

Оглавление

1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ	5
1.1. Введение	5
1.2. Классификация гидравлических машин по принципу действия	5
1.3. Области применения гидравлических машин.....	12
Вопросы к практическим занятиям	14
Вопросы для самостоятельного изучения.....	14
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ЛОПАСТНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ И КОМПРЕССОРОВ	14
2.1. Общие понятия и определения гидроаэродинамики. Основные законы гидроаэродинамики. Уравнение расхода, уравнение неразрывности, уравнение Бернулли	14
2.2. Уравнение количества движения. Уравнение движения Навье — Стокса. Математическая модель движения потока Лагранжа и Эйлера. Траектории частиц, линии тока и линии отмеченных частиц. Виды простейших потоков. Уравнение количества движения	21
2.3. Теория Н.Е. Жуковского о подъемной силе профиля	29
Примеры решения задач	31
Задачи для самостоятельного изучения	36
3. РАБОТА ЛОПАСТНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ В СЕТИ. РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ПЕРЕМЕЩАЕМОЙ ЖИДКОСТИ	37
3.1. Основные параметры работы гидравлической машины	37
3.2. Характеристики лопастных нагнетателей	38
3.3. Совместная работа нагнетателей в сети	38
3.4. Изменение нагнетательных характеристик	39
3.5. Регулирование подачи нагнетателей.....	41
Примеры решения задач	42
Задачи для самостоятельного решения	46
4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ОБЪЕМНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ. КОМПРЕССОРЫ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА (СКВ).....	47
4.1. Устройство и принцип действия поршневого компрессора	48
4.2. Характеристики поршневого компрессора.....	49
4.3. Регулирование подачи центробежных компрессоров	52
5. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, КОМПЛЕКТУЕМЫЕ С НАГНЕТАТЕЛЯМИ И КОМПРЕССОРАМИ	56
6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ШУМОМ И ВИБРАЦИЕЙ.....	57
Библиографический список	59

1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

1.1. Введение

В последнее время в Российской Федерации стало появляться новое оборудование систем вентиляции, отопления и центрального кондиционирования воздуха, которое требует современных подходов расчета. Бакалавр должен уметь использовать и подбирать необходимое оборудование при разработке проектов систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха в зданиях различного назначения. В соответствии с программой дисциплины «Оборудование вентиляционных систем» обучающийся должен владеть навыками не только компьютерного, но и ручного подбора оборудования и иметь представление о физических основах движения жидкости и газов [1].

Цель дисциплины — подготовка специалистов, способных проектировать, рассчитывать и подбирать соответствующее оборудование по расчетным условиям эксплуатации, исследовать и прогнозировать работу гидравлических машин в условиях эксплуатации.

Задачи дисциплины:

- 1) изучение:
 - конструктивных особенностей и строения гидравлических машин и их классификации по принципу действия, назначению, виду перемещаемой среды и развиваемому давлению;
 - методик расчета, проектирования и эксплуатации гидравлических машин;
 - теоретических основ работы основных элементов гидравлических машин и способов их регулирования;
 - работы нагнетателей в сети;
 - совместно работающих гидравлических машин, анализа работы последовательно и параллельно включенных насосов и вентиляторов и построения их характеристик при совместной работе;
 - технико-экономических основ выбора нагнетателя для работы в сети;
 - возможности регулирования подачи и напора гидравлической машины;
- 2) приобретение знаний и навыков:
 - ставить и решать задачи, связанные с системами теплогазоснабжения и вентиляции;
 - давать оценку проектных решений; проектировать и подбирать насосы, вентиляторы и компрессоры для систем теплогазоснабжения и вентиляции;
 - самостоятельно принимать инженерные решения в области использования и эксплуатации различных гидравлических машин.

1.2. Классификация гидравлических машин по принципу действия

Гидравлическая машина — устройство, способное преобразовывать механическую работу в энергию потока жидкости и наоборот. Гидравлическая машина, которая способна преобразовывать механическую энергию жидкости при ее движении в механическую работу вращения вала или возвратно-поступательное движение поршня, называется *турбиной*, или *гидравлическим двигателем*. Гидравлическая машина, способная преобразовать механическую работу в энергию движения жидкости, называется *нагнетателем*. Нагнетатели подразделяются на *насосы* и *воздуходувные машины*. В зависимости от степени сжатия воздуходувные машины делятся на *вентиляторы* и *компрессоры*.

Нагнетатель — гидравлическая машина, которая преобразовывает механическую работу вращения рабочего колеса в механическую энергию жидкости.

Вентилятор — воздуходувная гидравлическая машина, способная подавать воздух или иной газ под давлением до 15 кПа.

Компрессор — воздуходувная гидравлическая машина, способная сжимать воздух или любой другой газ под давлением свыше 0,2 МПа.

Насос — гидравлическая машина для напорного перемещения несжимаемых жидкостей в результате сообщения ей механической энергии от рабочего колеса.

Турбина — гидравлическая машина, которая способна преобразовывать механическую энергию жидкости при ее движении в механическую работу вращения вала или возвратно-поступательное движение поршня.

