,8	69	98,8	162,5	244,8														
Давление на выходе, МПа:																								
номинальное:	2,5	16	14	16	14	14	16	14	16	14	16	14	16	14	16	14	16	14	16	14	16	14	16	
максимальное:	4,0	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	20	17,5	
Давление на входе в насос, МПа:																								
минимальное:	0,074	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	
максимальное:	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	
Частота вращ.. об./мин	700	960	960	960	1920	1920	1920	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
Подача ном., л/мин	11,3	10	17,7	56	55,6	86,2	96,2	139,3	299,2	345,2														
потребляемая мощность, кВт	0,67	2,6	5,5	16	15,3	25,7	24,8	27,2	24,9	28,4	37,5	42,8	63	72	92,5	106								
КПД насоса (не менее):	0,83	0,85	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	
Коэф. подачи (не менее):																								
Масса (без присоед. арматуры), кг	2,2	2,3	2,5	5,6	6,8	6,87	6,3	7,4	7,47	17,4	17,5	17,6	44,3	45,3										

**СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЧИСЛАМИ ТВЕРДОСТИ
HRC, HRA, HB, HV**

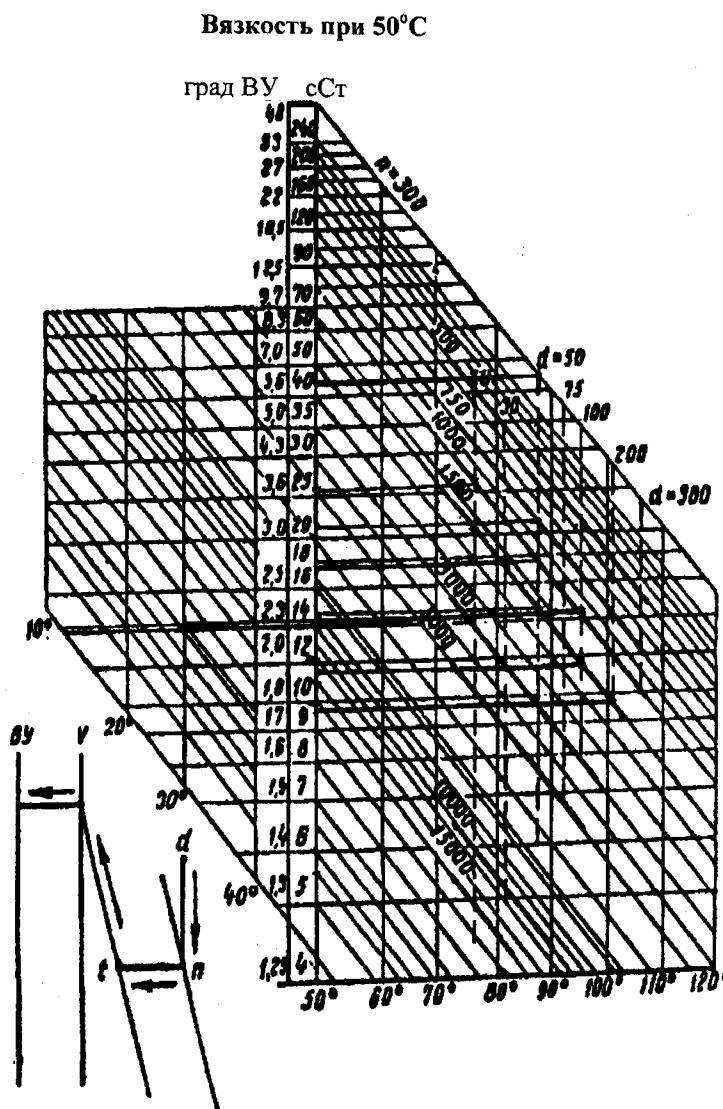
По Роквеллу		По Бринеллю				По Роквеллу		По Бринеллю				По Виккерсу HV			
HRC	HRA	Диаметр отпечатка d_{10} ($2d_5$, $4d_{2,5}$), мм	HB при нагрузке P, кгс	3000 ($30 D^2$)	1000 ($10 D^2$)	250 ($2,5 D^2$)	По Виккерсу HV	HRC	HRA	Диаметр отпечатка d_{10} ($2d_5$, $4d_{2,5}$), мм	HB при нагрузке P, кгс	3000 ($30 D^2$)	1000 ($10 D^2$)	250 ($2,5 D^2$)	По Виккерсу HV
72	89,0	2,20	782	261	65,0	1220	51	76,5	2,75	495	166	41,3	528		
70	86,5	-	-	-	-	1076	50	76,0	-	-	-	-	513		
69	86,0	2,25	744	248	62,0	1004	49	75,5	2,80	477	159	39,7	498		
68	85,5	-	-	--	-	942	48	74,5	2,85	460	153	38,3	485		
67	85,0	2,30	713	238	59,4	894	47	74,0	2,89	448	149	37,3	471		
66	84,5	-	-	-	-	854	46	73,5	2,92	437	146	36,4	458		
65	84,0	2,35	683	227	56,9	820	45	73,0	2,96	426	142	35,5	446		
64	83,5	-	-	-	-	789	44	72,5	3,00	415	138	34,6	435		
63	83,0	2,40	652	218	54,3	763	42	71,5	3,08	393	131	32,7	413		
62	82,5	-	-	-	-	739	40	70,5	3,16	372	124	31,0	393		
61	81,5	2,45	627	210	52,2	715	38		3,25	352	117	29,3	373		
60	81,0	-	-	-	-	695	36		3,34	332	111	27,7	353		
59	80,5	2,50	600	200	50,0	675	34		3,44	313	104	26,1	334		
58	80,0	2,55	578	193	48,8	655	32		3,53	297	98,9	24,6	317		
57	79,5	-	-	-	-	636	30		3,61	283	94,4	23,6	301		
56	79,0	2,60	555	185	46,2	617	28		3,69	270	90,2	22,5	285		
55	78,5	-	-	-	-	598	26		3,76	260	86,8	21,7	271		
54	78,0	2,65	532	178	44,0	580	24		3,83	250	83,5	20,9	257		
53	77,5	-	-	-	-	562	22		3,91	240	80,0	20,0	246		
52	77,0	2,70	512	171	42,7	545	20		3,99	230	76,7	19,2	236		

Примечание. Обозначения диаметра отпечатка $2d_5$ и $4d_{2,5}$ указывают, что для отыскания по таблице числа твердости при испытании шариком диаметром 5 мм диаметр отпечатка нужно умножить на 2, а при испытании шариком диаметром 2,5 мм – умножить на 4. Например, для отпечатка диаметром 1,3 мм, полученного при испытании шариком диаметром 5мм под нагрузкой $30 D^2$, число твердости следует искать в таблице для отпечатка $2 \cdot 1,3 = 2,6$ мм, т.е. оно равно 555.

**ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ОТ
ТЕМПЕРАТУРЫ**



НОМОГРАММА ДЛЯ ВЫБОРА ВЯЗКОСТИ МАСЛА



Валерий Иванович Барышев,
Александр Викторович Подзерко

ОБЪЕМНЫЕ ГИДРОМАШИНЫ И ГИДРОПРИВОДЫ

Учебное пособие к практическим занятиям

Техн. редактор А.В. Миних
Издательство Южно-Уральского государственного университета

ИД № 00200 от 28.09.1999. Подписано в печати 19.11.2002. Формат 60×84 1/16. Печать
трафаретная. Усл.печл. 3,25. Уч.-издл. 3,16. Тираж 100 экз. Типп. 252/139. Цена 7

Группа МЭНП Издательства: 45-1080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76