

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОПРИВОДАХ .....	7
1.1. Структурная схема гидропривода .....	7
1.2. Классификация и принцип работы гидроприводов .....	9
1.3. Преимущества и недостатки гидроприводов .....	13
Контрольные вопросы .....	15
2. ОБЪЕМНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ .....	16
2.1. Гидромашины и их классификация .....	16
2.2. Гидрообъемные насосы и двигатели (моторы) .....	21
2.2.1. Основные сведения об объемный насосах .....	21
2.2.2. Возвратно-поступательные насосы .....	23
2.2.3. Винтовые насосы и гидродвигатели (гидромоторы) .....	29
2.2.4. Классификация роторных насосов .....	32
2.2.5. Шестеренные насосы .....	33
2.2.6. Пластинчатые насосы .....	37
2.2.7. Роторно-поршневые насосы .....	41
2.3. Гидроцилиндры .....	46
2.3.1. Гидроцилиндры прямолинейного действия .....	46
2.3.2. Поворотные гидроцилиндры .....	50
2.4. Механизмы с гибкими разделителями .....	54
Контрольные вопросы .....	56
3. ГИДРОАППАРАТЫ .....	57
3.1. Классификация гидроаппаратов .....	57
3.2. Гидрораспределители .....	59
3.2.1. Общие сведения о гидрораспределителях .....	59
3.2.2. Направляющие гидрораспределители .....	61
3.2.3. Дросселирующие гидрораспределители .....	68
3.2.4. Гидрораспределители с электрическим управлением ..	70
3.3. Гидравлические клапаны .....	74
3.3.1. Регулирующие гидроклапаны .....	74
3.3.2. Направляющие гидроклапаны .....	84
3.3.3. Ограничители расхода рабочей жидкости .....	85
3.3.4. Делители (сумматоры) потока рабочей жидкости .....	86
3.4. Гидродроссели .....	88
Контрольные вопросы .....	92

4. РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ .....	93
4.1. Рабочие жидкости для гидроприводов .....	93
4.2. Гидролинии .....	96
4.3. Вспомогательные устройства .....	102
4.3.1. Гидробаки .....	102
4.3.2. Гидроаккумуляторы .....	104
4.3.3. Гидрокондиционеры .....	105
Контрольные вопросы .....	115
5. ОБЪЕМНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ .....	116
5.1. Общие сведения об объемных гидроприводах .....	116
5.2. Гидроприводы с дроссельным регулированием .....	116
5.3. Гидроприводы с объемным регулированием .....	123
5.4. Гидропривод с объемно-дроссельным регулированием .....	128
5.5. Сравнение способов регулирования гидроприводов .....	129
5.6. Системы синхронизации движения выходных звеньев нескольких гидродвигателей .....	131
5.7. Следящие гидроприводы .....	134
Контрольные вопросы .....	137
6. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ .....	138
6.1. Общие сведения о гидродинамических передачах .....	138
6.2. Устройство и работа гидромукты .....	143
6.3. Устройство и работа гидротрансформатора .....	149
Контрольные вопросы .....	156
7. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ .....	157
7.1. Классификация, преимущества и недостатки пневмопривода .....	157
7.2. Система подготовки сжатого воздуха .....	163
7.3. Пневматические машины .....	173
7.4. Пневматические элементы управления и контроля .....	183
Контрольные вопросы .....	188
8. ГИДРОТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	190
8.1. Гидротормозная система с распределением контуров по осям .....	190
8.2. Гидротормозная система с диагональным разделением контуров .....	195