Основное назначение любого нагнетателя — повышение полного давления среды, перемещаемой по сети, подключенной к гидравлической машине. Гидравлические машины классифицируют по принципу действия и по конструкции, а также их классифицируют на объемные и динамические [1].

Объемные нагнетатели работают по принципу создания давления с помощью сжатия объема жидкости или газа. К таким нагнетателям относятся возвратно-поступательные (поршневые) и роторные насосы.

Динамические нагнетатели работают по принципу преобразования механической энергии рабочего колеса гидравлической машины и сообщения энергии потоку жидкости для повышения полного давления и транспортировки жидкости или газа по сети. К ним относятся лопастные (радиальные, центробежные и осевые) нагнетатели и нагнетатели трения (вихревые, дисковые и струйные).

Гидравлические машины, предназначенные для систем теплогоснабжения и вентиляции, должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) соответствие фактических параметров работы (напор, подача и мощность) заданным расчетным условиям;
- 2) возможность регулирования подачи и напора в заданном диапазоне;
- 3) устойчивость и надежность работы;
- 4) простота монтажа;
- 5) малозумность при работе нагнетателя;
- 6) долговечность в эксплуатационных условиях.

В *радиальном вентиляторе* со спиральным кожухом (рис. 1.1) воздух перемещается, двигаясь в осевом направлении через всасываемый коллектор, затем попадает на рабочее колесо с лопатками, изменяет направление своего движения к периферии рабочего колеса, закручивается в направлении движения, поступает в спиральный кожух и далее через нагнетательный патрубок выходит из вентилятора. Рабочее колесо закреплено на валу электродвигателя и приводится в движение приводом. Это снижает КПД вентилятора, но предотвращает возникновение искр при его работе. Для повышения КПД вентилятора рабочее колесо присоединяют непосредственно к валу электродвигателя, что способствует меньшим механическим потерям при работе нагнетателя [1].

Аналогичную конструкцию и принцип действия имеет *центробежный насос*, представленный на рис. 1.2.

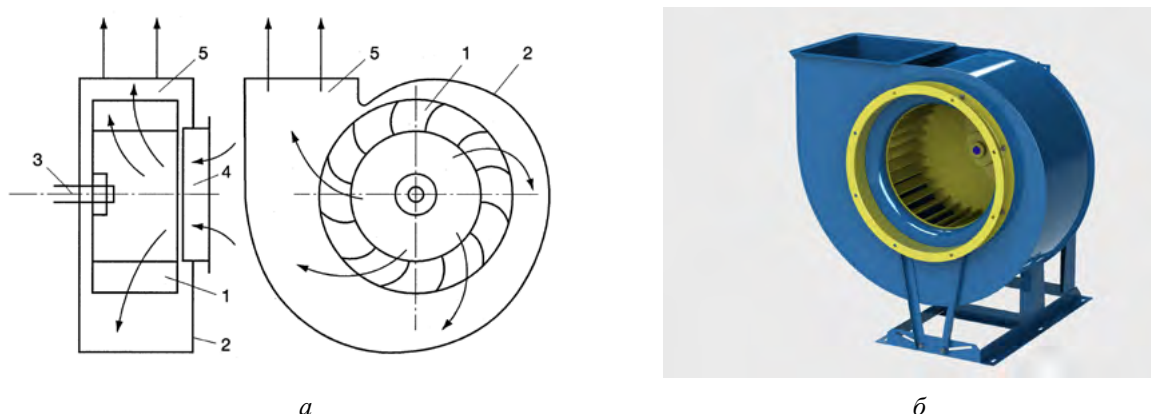


Рис. 1.1. Схема (а) и вид (б) радиального вентилятора: 1 — рабочее колесо с лопатками; 2 — спиральный кожух; 3 — вал; 4 — воздухоприемный коллектор; 5 — выходной коллектор

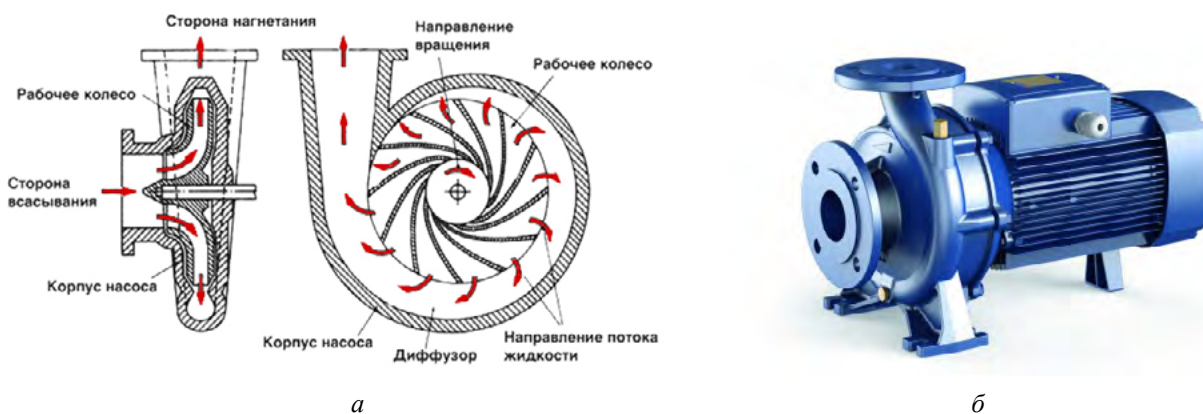


Рис. 1.2. Схема (а) и вид (б) центробежного насоса

К достоинствам таких нагнетателей можно отнести их использование для привода высокоскоростных электродвигателей с высоким КПД (более 80 %), равномерность подачи, простоту изготовления и регулирования. Недостатком является то, что подача нагнетателя зависит от сопротивления сети, в которой он работает.

