

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и
тепловые процессы»

ИЗУЧЕНИЕ НА МОДЕЛИ
УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ
НЕРЕГУЛИРУЕМОГО АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО ГИДРОМОТОРА

Методические указания
к лабораторной работе № 3 - ОГМ



РОСТОВ НА ДОНУ
2021

Составитель: канд. техн. наук Р.А. Фридрих, М.С. Полешкин

Изучение на модели устройства и принципа действия нерегулируемого аксиально-поршневого гидромотора: Метод. указания к лабораторной работе №3-ОГМ, Кафедра «Гидравлика, ГПА и ТП» ДГТУ, Ростов н/Д, 2021.

Данные методические указания используются при выполнении лабораторных работ по дисциплинам «Объёмные гидромашины и гидропередачи»; «Инновационные методы проектирования объёмных гидромашин и гидропередач», и предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения.

© Кафедра «Гидравлика, ГПА и ТП» ДГТУ, 2021

Цель работы: на основе макета нерегулируемого аксиально-поршневого гидромотора ознакомиться с конструкциями объёмных гидромашин данного типа, процессом их разборки – сборки; выявить детали и их поверхности, износ которых существенно влияет на технические показатели конструкции; по конструктивным размерам определить рабочий объём и крутящий момент гидромотора.

1. Терминология классификация, принцип действия

В данной работе рассматриваются широко применяемые в станочных гидроприводах *нерегулируемые аксиально-поршневые гидромоторы*, в ряде случаев имеющие существенные преимущества перед электромоторами. Они в среднем в 6 раз меньше по занимаемому объёму и в 4 - 5 раз по массе, приходящейся на единицу мощности. При наибольшей частоте вращения 2500 об/мин наименьшее значение частоты вращения вала гидромотора может составлять 20 - 30 об/мин, а у гидромоторов специального исполнения - до 1 - 4 об/мин и меньше, причем легко осуществимо плавное регулирование во всем диапазоне.

Время разгона и торможения вала гидромотора не превышает обычно нескольких сотых долей секунды, возможны режимы частых включений и выключений, реверсов, изменения частоты вращения. Крутящий момент гидромотора легко регулируется изменением перепада давлений в его камерах. При подходе рабочего органа к упору вращение гидромотора останавливается, а развиваемый им крутящий момент остается неизменным. Закон разгона и торможения приводимого гидромотором рабочего органа может легко изменяться в зависимости от профиля кулачка, установленного на рабочем органе и воздействующего на дроссель регулирования частоты вращения гидромотора

Аксиально-поршневой гидромотор (АПГМ) – объёмная (гидростатическая) гидромашина, в которой преобразование гидравлической энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию вращения вала происходит в результате взаимодействия рабочих органов в виде поршней (плунжеров) внутри подвижных рабочих камер (перемещающихся вокруг некоторой оси замкнутых изменяемых объёмов, образованных поверхностями цилиндров и поршней) при попеременном

соединении этих камер (через распределительное устройство) с линией нагнетания и слива. При этом *направление перемещения поршней параллельно* или составляет угол не более 45° с *осью вращения рабочих камер*.

Аксиально-поршневые гидромоторы подразделяют на АПГМ с *наклонным блоком* (рис 1, а) и АПГМ с *наклонным диском* (рис 1, б).