8.3. Антиблокировочная система тормозов .....	204
Контрольные вопросы.....	211
<b>9. ПНЕВМОТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ</b>	
<b>АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....</b>	<b>212</b>
9.1. Тормозные контуры .....	212
9.2. Конструкция пневмотормозной системы.....	219
Контрольные вопросы.....	241
<b>10. ГИДРОРУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ</b>	
<b>АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....</b>	<b>243</b>
10.1. Общие сведения.....	243
10.2. Гидроусилитель руля комбинированного типа .....	243
10.3. Гидроусилитель руля раздельного типа .....	249
10.4. Рулевое управление автотранспортных средств с остовом в виде сочлененных полурам .....	257
Контрольные вопросы.....	263
<b>11. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ</b>	
<b>АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....</b>	<b>265</b>
11.1. Гидравлические подъемные механизмы с ручным управлением.....	265
11.2. Гидравлические подъемные механизмы с дистанционным управлением .....	279
11.3. Коробки отбора мощности, масляные насосы и запоры бортов кузова .....	284
Контрольные вопросы.....	290
<b>12. ГРУЗОВЫЕ УСТРОЙСТВА И СЪЕМНЫЕ КУЗОВА</b>	
<b>АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....</b>	<b>291</b>
12.1. Грузоподъемные устройства автотранспортных средств .....	291
12.2. Грузовые устройства полуприцепов-контейнеровозов.....	307
12.3. Съёмные кузова автотранспортных средств .....	308
Контрольные вопросы.....	316
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>317</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Гидравлические и пневматические системы являются значимыми элементами современных транспортно-технологических машин и комплексов, включая автотранспортные средства, специализированную и специальную автотракторную технику, подъемно-транспортные машины, дорожно-строительную технику, станки, технологическое оборудование и инструменты.

Рабочие органы транспортно-технологических машин и оборудования имеют гидро- или пневмопривод, который обеспечивает требуемые крутящие моменты, облегчает работу операторов, повышает производительность труда и улучшает эргономику. Надежность и эффективность применения гидро- и пневмомашин, а также технологического оборудования, в значительной степени зависит от совершенствования гидравлических и пневматических приводов, безопасности их эксплуатации, компетентности специалистов по их конструированию и эксплуатации.

*Цель издания* — формирование у студентов набора компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использованию, обеспечению высокой работоспособности и сохранности гидравлических и пневматических систем.

*В процессе изучения учебного материала* по гидравлическим и пневматическим системам транспортно-технологических машин и оборудования студент должен:

- освоить основные конструктивные и эксплуатационные особенности гидравлических и пневматических машин, технологического оборудования и принципы их действия;

- ознакомиться с основными техническими характеристиками гидравлических и пневматических систем транспортно-технологических машин и оборудования.

Представленный в книге материал способствует формированию у студентов, обучающихся по инженерным направлениям подготовки, общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОПРИВОДАХ

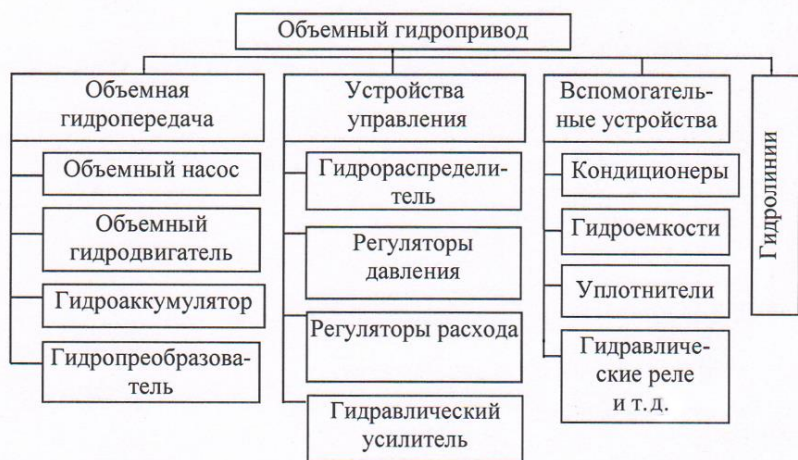
## 1.1. Структурная схема гидропривода

*Гидроприводом* называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением, с одновременным выполнением функций регулирования и реверсирования скорости движения выходного звена гидродвигателя.

Гидроприводы могут быть двух типов: *гидродинамические* и *объемные*.

В *гидродинамических* приводах используется в основном кинетическая энергия потока жидкости.

В *объемных* гидроприводах используется потенциальная энергия давления рабочей жидкости. Объемный гидропривод состоит из гидропередачи, устройств управления, вспомогательных устройств и гидролиний (рис. 1).



**Рис. 1**

Основные элементы объемного гидропривода

**Объемная гидропередача**, являющаяся силовой частью гидропривода, состоит из *объемного насоса* (преобразователя механической энергии приводящего двигателя в энергию потока рабочей жидкости) и *объемного гидродвигателя* (преобразователя энергии

потока рабочей жидкости в механическую энергию выходного звена).