В *осевом вентиляторе* (рис. 1.3) поток движется в направлении оси вращения и закручивание приобретает только при выходе из колеса. Воздух через всасывающий патрубок поступает во входной направляющий аппарат, затем на рабочее колесо и в выходной направляющий аппарат. Рабочее колесо крепится к валу электродвигателя, вращающегося в подшипниках, укрепленных на стойках. Рабочее колесо и направляющие аппарата заключены в кожух. Втулка рабочего колеса имеет обтекатель. Как в осевом, так и в радиальном вентиляторе передача энергии от электродвигателя воздуху происходит во вращающемся рабочем колесе. Осевые нагнетатели просты в изготовлении и компактны. По сравнению с радиальными осевые нагнетатели имеют более высокие КПД и подачу при относительно низком рабочем давлении [1].

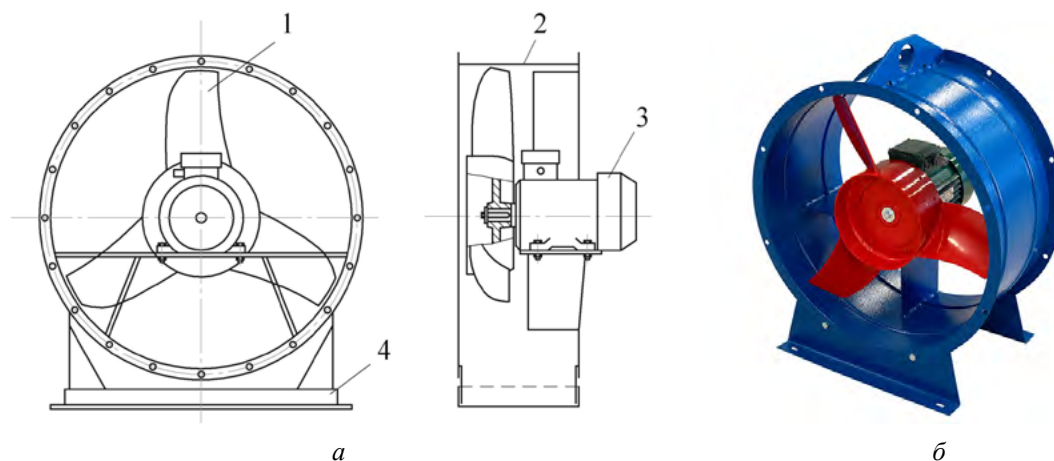


Рис. 1.3. Схема (а) и вид (б) осевого вентилятора: 1 — лопатки и рабочее колесо вентилятора; 2 — кожух вентилятора; 3 — электродвигатель; 4 — крепления с виброопорами

В *прямоточном радиальном вентиляторе* (рис. 1.4) перемещаемая среда движется в осевом направлении и поступает на рабочее колесо, где под действием центробежной силы проходит в радиальном направлении в межлопаточном пространстве и выходит в осевом направлении по кольцу через радиальный лопастной диффузор, стенки которого имеют криволинейную форму, а лопатки установлены на осесимметричном коленообразном участке диффузора. В диффузоре часть динамического давления переходит в статическое давление. КПД такого вентилятора достигает 70 %. Одним из преимуществ вентиляторов такого типа является возможность размещения электродвигателя внутри кожуха, что приводит к снижению шума от вентилятора [1].

Смерчевой вентилятор (рис. 1.5) имеет рабочее колесо с относительно малым числом лопаток, прикрепленных к заднему диску. Колесо размещено в специальной нише в задней стенке спирального кожуха.

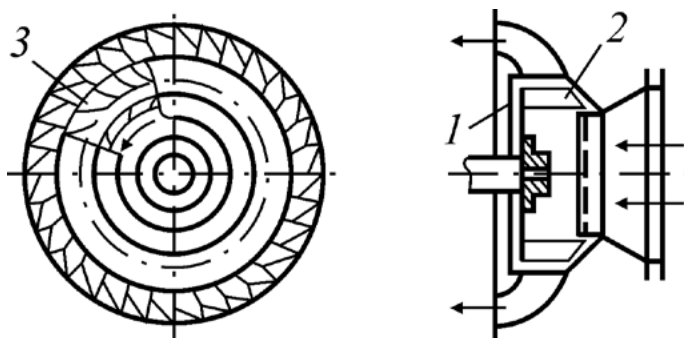


Рис. 1.4. Схема прямоточного вентилятора: 1 — корпус; 2 — рабочее колесо; 3 — диффузор