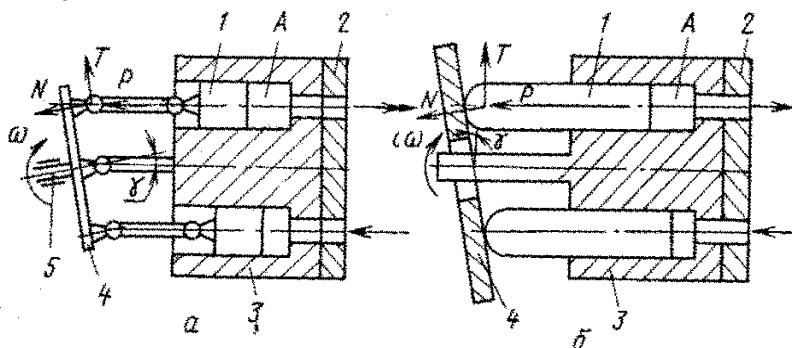


Рис. 1. Принципиальная схема аксиально-поршневой гидромашины: а - с наклонным блоком цилиндров; б - с наклонным диском; А - напорная рабочая камера; Р - осевое усилие от давления p_1 , рабочей жидкости, N , T соответственно нормальное и тангенциальное усилие от P ; ω - частота вращения; γ - угол наклона оси блока цилиндров (а) или оси диска (б) к оси вращения выходного вала; 1 - поршень; 2 - распределительный золотник; 3 - блок цилиндров (ротор); 4 - элемент (фланец, диск); 5 - вал

При подаче жидкости через окна неподвижного распределителя 2 в цилиндры блока 3 под действием давления жидкости плунжеры 1, совершая возвратно-поступательное движение, будут действовать на диск 4. При этом в точке касания и на блоке цилиндров 3 возникнут тангенциальные силы, а следовательно, и на выходном валу 5 появится крутящий момент, т.е. АПГМ будет работать в режиме мотора.

Распределение рабочей жидкости в АПГМ осуществляется преимущественно *плоским золотником* (рис. 2). На рис. 2, а показаны торец 1 блока цилиндров с окнами 2 цилиндров и на рис. 2, б - торец 5 распределителя (плоского золотника) с двумя полукольцевыми пазами 3, один из которых соединен с линией p_1 , а другой - с линией p_2 .

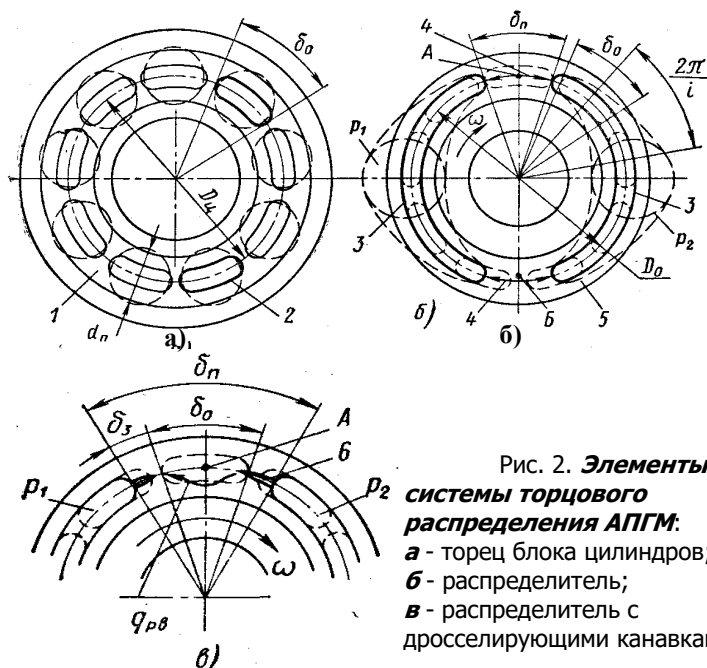


Рис. 2. **Элементы системы торцового распределения АПГМ:**
а - торец блока цилиндров;
б - распределитель;
в - распределитель с дросселирующими канавками

Пазы 3 разделены перемычками 4. При вращении блока окна 2 цилиндров (на рис. 2, б окна наложены штриховой линией на полости 3 и перемычки 4) перемещаются над полостями 3 распределителя и соединяются попеременно с обеими линиями. Проходу над перемычками соответствуют мертвые точки А и Б, в которых скорость поршня равна нулю, так как он изменяет направление движения.