В состав некоторых объемных гидropередач входит *гидроаккумулятор* (гидроемкость, предназначенная для аккумуляирования энергии рабочей жидкости, находящейся под давлением, и последующего ее использования для приведения в работу гидродвигателя). В состав гидropередач могут входить также *гидропреобразователи* — объемные гидромашины для преобразования энергии потока рабочей жидкости с одними значениями давления и расхода в энергию другого потока с другими значениями давления и расхода.

**Устройства управления** предназначены для управления потоком рабочей жидкости или другими устройствами гидропривода. При этом под управлением потоком понимается изменение или поддержание на определенном уровне давления и расхода в гидросистеме, а также изменение направления движения потока рабочей жидкости. К устройствам управления относятся:

- *гидрораспределители*, служащие для изменения направления движения потока рабочей жидкости, обеспечения требуемой последовательности включения в работу гидродвигателей, реверсирования движения их выходных звеньев и т. д.;

- *регуляторы давления* (предохранительные, редуцирующие, переливные и другие клапаны), предназначенные для регулирования давления рабочей жидкости в гидросистеме;

- *регуляторы расхода* (делители и сумматоры потоков, дроссели и регуляторы потока, направляющие клапаны), с помощью которых управляют потоком рабочей жидкости;

- *гидроусилители*, необходимые для управления работой насосов, гидродвигателей или других устройств управления посредством рабочей жидкости с одновременным усилением мощности сигнала управления.

**Вспомогательные устройства** обеспечивают надежную работу всех элементов гидропривода. К ним относятся: *кондиционеры рабочей жидкости* (фильтры, теплообменные аппараты и др.); *уплотнители*, обеспечивающие герметизацию гидросистемы; *гидравлические реле давления*; *гидроемкости* (гидробаки и гидроаккумуляторы рабочей жидкости) и др.

Состав вспомогательных устройств устанавливают исходя из назначения гидропривода и условий, в которых он эксплуатируется.

**Гидролинии** (трубы, рукава высокого давления, каналы и соединения) предназначены для прохождения рабочей жидкости по ним в процессе работы объемного гидропривода. В зависимости от назначения гидролинии, входящие в общую гидросистему, подразделяются на всасывающие, напорные, сливные, дренажные и гидролинии управления.

## 1.2. Классификация и принцип работы гидроприводов

В зависимости от конструкции и типа входящих в состав гидропередачи элементов объемные гидроприводы можно классифицировать по нескольким признакам.

**По характеру движения выходного звена гидродвигателя:**

– гидропривод вращательного движения (рис. 2), когда в качестве гидродвигателя применяется гидромотор, у которого ведомое звено (вал или корпус) совершает неограниченное вращательное движение;

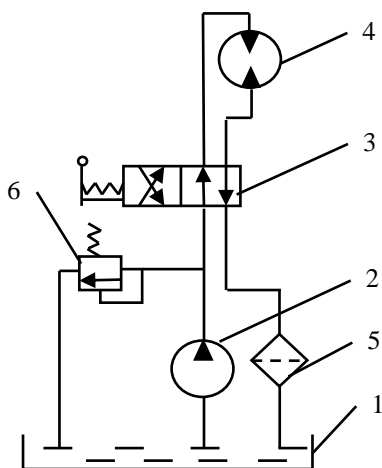


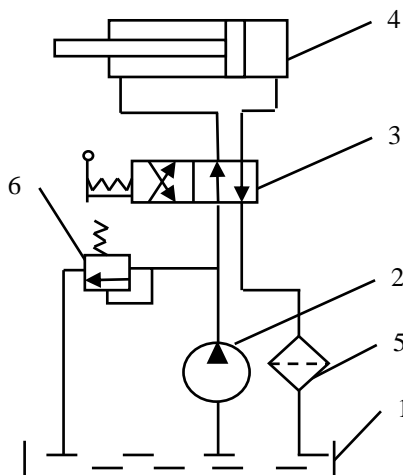
Рис. 2

Схема гидропривода с выходным звеном вращательного движения:

1 — гидробак; 2 — насос; 3 — гидрораспределитель; 4 — гидромотор;  
5 — фильтр; 6 — редукционный клапан.