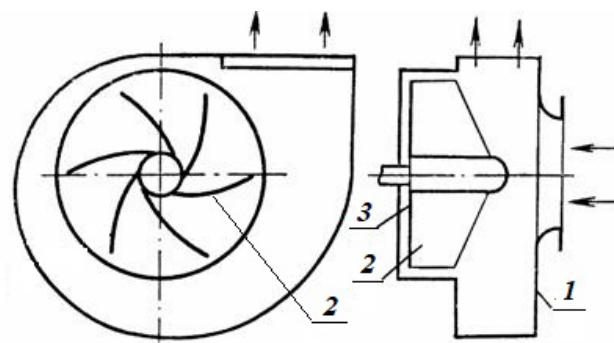


Рис. 1.5. Схема смерчевой вентилятора: 1 — кожух; 2 — лопатка; 3 — задний диск

При движении рабочего колеса возникает вихревое течение, аналогичное природному смерчу. В центральной и периферийной частях вихря образуется перепад давления, являющийся побудительной силой для движения перемещаемой среды. Основная часть потока воздуха с содержащимися в нем мелкодисперсными примесями проходит через нагнетатель в обход рабочего колеса. КПД такого нагнетателя, как правило, не превышает 60 % [1].

Дисковый вентилятор (рис. 1.6) классифицируется как нагнетатель трения. Рабочее колесо нагнетателя имеет множество дисков, расположенных на малом расстоянии друг от друга перпендикулярно оси вращения рабочего колеса. Энергия, сообщаемая от рабочего колеса нагнетателя потоку жидкости, передается в результате действия сил трения в пограничном слое, который возникает на лопатках рабочего колеса нагнетателя. Отсутствие срывных вихревых зон, неизбежных в лопастном рабочем колесе, способствует устойчивой работе дисковых нагнетателей и их малозумности. КПД дисковых нагнетателей, как правило, не превышает 40–45 %.

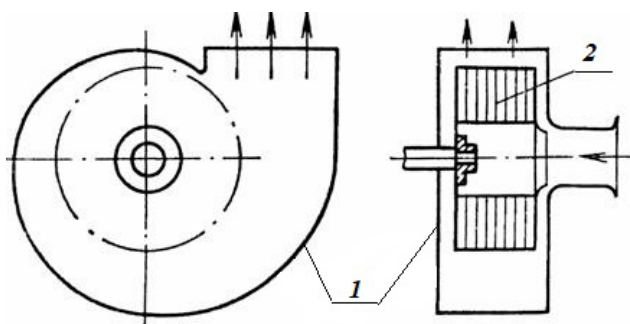


Рис. 1.6. Схема дискового вентилятора:
1 — корпус; 2 — рабочее колесо

Вихревой насос (рис. 1.7) так же, как и дисковый вентилятор, классифицируется как нагнетатель трения. Рабочее колесо вихревого насоса по конструкции аналогично рабочему колесу центробежного насоса — жидкость поступает из внутренней части канала и с помощью передачи механической работы потоку движущейся жидкости нагнетает ее во внешнюю часть канала, в результате чего образуется продольный вихрь. Когда среда проходит через рабочее колесо вихревого насоса, увеличиваются кинетическая энергия жидкости и потенциальная энергия давления среды. Рабочее колесо вихревого насоса вращается в цилиндрическом корпусе с малыми торцовыми зазорами. Среда поступает через всасывающий патрубок в канал, перемещается по нему с помощью рабочего колеса и под высоким давлением выходит через нагнетательный патрубок [1].

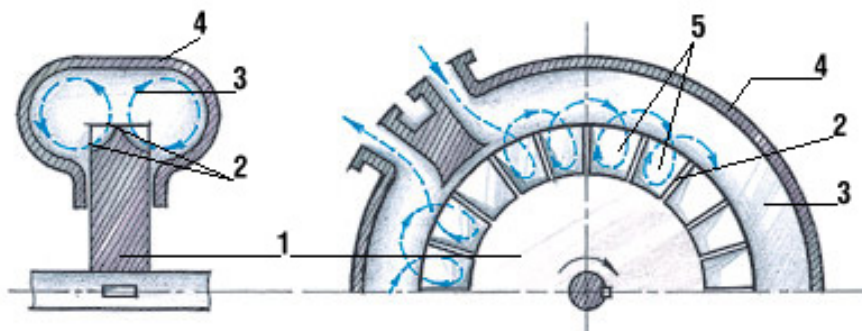


Рис. 1.7. Схема вихревого насоса: 1 — рабочее колесо; 2 — лопатка;
3 — рабочее пространство; 4 — корпус; 5 — нагнетание среды

К достоинствам вихревого насоса можно отнести следующее: рабочее давление в 3–5 раз больше при идентичных размерах и частоте оборотов рабочего колеса; конструкция достаточно проста и недорога в производстве; насос обладает самовсасывающей способностью и может работать одновременно со смесью жидкости и газа; подача насоса практически не зависит от сопротивления сети, в которой он работает. К недостаткам можно отнести достаточно низкий КПД, не превышающий 45 %, и неспособность подачи жидкости, содержащей дисперсные частицы, так как это приводит к быстрому изнашиванию стенок торцовых и радиальных зазоров и, следовательно, к падению давления и КПД нагнетателя [1].