2. Условные обозначения

В гидравлических схемах приводов различных машин и механизмов гидромоторы могут изображаться либо в условном (символическом, рис. 3, а...л), либо в полуконструктивном (рис. 3, м...т) обозначении. Достоинством условных обозначений гидромоторов является их универсальность, а также простота исполнения (вычерчивание).

Полуконструктивные обозначения применяют, если необходимо отразить принцип действия гидромотора. Полуконструктивное изображение обеспечивает удобство чтения, и наглядность гидравлической схемы привода с точки зрения

понимания конструктивной схемы гидромотора и его взаимодействия с входящими в гидросхему узлами

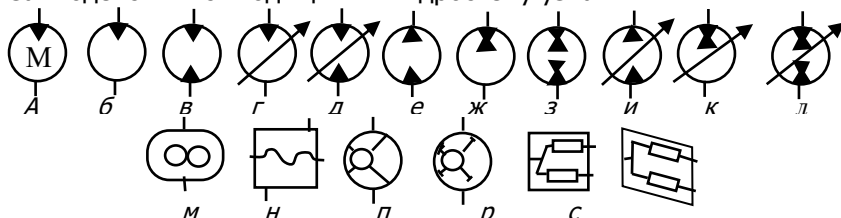


Рис 3. **Графическое изображение гидромоторов:** **а** - общее обозначение; **б** - нерегулируемый с постоянным направлением потока; **в** - нерегулируемый с реверсивным потоком; **г** - регулируемый с постоянным направлением потока; **д** - регулируемый с реверсивным потоком; **е** - насос-мотор нерегулируемый при одном и том же направлении потока; **ж** - насос-мотор нерегулируемый при различных направлениях потока; **з** - насос-мотор нерегулируемый при любом направлении потока; **и** - насос-мотор регулируемый при одном и том же направлении потока; **к** - насос-мотор регулируемый при различных направлениях потока; **л** - насос-мотор реверсивный регулируемый при различных направлениях потока; **м** - шестеренный; **н** - винтовой; **п** - пластинчатый; **р** - радиально-поршневой; **с** - аксиально-поршневой с наклонным диском; **т** - аксиально-поршневой с наклонным блоком.

3 Объект изучения

3.1 Гидромоторы аксиально-поршневые типа Г15-2...Р по ТУ2-053-1771 - 86 (см. рис. 4, а; *макет*) состоят из следующих основных деталей и узлов: ротора 10 с семью поршнями 17, барабана 7 с толкателями 19, радиально-упорного подшипника 6, вала 1, опирающегося на подшипники 5 и 16, опорно-распределительного диска 13, корпусов 4 и 9, фланца 3 с манжетой 2, пружин 11 и торцевой шпонки 8.

Масло подводится к гидромотору и отводится от него через два отверстия 15, расположенные в диске 13, причем каждое из отверстий связано с соответствующим полукольцевым пазом 14, которые выполнены на рабочей поверхности диска 13. Утечки из корпуса отводятся через дренажное отверстие 12. На торце ротора, взаимодействующего с диском 13, выполнены отверстия, выходящие в каждую из рабочих камер. При вращении ротора указанные отверстия соединяются с одним из пазов 14.

