



В.Н. Вернер Н.М. Скорняков  
В.В. Кузнецов

## Гидро- и пневмопривод



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Государственное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Кузбасский государственный технический университет»**

**Н.М. Скорняков**

**В.Н. Вернер**

**В.В. Кузнецов**

**ГИДРО – И ПНЕВМОПРИВОД**  
**теоретический курс**  
**с приложением альбома конструкций**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности 170100 «Горные машины и оборудование» направления подготовки дипломированных специалистов 651600 «Технологические машины и оборудование»

**Кемерово 2003**

УДК 622.233:621.22(075.8)

Рецензенты:

Кафедра горных машин и рудничного транспорта Иркутского государственного технического университета (заведующий кафедрой доктор технических наук, профессор, действительный член АГН, чл.-корр. СО АН ВШ Н.Н. Страбыкин)

Доктор технических наук, профессор, действительный член АГН А.Б. Логов (Институт угля и углехимии СО РАН)

Скорняков Н.М. Гидро- и пневмопривод: теоретический курс с приложениями альбома конструкций: Учеб. пособие / Н.М. Скорняков, В.Н. Вернер, В.В. Кузнецов; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2003. – 224 с.

ISBN 5-89070-344-7

Учебное пособие содержит основные вопросы теоретической части курса «Гидро- и пневмопривод» для студентов, обучающихся по специальности 170100 «Горные машины и оборудование».

Приведены принцип действия и расчетные зависимости гидромашин и гидроаппаратов. Рассмотрены вопросы регулирования, стабилизации и синхронизации скорости движения гидродвигателей, герметизации гидравлических устройств и кондиционирования рабочей жидкости. Описаны гидравлические следящие приводы, включая гидродинамические (струйные) гидроусилители.

Рассмотрены вопросы теории, конструкционные типы гидродинамического привода.

Приведены общие сведения о применении газов в технике, особенности пневмопривода и закономерности течения воздуха.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ГУ КузГТУ.

УДК 622.233:621.22(075.8)

© ГУ КузГТУ, 2003

© Н.М. Скорняков, В.Н. Вернер,  
В.В. Кузнецов, 2003

ISBN 5-89070-344-7

## ВВЕДЕНИЕ

**Гидравлический привод** – это совокупность приводного двигателя, гидропередачи и исполнительного механизма, предназначенная для передачи механической энергии и преобразования движения посредством жидкости. При наличии различных типов приводных двигателей (паровая машина, двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель и др.) и большом разнообразии исполнительных механизмов свое название этот тип привода получил от главного преобразующего энергию элемента – **гидропередачи**.

Из гидромеханики известно, что энергия движущейся жидкости складывается из энергии положения  $zg$ , энергии гидростатического давления  $p/\rho$  и кинетической энергии  $V^2/2$ .

В зависимости от того, какой из этих трех видов энергий используется (преобладает) в гидропередаче, различают **гидростатическую (объемную)** или **гидродинамическую гидропередачи**.

В гидростатической гидропередаче основой является энергия гидростатического давления, которая легко преобразуется в механическую работу с помощью гидродвигателя. Энергией положения (составляющей  $zg$ ) обычно пренебрегают ввиду ее малости.

В гидродинамической гидропередаче преобладает кинетическая энергия потока жидкости. Для прямого и обратного преобразования механической энергии в гидравлическую в такой гидропередаче используются лопастные гидромашины.

Гидравлические приводы имеют весьма широкое применение в самых различных отраслях промышленного производства, особенно в таких, как авиация и горнодобывающая промышленность, которые отличаются весьма экстремальными условиями эксплуатации механизмов и машин.

Весьма широкая область применения гидравлических приводов обуславливает знание их конструкции, характеристик и особенностей эксплуатации большим кругом технических специалистов современного производства. Именно этим объясняется чтение в вузах курса «Гидро- и пневмопривод».