Принцип действия *диаметрального вентилятора* (рис. 1.8) основан на осесимметричном вихре, образующемся вокруг рабочего колеса нагнетателя, смещающемся в сторону возникновения течения среды через рабочее колесо нагнетателя в сторону меньшего сечения. Поперечное течение среды возникает также при установке лопаточного рабочего колеса в несимметричном коленообразном корпусе.

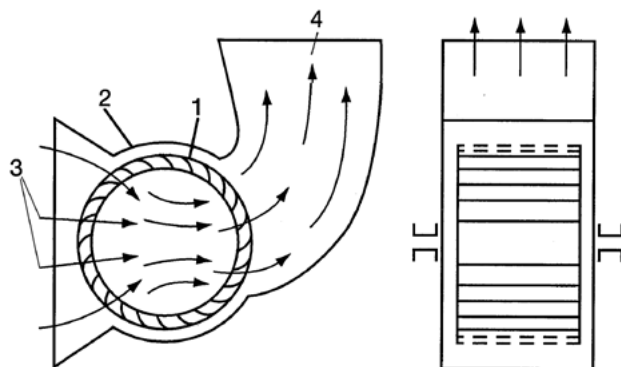


Рис. 1.8. Схема диаметрального вентилятора: 1 — рабочее колесо; 2 — корпус; 3 — неподвижное тело; 4 — нагнетательный патрубок

Преимущества диаметрального нагнетателя по сравнению с радиальным: непосредственное присоединение к воздуховодам системы вентиляции; создание высокого давления при небольших окружных скоростях рабочего колеса, поскольку поток воздуха дважды пересекает рабочее колесо. Недостатки, не позволяющие более широкого применения диаметральных вентиляторов на рынке: малый КПД, не превышающий 60–65 %; достаточно высокий уровень шума; возможность появления неустойчивых режимов работы в области, где с увеличением подачи наблюдается рост давления; значительные перегрузки электродвигателя при уменьшении сопротивления сети [1].

Поршневой нагнетатель (рис. 1.9) состоит из цилиндрического корпуса, внутри которого расположены поршень, производящий возвратно-поступательные движения, и кольца всасывающего и нагнетательного клапанов. Преобразование вращательного движения привода в возвратно-поступательное движение поршня осуществляется с помощью кривошипно-шатунного механизма. При движении поршня вправо открывается клапан 3, и жидкость заполняет внутренний объем нагнетателя. При этом клапан 4 закрыт. При движении поршня влево клапан 3 закрыт, открывается клапан 4, и жидкость под давлением выходит в нагнетательный трубопровод. К достоинствам поршневых нагнетателей можно отнести: достаточно высокий КПД, достигающий 95 %; работу при высоком давлении; подачу поршневого нагнетателя, практически не зависящую от сопротивления сети, в которой он работает.

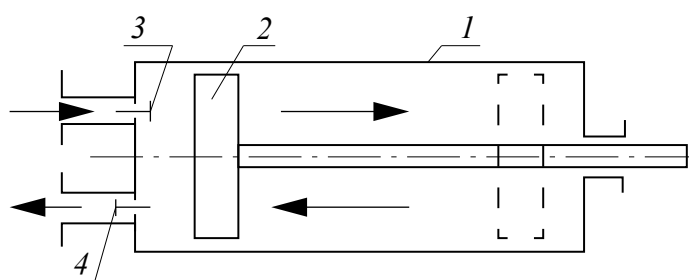


Рис. 1.9. Схема поршневого нагнетателя:
1 — корпус; 2 — поршень; 3 — всасывающий клапан; 4 — нагнетательный клапан

Зубчатый, или шестеренный, насос (рис. 1.10) состоит из двух шестерен в герметичном корпусе. Первая шестерня приводится в движение расположенным на одной оси электродвигателем, а вторая получает вращательное движение от первой из-за плотного зацепа зубьев. При работе нагнетателя среда поступает на зубья рабочих колес, далее — к стенкам корпуса и перемещается от всасывающего к нагнетательному патрубку. Переток жидкости в обратном направлении практически отсутствует из-за плотного сцепления зубьев. Если в шестеренном нагнетателе число зубьев уменьшится до двух, то рабочие колеса будут иметь очертания восьмерки. Данный нагнетатель называется восьмерочным (рис. 1.11). В нем привод рабочих колес происходит от обеих шестерен, так как они не плотно примыкают друг к другу и должны приводиться в движение по отдельности [1].