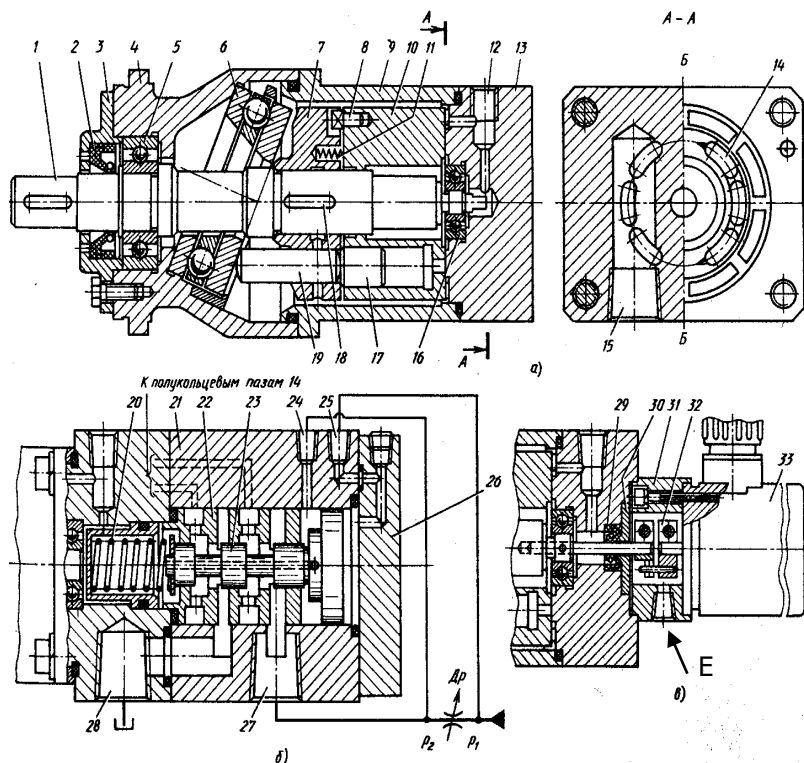


Рис. 4 **Гидромотор аксиально-поршневого типа: а** - тип Г15-2...Г; **б** - вариант комплектования регулятором (тип Г15-2...М); **в** - вариант комплектования фотоэлектрическим преобразователем (тип Г15-4...); 1 - вал; 2 - манжета; 3 - фланец; 4 - передняя крышка корпуса; 5 - передний подшипник вала; 6 - радиально-упорный подшипник, 7 - барабан; 8 - торцовая шпонка ротора; 9 - корпус; 10 - ротор; 11 - пружина; 12 - дренажное отверстие; 13 - опорно-распределительный диск; 14 - полукольцевой паз; 15 - распределительное отверстие в диске; 16 - задний подшипник вала; 17 - поршень; 18 - шпонка барабана; 19 - толкатель; 20 - пружина; 21 - корпс регулятора; 22 - гильза; 23 - золотник; 24 - отверстие канала управления (за дросселем); 25 - отверстие канала управления (перед дросселем); 26 - крышка; 27 - отверстие подвода рабочей жидкости; 28 - отверстие отвода рабочей жидкости; 29 - манжета; 30 - каркас манжеты, 31 - фланец; 32 - муфта; 33 - фотоэлектрический преобразователь.

Направление вращения зависит от того, какое из отверстий 15 соединено с напорной линией.

При работе гидромотора *левого вращения* масло из напорной линии через отверстие 15 (см. рис. 4.а) и один из пазов 14 (не показан) поступает в рабочие камеры, расположенные по правую сторону от оси Б-Б. Развиваемое поршнями осевое усилие через толкатели 19 передается на подшипник 6. Поскольку последний расположен наклонно, на толкателях возникают тангенциальные силы, заставляющие поворачиваться барабан 7, а вместе с ним вал 1 и ротор 10, связанные с барабаном шпонками 18 и 8 против часовой стрелки, если смотреть со стороны вала (левое вращение).

Одновременно поршни, расположенные по левую сторону от оси Б-Б, вдвигаются в ротор, вытесняя масло из соответствующих рабочих камер через полукольцевой паз и другое отверстие 15 (не показано) в сливную линию, в которой должен быть подпор для поджима толкателей к радиально-упорному подшипнику.

Ротор 10 прижимается к диску 13 пружинами 11 и давлением масла, действующим на дно рабочих камер. Конструкция ходовой части гидромотора обеспечивает возможность самоустановки ротора относительно опорно-распределительного диска, что позволяет частично компенсировать износ трущихся поверхностей и деформацию деталей под нагрузкой, а также снизить требования к точности изготовления.