– *гидропривод поступательного движения* (рис. 3), у которого в качестве гидродвигателя применяется гидроцилиндр — двигатель с возвратно-поступательным движением ведомого звена (штока поршня, плунжера или корпуса);

– *гидропривод поворотного движения* (рис. 4), когда в качестве гидродвигателя применен поворотный гидроцилиндр, у которого ведомое звено (вал или корпус) совершает возвратно-поворотное движение на угол, меньший  $360^\circ$ .



**Рис. 3**

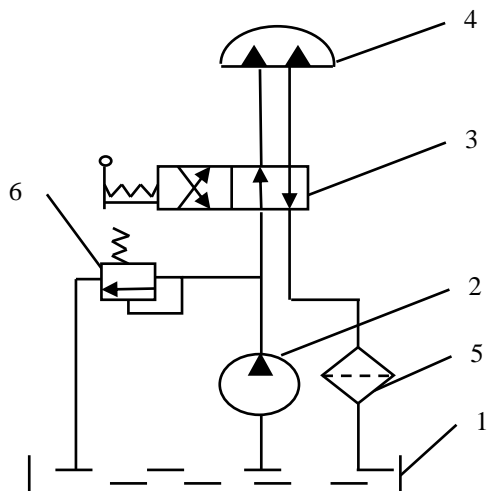
Схема гидропривода с выходным звеном  
возвратно-поступательного движения:

1 — гидробак; 2 — насос; 3 — гидрораспределитель;  
4 — гидроцилиндр; 5 — фильтр; 6 — редукционный клапан.

### ***По возможности регулирования:***

– *регулируемый гидропривод*, в котором в процессе его эксплуатации скорость выходного звена гидродвигателя можно изменять по требуемому закону. В свою очередь регулирование может быть *дроссельным* (рис. 5а), *объемным* (рис. 5б), *объемно-дроссельным* — регулирование изменением частоты вращения вала двигателя, приводящего в работу насос. Регулирование может быть *ручным* или *автоматическим*. Регулируемый гидропривод может быть также *стабилизированным*, *программным* или *следящим*;

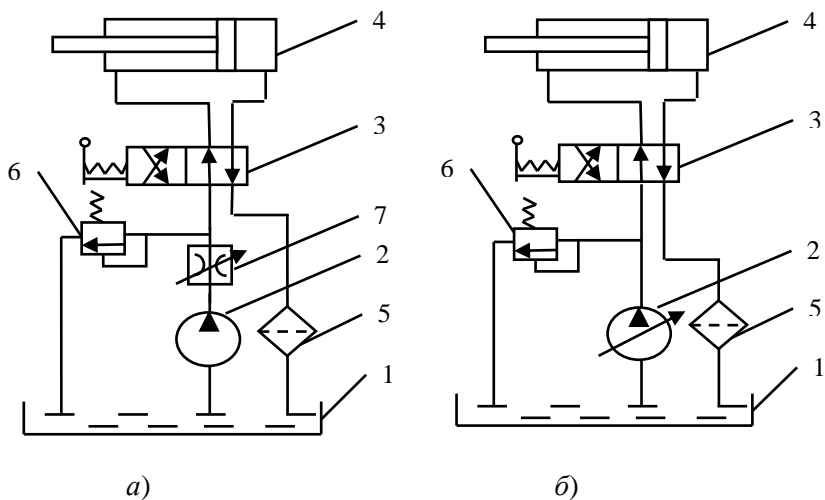




**Рис. 4**

Схема гидропривода с выходным звеном поворотного движения:

1 — гидробак; 2 — насос; 3 — гидрораспределитель; 4 — поворотный гидроцилиндр; 5 — фильтр; 6 — редукционный клапан.



**Рис. 5**

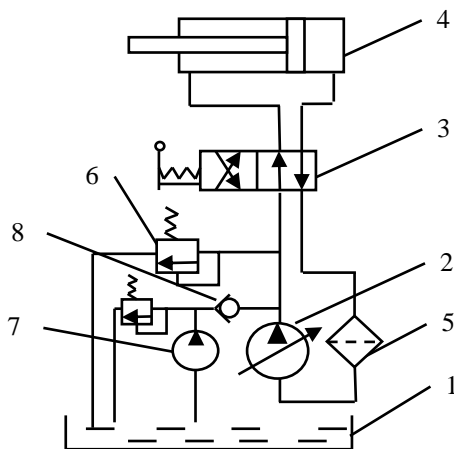
Схемы гидроприводов с дроссельным (а) и объемным (б) регулированием:

1 — гидробак; 2 — насос; 3 — гидрораспределитель; 4 — поворотный гидроцилиндр; 5 — фильтр; 6 — редукционный клапан; 7 — дроссель.