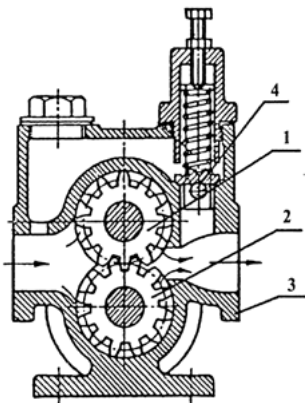


Рис. 1.10. Схема зубчатого насоса: 1 — корпус; 2 — шестерня; 3 — корпус нагнетателя; 4 — предохранительный клапан

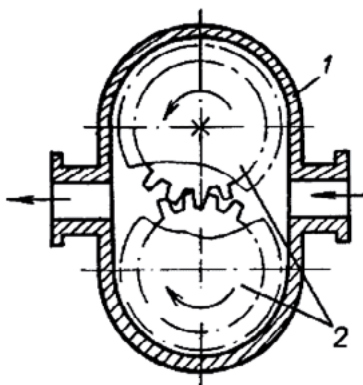
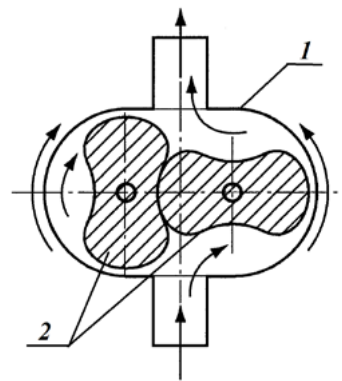


Рис. 1.11. Схема нагнетателя восьмерочного типа: 1 — корпус, 2 — рабочее колесо



Недостатки данных нагнетателей: громоздкость конструкции; отсутствие возможности использовать для привода высокоскоростные электродвигатели в связи со сложностью привода через кривошипно-шатунный механизм; сложность регулирования подачи; быстрый износ рабочих органов; невысокая подача и низкий КПД, не превышающий 70 %. К достоинствам можно отнести: компактность; простоту конструкции; отсутствие клапанов; относительную стабильность подачи независимо от сопротивления сети; реверсивность; работу при высоких давлениях (5 МПа — для шестеренного насоса, 0,5 МПа — для насоса восьмерочного типа) [1].

Пластинчатый нагнетатель (рис. 1.12) классифицируется как роторная гидравлическая машина. Конструкция нагнетателя включает в себя цилиндрический корпус, в котором находится ротор с радиальными продольными пазами, где расположены пластины рабочего колеса. При движении ротора пластины под действием центробежных сил выходят из пазов, прижимаются к внутренней поверхности корпуса, захватывают на всасывающей стороне перемещаемую среду и направляют ее к нагнетательному трубопроводу. К достоинствам пластинчатого нагнетателя следует отнести: высокую равномерность подачи; непосредственное присоединение к валу электродвигателя, что повышает его КПД; отсутствие клапанов; реверсивность; сохранение подачи при изменении сопротивления сети. Недостатки: чувствительность к качеству перемещаемой среды (недопустимость наличия механических примесей); быстрый износ кромок пластин; низкий КПД, не превышающий 50 % из-за перетекания жидкости через зазоры между кромками пластин и стенками корпуса [1].

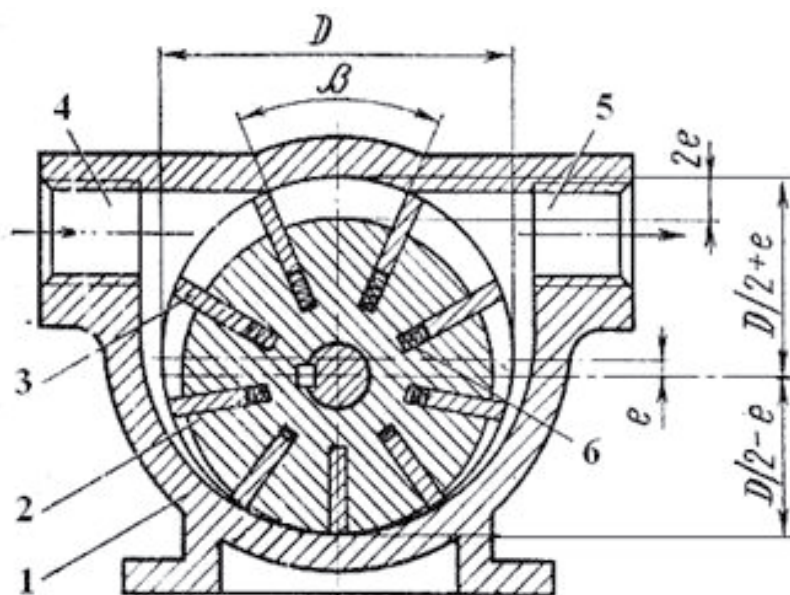


Рис. 1.12. Схема пластинчатого нагнетателя: 1 — корпус; 2 — ротор; 3 — пластины; 4 — всасывающий патрубок; 5 — нагнетательный патрубок; 6 — крепление пластин