3.2 Гидромоторы типа Г15-2...М по ТУ2-053 1480 - 80 дополнительно комплектуются регулятором, содержащим гильзу 22 (см. рис. 4,б), корпус 21, золотник 23, пружину 20 и крышку 26.

Масло подводится к гидромотору через отверстия 27 и 28, а отверстия 24 и 25 соединяются с выходом и входом дросселя *Др*, установленного вне гидромотора и регулирующего частоту его вращения.

Золотник 23 неподвижен, когда выполняется условие $(p_1 - p_2)S_3 = F$ (S_3 - площадь торцевой поверхности золотника; p_1 и p_2 - давления на входе и выходе из *Др*; F - усилие пружины 20). Если перепад давлений на *Др* возрастает, золотник 23 смещается влево и дополнительно дросселирует потоки масла на входе и выходе из гидромотора; если перепад сокращается, соответственно уменьшается дросселирование потоков масла. Таким образом, регулятор автоматически поддерживает постоянным перепад давлений на дросселе, а следовательно, и расход масла, поступающего в гидромотор, обеспечивая малую зависимость

частоты вращения от нагрузки. Размещение регулятора непосредственно в корпусе гидромотора и одновременное дросселирование потоков масла на входе и выходе позволяет снизить наименьшую устойчивую частоту вращения.

3.3 Гидромоторы типа Г15-4 по ТУ2.024- 0224533-024 - 89 (см. рис. 4, в) дополнительно содержат фотоэлектрический преобразователь 33 типа BE178A5 с количеством импульсов на один оборот вала, равным 1000 или 2500, который через муфту 32 связан с валом 1 (см. рис. 4, а). Поскольку попадание масла в преобразователь 33 недопустимо (вызывает потерю информации), манжета 29 усилена каркасом 30, а внутренняя полость фланца 31 через отверстие Е должна соединяться с баком с помощью прозрачного трубопровода с постоянным уклоном в сторону бака. Время реверса t гидромотора зависит от перепада давлений Δp , частоты вращения n приведенной к валу гидромотора, момента инерции $J_{пр}$ и нагрузки.

4. Расчет рабочих параметров

4.1 В общем случае *рабочий объем* q АПГМ с наклонным диском может быть найден из зависимости:

$$q = q_n z m \quad (1.1)$$

где q_n рабочий объем одной камеры, определяемый по формуле, м^3 :

$$q_n = S_n \cdot h_n = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot D \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (1.2)$$

где S_n , d_n – соответственно площадь и диаметр одного поршня, м^2 ,

h_n – рабочий ход поршня, м ,

D – диаметр окружности, на которой расположены оси плунжеров

(толкателей), м ,

γ – угол наклона оси диска к оси вращения выходного вала (ротора); $^\circ$ (градус),

z – число рабочих камер;

m – количество рабочих ходов за один оборот вала.

4.2 Частота вращения гидромотора n , об/с зависит от рабочего объема q , м^3 , и определяется количеством проходящего через него масла, то есть расходом Q , $\text{м}^3/\text{с}$. С учётом объёмного КПД η_o :

$$n = \frac{Q}{q} \eta_o \quad (1.3)$$

4.3 По диаметру выходного вала гидромотора можно *предварительно* оценить *крутящий момент* M , для передачи которого он спроектирован.

Диаметр вала d , m , изготавливаемого из *среднеуглеродистой стали* ($\sigma_b=500...800$ МПа) в случае действия *переменной нагрузки* и *малых изгибающих моментов* приближенно определяют по формуле /4/:

$$d = 0.003 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 0.003 \sqrt[3]{\frac{M\omega}{n}} = 0.003 \sqrt[3]{2\pi M} \quad (1.4)$$

где N – передаваемая мощность, Вт,

n – частота вращения вала, об/с;

M – передаваемый крутящий момент, Н•м,

ω – угловая скорость, с⁻¹.