– *нерегулируемый гидропривод*, у которого в процессе эксплуатации нельзя изменять скорость движения выходного звена гидропривода.

***По схеме циркуляции рабочей жидкости:***

– *гидропривод с замкнутой схемой циркуляции* (рис. 6), в котором рабочая жидкость от гидродвигателя возвращается во всасывающую гидролинию насоса. Такой гидропривод компактен, имеет небольшую массу и допускает большую частоту вращения ротора насоса без опасности возникновения кавитации, поскольку в такой системе во всасывающей линии давление всегда превышает атмосферное. К недостаткам следует отнести плохие условия для охлаждения рабочей жидкости, а также необходимость сливать из гидросистемы рабочую жидкость при замене или ремонте гидроаппаратуры;



**Рис. 6**

Схема гидропривода с замкнутой системой циркуляции:

- 1 — гидробак; 2 — насос; 3 — гидрораспределитель;  
4 — гидроцилиндр; 5 — фильтр; 6 — редукционный клапан;  
7 — подпитывающий насос; 8 — обратный клапан.

– *гидропривод с разомкнутой системой циркуляции* (см. рис. 5), в котором рабочая жидкость постоянно сообщается с гидробаком или атмосферой. Достоинства такой схемы — хорошие условия для охлаждения и очистки рабочей жидкости. Однако та-

кие гидроприводы громоздки и имеют большую массу, а частота вращения ротора насоса ограничивается допускаемыми (из условий бескавитационной работы насоса) скоростями движения рабочей жидкости во всасывающем трубопроводе.

***По источнику подачи рабочей жидкости:***

– *насосные гидроприводы*, в которых рабочая жидкость подается в гидродвигатели насосами, входящими в состав этих гидроприводов;

– *аккумуляторные гидроприводы*, в которых рабочая жидкость подается в гидродвигатели из гидроаккумуляторов, предварительно заряженных от внешних источников, не входящих в состав данных гидроприводов;

– *магистральные гидроприводы*, в которых рабочая жидкость подается к гидродвигателям от специальной магистрали, не входящей в состав этих приводов.

***По типу приводящего двигателя:*** с приводом от электродвигателя, с приводом от двигателя внутреннего сгорания или газотурбинного двигателя и т. п.

### **1.3. Преимущества и недостатки гидроприводов**

Широкое распространение гидропривода объясняется тем, что он обладает рядом преимуществ перед другими видами приводов машин. Характерны следующие основные преимущества гидропривода:

1) *бесступенчатое регулирование скорости* движения выходного звена гидropередачи и обеспечение малых устойчивых скоростей. Минимальная угловая скорость вращения вала гидромотора может составлять 2...3 об/мин;

2) *небольшие габариты и масса* позволяют сократить время разгона благодаря меньшему моменту инерции вращающихся частей до нескольких долей секунды;

3) *частое реверсирование движения выходного звена гидropередачи*. Например, частота реверсирования вала гидромотора может быть доведена до 500, а штока поршня гидроцилиндра даже до 1000 реверсов в минуту. В этом отношении гидропривод уступает лишь пневматическим инструментам, у которых число реверсов может достигать 1500 в минуту;

4) *большое быстродействие и наибольшая механическая и скоростная жесткость.* Механическая жесткость — величина относительного позиционного изменения положения выходного звена под воздействием изменяющейся внешней нагрузки. Скоростная жесткость — относительное изменение скорости выходного звена при изменении приложенной к нему нагрузки;

5) *автоматическая защита* гидросистем от вредного воздействия перегрузок благодаря наличию предохранительных клапанов;

6) *хорошие условия смазки* трущихся деталей и элементов гидроаппаратов, что обеспечивает их надежность. Так, например, при правильной эксплуатации насосов и гидромоторов срок их службы составляет 5...10 тыс. часов работы под нагрузкой. Гидроаппаратура может не ремонтироваться в течение 10...15 лет;