В *струйных нагнетателях* смешение двух жидких или газообразных сред происходит вследствие перепада давления и их конструктивных особенностей. Как правило, струйные нагнетатели применяются в системах теплоснабжения и называются *водоструйными элеваторами*. Элеватор состоит из конфузора, куда поступает перемещаемая среда, горловины, где расположено сопло, и диффузора. Элеваторы устанавливаются на подающей магистрали системы теплоснабжения и служат для смешивания обратного и подающего теплоносителей при создании заданной температуры подаваемой среды. Принцип действия основан на изменении статического и динамического давлений, вследствие чего теплоноситель из обратной магистрали в заданном объеме смешивается с теплоносителем из подающей магистрали для достижения оптимальных температурных параметров в системе теплоснабжения. Применяют 2 конструктивные схемы струйных нагнетателей: а) в нагнетателях, выполненных по первой схеме (рис. 1.13), подмешиваемый поток поступает под углом 90° к оси, вследствие чего происходит гидроудар и возникают большие потери энергии перемещаемой среды. КПД таких струйных нагнетателей достаточно низкий и, как правило, не превышает 25 %; б) в нагнетателях, выполненных по второй схеме (рис. 1.14), смешение потоков происходит вдоль оси аппарата. При этом, как доказал проф. П.Н. Каменев, их КПД может достигать 43,5 %. К достоинствам струйных нагнетателей следует отнести простоту конструкции, отсутствие подвижных элементов и простоту обслуживания. Недостатком является низкий КПД, из-за чего струйные нагнетатели в настоящее время не получили большого развития [1].

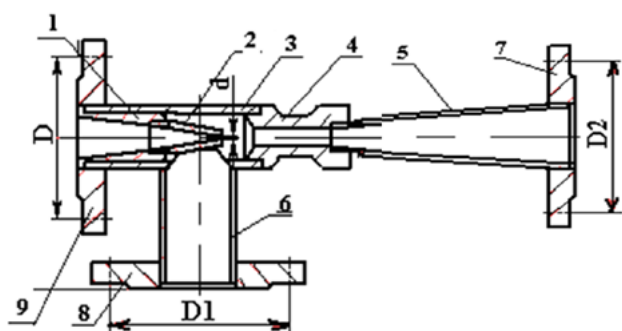


Рис. 1.13. Схема водоструйного нагнетателя:
1 — конфузор; 2 — сопло; 3 — камера смешения;
4 — горловина; 5 — диффузор; 6 — всасывающий патрубок;
7, 8, 9 — соединительные фланцы

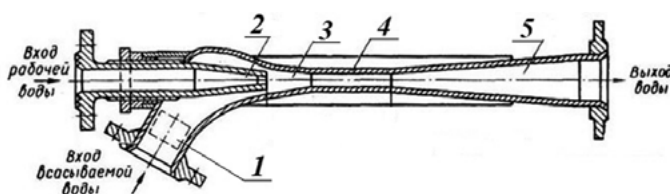


Рис. 1.14. Схема эжектора: 1 — всасывающий патрубок;
2 — сопло; 3 — камера смешения; 4 — горловина;
5 — диффузор

Для подъема жидкости *пневматическими нагнетателями* используют сжатый воздух или технический газ. Область их применения — нефтяная промышленность, где они служат для подъема нефти из скважины. Аппарат, служащий для этой цели, называется *газлифт*, или *эрлифт*. Применяют 3 вида газлифтов (рис. 1.15): I — с двумя трубами: газовой и для подъема жидкости (жидкостная труба); II — с одной газовой трубой и III — с одной жидкостной трубой, установленной в обсадной трубе и опущенной в скважину.

В газлифте I и II типов сжатый воздух или газ под давлением нагнетаются в скважину по газовой трубе, а в газлифте III типа воздух нагнетается в пространство между обсадной и жидкостной трубами. В жидкостных трубах образуется смесь жидкости и воздуха или жидкости и газа — эмульсия. Пузырьки воздуха или газа поступают вверх, вовлекая за собой жидкость. Достигнув верха труб, эмульсия выливается. Пузырьки воздуха или газа по мере движения вверх увеличиваются в объеме вследствие уменьшения в них давления, при этом возрастает скорость подъема эмульсии. При подъеме пузырьков часть жидкости не вовлекается ими и опускается. Чем меньше скорость подъема эмульсии, тем больше утечка жидкости. Установлены оптимальные скорости движения эмульсии: при входе воздуха или газа $v = 3,0$ м/с, при выходе жидкости $v = 6,8$ м/с. Увеличение скорости приводит к возрастанию потерь давления, а уменьшение — увеличивает скольжение пузырьков воздуха, что приводит к росту потерь жидкости. На выходе эмульсии из газлифта сепаратором производится разделение газа и жидкости. Сепаратором для воды служит отражатель в виде зонтика, установленный в приемном баке. Эмульсия ударяется о внутреннюю поверхность отражателя, воздух отделяется от жидкости и удаляется, а вода стекает в бак, откуда по трубам направляется в систему водоснабжения.