4.4 Полный КПД η гидромотора определяется по соотношению выходной мощности $N_{пол}$ (на валу гидромотора) и мощности затраченной $N_{затр}$ (подведенной ко входу гидромотора) из зависимости:

$$\eta = \frac{N_{пол}}{N_{затр}} = \frac{M\omega}{\Delta p Q} \quad (1.5)$$

где Δp – перепад давления рабочей жидкости между входом и выходом гидромотора, Па.

5. Порядок проведения лабораторной работы

1. С помощью макета и имеющейся литературы изучить конструкцию рассматриваемого *нерегулируемого аксиально-поршневого гидромотора* и классифицировать его.

2. Изобразить кинематическую и принципиальную схему гидромотора, описать принцип его действия и выполнить эскиз отдельного элемента (по указанию преподавателя).

3. Составить технологическую карту процессов сборки и разборки гидромотора.

4. Изложить выводы о степени износа рабочих поверхностей гидромотора.

5. Выполнить необходимые измерения и заполнить таблицу 1.1.

Таблица 1. 1

Исходные данные к расчёту

<i>Измеряемые величины</i>		<i>значения</i>
диаметр	плунжера, <i>м</i>	
	окружности расположения поршней, <i>м</i>	
	выходного вала, <i>м</i>	
угол наклона оси диска, <i>м</i>		
Количество плунжеров (поршней)		

6. Сопоставить результаты измерений гидромотора с данными, приведёнными в Приложении А, Приложении Б и определить модель.

7. Расчётным путём определить рабочий объем q гидромотора, возможный крутящий момент, а также по рабочему объёму и передаваемому крутящему моменту - возможные потери давления в гидромоторе (механический КПД принять $\eta_m \approx 0,85$).

8. Полученные результаты занести в таблицу 1. 2:

Таблица 1. 2

Результаты вычислений

<i>Рабочие параметры</i>		<i>значения</i>
рабочий объем q , <i>м³</i>		
частота вращения, <i>об/мин</i>	при $Q=10$ л/мин	
	при $Q=12$ л/мин	
крутящий момент M_{max} , <i>Н м</i>		
перепад давления на АПГМ, Δp , <i>МПа</i>		

б. Контрольные вопросы

1. Область применения гидромоторов.
2. Принцип действия и особенности рабочего процесса гидромоторов.
3. Обратимость, реверсируемость, регулируемость АПГМ.
4. Конструктивные особенности рассматриваемого гидромотора: подробная классификация.
5. Тип распределительного узла и его конструктивные особенности.
6. Условные обозначения объемных гидромашин.
7. Основные рабочие параметры объемных гидромашин и их расчёт.
8. Износ элементов гидромотора: причины и степень влияния на рабочие параметры.

Рекомендуемая литература

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – 5 - е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978.
1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика /Т.М. Башта. // Справочное пособие. 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Машиностроение, 1971. - 672 с.
2. Ермаков В.В. Гидравлический привод металлорежущих станков / В.В. Ермаков. -М.: Машгиз, 1936. 234 с.
3. Ковалевский В.Ф. Справочник по гидроприводам горных машин /В.Ф. Ковалевский, Н.Т Железняков, Ю.Е. Бейлин. -М.: Недра, 1973. - 504 с.
4. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справочник / В.К. Свешников, А.А. Усов. - М.: Машиностроение, 1982.- 464 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

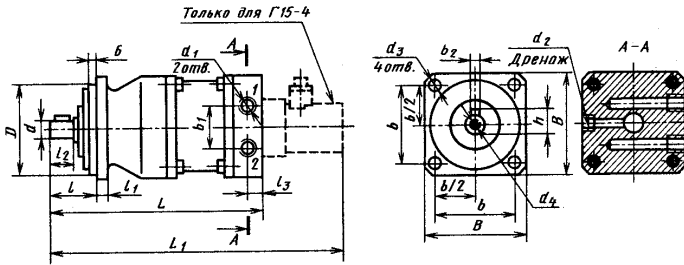
Основные параметры гидромоторов типа Г15-2