7) *простота преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное и возвратно-поворотное* без применения каких-либо механических передач, подверженных износу;

8) *простота автоматизации* работы гидрофицированных механизмов, возможность автоматического изменения их режимов работы по заданной программе;

9) *возможность свободной компоновки агрегатов гидропривода.*

К недостаткам гидропривода можно отнести:

1) *изменение вязкости применяемых рабочих жидкостей от температуры*, что приводит к изменению рабочих характеристик гидропривода и создает дополнительные трудности при эксплуатации гидроприводов (особенно при отрицательных температурах);

2) *возможные утечки рабочей жидкости из гидросистем*, которые снижают КПД привода, вызывают неравномерность движения выходного звена гидропередачи, затрудняют достижение устойчивой скорости движения рабочего органа при малых скоростях;

3) *необходимость изготовления многих элементов гидропривода по высокому классу точности* для достижения малых зазоров между подвижными и неподвижными деталями, что усложняет конструкцию и повышает стоимость их изготовления;

4) *взрыво- и огнеопасность* применяемых минеральных рабочих жидкостей;

5) невозможность передачи энергии на большие расстояния из-за больших потерь на преодоление гидравлических сопротивлений и резкое снижение при этом КПД гидросистемы.

Однако некоторые из этих недостатков можно устранить. Например, стабильность вязкости при изменении температуры достигается применением синтетических рабочих жидкостей.

Окончательный выбор типа привода устанавливается при проектировании машин по результатам технико-экономических расчетов с учетом условий работы этих машин. Гидропривод имеет преимущества по сравнению с другими типами приводов там, где требуется создание значительной мощности, быстродействие, позиционная точность исполнительных механизмов, компактность, малая масса, высокая надежность работы и разветвленность привода.

### **Контрольные вопросы**

1. Что понимается под гидроприводом механизмов и машин?
2. Поясните, в чем отличие объемного привода от гидродинамического.
3. Из каких устройств состоит объемный гидропривод?
4. Дайте сравнительную оценку гидроприводов с замкнутой и разомкнутой системами циркуляции.
5. Какие существуют гидроприводы по источнику подачи рабочей жидкости?
6. Перечислите основные преимущества гидропривода.
7. Перечислите основные недостатки гидропривода.

## 2. ОБЪЕМНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

### 2.1. Гидромашины и их классификация

Основными элементами гидросистем являются гидромашины.

*Гидромашина* — это устройство, создающее или использующее поток жидкой среды.

Посредством гидромашины происходит преобразование подводимой механической энергии в энергию потока жидкости или использование энергии потока рабочей жидкости для совершения полезной работы. К гидромашинам относятся гидронасосы и гидродвигатели.

*Гидронасосом* называется гидромашина, преобразующая механическую энергию привода в энергию потока рабочей жидкости. Основными параметрами, характеризующими работу гидронасоса, привод которого осуществляется от источника механической энергии вращательного движения, являются:

- *напор* насоса  $H_n$  (м) — приращение полной удельной механической энергии жидкости в насосе;
- *подача* насоса  $Q_n$  (м<sup>3</sup>/с) — объем жидкости, подаваемый насосом в напорный трубопровод в единицу времени;
- *частота вращения рабочего органа* (вала насоса, ротора, шестерен и пр.)  $n$  (об/с, с<sup>-1</sup>);
- *угловая скорость вращения рабочего органа*  $\omega$  (рад/с);
- *потребляемая мощность* насоса  $N$  (Вт) — мощность, подводимая к рабочему органу;
- *полезная мощность* насоса  $N_n$  (Вт) — мощность, сообщаемая насосом потоку жидкости;
- *коэффициент полезного действия (КПД)* насоса  $\eta_n$  — отношение полезной мощности насоса к потребляемой.

Напор равен разности полных напоров жидкости на выходе насоса и на входе в него, т. е. зависит от нивелирных высот  $h$ , давлений  $p$ , скоростей течения жидкости  $v$ , а также коэффициентов Кориолиса  $a$  и плотности жидкости  $\rho$ :

$$H_n = (h_2 - h_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + \frac{a_2 \cdot v_2^2 - a_1 \cdot v_1^2}{2g}, \quad (1)$$

где индексы 1 относятся к параметрам на входе в насос, 2 — на выходе насоса;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)