Содержание данного учебного пособия соответствует программам подготовки студентов в технических вузах по специальности 170100 «Горные машины и оборудование».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учеб. для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1982.
2. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1972.
3. Гейер В.Г. Гидравлика и гидропривод: Учеб. для вузов / С.В. Дулин, А.Н.Заря. – 3-е изд.- М.: Недра, 1991.
4. Стесин С.П. Лопастные машины и гидродинамические передачи: Учеб. для вузов / С.П. Стесин, Е.А. Яковенко. – М.: Машиностроение, 1990.
5. Скорняков Н.М. Гидравлика: теоретический курс с примерами практических расчетов: Учеб. пособие / Н.М. Скорняков, В.И. Вернер, В.В. Кузнецов. – ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2003.
6. Нагорный В.С. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем: Учеб. пособие техн. вузов / В.С. Нагорный, А.А. Денисов. – М.: Высш. шк., 1991.
7. Коновалов В.М. Очистка рабочих жидкостей в гидроприводах станков / В.М. Коновалов, В.Я. Скрицкий, В.А. Рокшевский. – М.: Машиностроение, 1976.
8. Сердечный В.Н. Нормы расхода топливно-смазочных материалов в лесной промышленности: Справ. / В.Н. Сердечный, Н.А. Бызов, А.К. Хаймусов. – М.: Лесная пром-сть, 1990.
9. Пневматические устройства и системы в машиностроении: Справ. / Е.В. Герц, А.И. Кудрявцев, О.В. Ложкин и др. – М.: Машиностроение, 1981.
10. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1979.
11. Рехтен А.В. Струйная техника: Основы, элементы, схемы / Пер. с нем. А.А. Левина. – М.: Машиностроение, 1980.
12. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справ. – М.: Машиностроение, 1983.
13. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справ. / В.К. Свешников, А.А. Усов. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1988.
14. Гидравлика и гидропривод: Учеб. пособие / Н.С. Гудилин, Е.М. Кривенко, Б.С. Маховиков, И.Л. Пастоев / Под общей ред. И.Л. Пастоева. – 3-е изд. стер. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2001.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЪЕМНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД И ГИДРОМАШИНЫ.....	4
1.1. Основные расчетные зависимости, баланс мощности и КПД объемной гидропередачи.....	5
1.2. Объемные гидромашины и их характеристики.....	13
1.2.1. Конструкции объемных гидравлических насосов.....	15
1.2.2. Конструкции объемных гидравлических двигателей.....	25
1.2.3. Характеристики объемных гидромашин.....	34
1.3. Контрольные вопросы.....	42
2. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ, РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ.....	43
2.1. Распределители жидкости.....	43
2.2. Гидравлические дроссели.....	48
2.3. Регуляторы давления.....	51
2.4. Контрольные вопросы.....	60
3. РЕГУЛИРОВАНИЕ, СТАБИЛИЗАЦИЯ И СИНХРОНИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	62
3.1. Машинный способ регулирования скорости.....	65
3.2. Дроссельный способ регулирования скорости.....	68
3.3. Сравнение способов регулирования гидроприводов.....	73
3.4. Стабилизация и синхронизация движения гидродвигателей.....	78
3.5. Контрольные вопросы.....	86
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ГИДРОПЕРЕДАЧ.....	87
4.1. Обратные клапаны и гидрозамки.....	87
4.2. Устройства для измерения и контроля давления.....	90
4.3. Расходомеры.....	94
4.4. Гидроаккумуляторы.....	97
4.5. Контрольные вопросы.....	100
5. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ХРАНЕНИЕ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ.....	101
5.1. Герметизация (уплотнение) соединений гидравлических устройств.....	101
5.2. Рабочие жидкости гидропередач.....	111
5.3. Устройства кондиционирования рабочей жидкости.....	117
5.4. Контрольные вопросы.....	127
6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СЛЕДЯЩИЕ ПРИВОДЫ.....	128
6.1. Общие положения и структурная схема следящей системы.....	128
6.2. Конструкции и принцип действия гидрообъемных усилителей.....	131
6.3. Конструкции и принцип действия гидродинамических (струйных) гидроусилителей.....	137
6.4. Точность, чувствительность и устойчивость гидроусилителя.....	147
6.5. Контрольные вопросы.....	150

7. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ.....	152
7.1. Общая характеристика гидродинамических передач.....	152
7.2. Гидродинамические муфты.....	156
7.2.1. Рабочий процесс и характеристики гидромуфты.....	156
7.2.2. Входная и универсальная характеристики гидромуфты. Совместная работа гидромуфты с приводным двигателем.....	162
7.2.3. Конструкции и характеристики гидродинамических муфт различных типов.....	169
7.3. Гидродинамические трансформаторы.....	180
7.3.1. Рабочий процесс и характеристики гидротрансформатора.....	180
7.3.2. Входная и универсальная характеристики гидротрансформатора. Совместная работа гидротрансформатора с приводным двигателем.....	182
7.3.3. Конструкции и характеристики гидротрансформаторов различных типов.....	185
7.4. Контрольные вопросы.....	192
8. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД.....	194
8.1. Общие сведения о применении газов в технике.....	194
8.2. Особенности пневматического привода. Достоинства и недостатки.....	196
8.3. Течение воздуха.....	200
8.4. Подготовка сжатого воздуха.....	204
8.5. Исполнительные пневматические устройства.....	209
8.6. Индикаторная диаграмма пневмодвигателей.....	213
8.7. Основные технические показатели и характеристики пневмодвигателя.....	217
8.8. Пневмогидравлические приводы.....	219
8.9. Контрольные вопросы.....	221
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	222

**Николай Михайлович Скорняков  
Владимир Николаевич Вернер  
Владимир Всеволодович Кузнецов**

## **ГИДРО-И ПНЕВМОПРИВОД**

**теоретический курс с приложением альбома конструкций**

**Редактор З. М. Савина**

Подписано в печать 31.10.03. Формат 60X84/16. Бумага офсетная.  
Отпечатано на ризографе. Уч. изд. л.15,00. Тираж 1000 экз. Заказ 826  
ГУ Кузбасский государственный технический университет.  
650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография ГУ Кузбасского государственного технического университета.  
650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.





**Вернер  
Владимир  
Николаевич**  
профессор,  
доктор техн. наук



**Скорняков  
Николай  
Михайлович**  
профессор,  
доктор техн. наук



**Кузнецов  
Владимир  
Всеволодович**  
доцент,  
кандидат техн. наук

**Читаемые дисциплины:**

Гидромеханика, Гидравлика, Гидравлические и пневматические при-  
-воды.

**Имеют публикации:**

1. Техническая гидромеханика, гидромашины и гидропривод. Конс-  
пект лекций для технических вузов в 2-х книгах.
2. Конструкции элементов объемных гидропередач. Учебное посо-  
бие по выполнению лабораторных работ.

Кузбасский государственный технический университет  
650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28

Типография Кузбасского государственного технического университета  
650026, Кемерово, ул. Д.Бедного, 4а