Параметр	Г15-21Н	Г15-22Н	Г15-22М	Г15-23Н	Г15-23М	Г15-24Н	Г15-24М	Г15-25Н
Рабочий объем, см ³	11,2	20		40		80		160
Номинальный расход масла, л/мин	10,8	19,2		38,4		76,8		154
Давление на входе, МПа:								
номинальное				6,3				
максимальное				12,5				
минимальное	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	
Давление на выходе, МПа:								
максимальное (при отсутст- вии нагрузки)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
минимальное	0,08	0	0,08	0	0,1	0	0,15	
Частота вращения, об/мин:								
номинальная	960	960	960	960	960	960	960	960
максимальная	2400	2100	2100	1800	1800	1500	1500	1300
минимальная при номиналь- ном моменте	40	30	40	20	30	20	20	20
минимальная при перепаде давлений 2,5 МПа	16	8	—	4	—	2	—	1
минимальная при крутящем моменте не более 0,7 М _{ном}	—	—	4	—	2	—	1	—
Крутящий момент, Н·м, не менее:								
номинальный (М _{ном})	9,4	16,7	14,7	33,3	29,4	66,7	58,8	133
при перепаде давлений 2,5 МПа и минимальной час- тоте вращения (4; 2 и 1 об/мин)	—	—	4	—	8	—	16	—
Эффективная мощность номи- нальная, кВт, не менее *	0,96	1,7	1,5	3,4	3,0	6,8	6,0	13,6
КПД полный, не менее (рис. 3.7)	0,87		0,8	0,87	0,8	0,87	0,8	0,87
Момент инерции вращающихся масс, кг·м ² ·10 ⁻³	0,39	1,08		3,43		7,35		24,5

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Габаритные и присоединительные размеры гидромоторов типа Г15.....

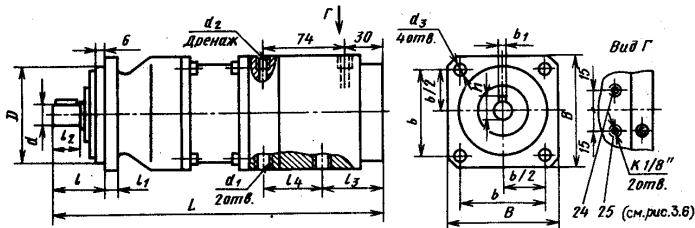
Гидромоторы типов Г15-2...Р и Г15-4



Типоразмер	D (h6)	d (h6)	d ₁	d ₂	d ₃	L	L ₁	l	l ₁	l ₂	l ₃	B	b	b ₁	b ₂ (h9)	h
Г15-21Р	70	14	K3/8"	K1/8"	7	168	—	37		20	10	80	64	39	5	16
Г15-22Р	80	18	K1/2"	K1/4"	9	203	—	45	10	25	13,5	92	72	45	6	20,5
Г15-42							298									
Г15-23Р	100	22	K3/4"		11	244	—	54	14	30	18	110	92	52		24,5
Г15-43							338									
Г15-24Р	120	32	K1"	K3/8"	13	308	—	70	16	42	19	132	108	65	10	35
Г15-44							398									
Г15-25Р	140	42	K1-1/4"			398	—	88	20	58	25,5	162	138	85	12	45

Примечание. При подводе масла в отверстие 1 направление вращения — правое (по часовой стрелке со стороны вала); при подводе в отверстие 2 — левое.

Гидромоторы типов Г15-2...М



Типоразмер	D (h6)	d (h6)	d ₁	d ₂	d ₃	L	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	B	b	b ₁ (h9)	h
Г15-22М	80	18	K1/2"	K1/4"	9	294	45	10	25	41	60	92	72	6	20,5
Г15-23М	100	22	K3/4"		11	328	54	14	30			110	92		24,5
Г15-24М	120	32	K1"	K3/8"	13	389	70	16	42	37	67	132	108	10	35