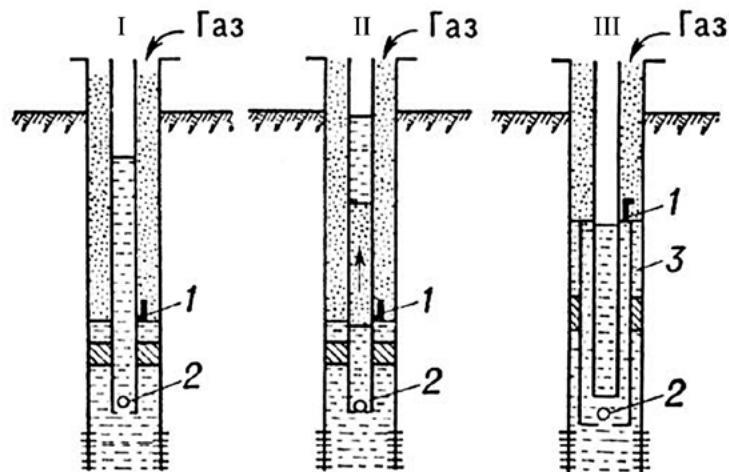


Рис. 1.15. Схема газлифта (эрлифта):
1 — обсадная труба; 2 — газовая труба; 3 — подъемная труба

Для стабильной работы газлифта необходимо, чтобы высота слоя жидкости в скважине была больше высоты ее подъема, уровень жидкости был постоянным, а коэффициент погружения находился в диапазоне 1,7–3,5. Главный недостаток данных систем — низкий КПД порядка 15–36 %, однако подъем жидкости с помощью газлифтов имеет следующие преимущества: простота устройства; отсутствие в скважине механизмов; надежность и стабильность работы; низкие требования к качеству жидкости. К пневматическим подъемникам также относится и пневматическое устройство периодического действия (рис. 1.16).

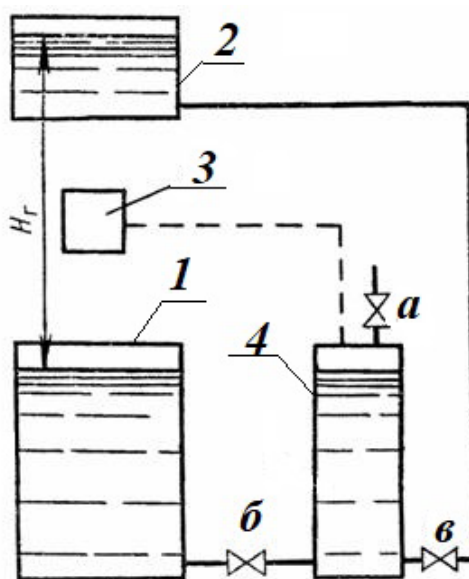


Рис. 1.16. Схема пневматического подъемника периодического действия

Подъем воды из резервуара 1 в бак 2 на высоту H_r осуществляется с помощью компрессора 3 и пневматического баллона 4. Принцип работы заключается в периодической подаче жидкости в бак: при отключении компрессора и открытии задвижек *a* и *б* баллон заполняется водой. Закрыв задвижки *a* и *б*, открывают задвижку *в* и, включив компрессор, подают перемещаемую среду в бак [1].

1.3. Области применения гидравлических машин

Нагнетатели различного типа и конструкций получили широкое применение в различных отраслях промышленности, в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, системах отопления и теплоснабжения зданий гражданского и производственного назначений, в теплоэнергетике, химической, добывающей, машиностроительной и других отраслях народного хозяйства. Наиболее широкое распространение получили радиальные нагнетатели со спиральным кожухом для об-

щего и специального назначения. Центробежные насосы получили значительное распространение в системах теплоснабжения для подачи сетевой воды потребителю. В теплоэнергетической промышленности центробежные насосы предназначены для циркуляции теплоносителя через котельное оборудование, а также подачи конденсата в системе регенеративного подогрева питательной и циркуляционной воды в конденсаторы турбин. Вентиляторы среднего и низкого давлений получили распространение в приточно-вытяжных системах общеобменной вентиляции. В теплоэлектростанциях и крупных котельных применяются радиальные вентиляторы для удаления дымовых газов — дымососы. Для подачи воздуха, необходимого для горения топлива в топке котлов, применяют дутьевые вентиляторы. При сжигании в топках котлов неагрессивной угольной пыли ее пневматическая транспортировка осуществляется мельничными вентиляторами. Малогабаритные вентагрегаты в настоящее время применяют для подачи воздуха в местных приточно-вытяжных системах вентиляции и воздушного отопления. Радиальные вентиляторы среднего и высокого давлений нашли применение в системах пневмотранспорта деревообрабатывающих, металлургических, машиностроительных и других предприятий. Специфические особенности технологического процесса ряда производств способствовали появлению вентиляторов специального назначения, выполненных из толстолистовой стали, сплава титана и пластика. Прямоточные радиальные вентиляторы применяют в канальных вентиляционных установках, где необходимы компактность и малозумность [1].

Осевые дутьевые машины широко применяют в качестве вентиляторов и насосов. Осевые вентиляторы используют для подачи воздуха в шахты горных выработок, автомобильные и железнодорожные тоннели, а также в тоннели и вестибюли станций метрополитена. В связи с увеличением мощностей паровых турбин циркулирующая вода в конденсаторы турбин подается быстроходными осевыми насосами. Смерчевые вентиляторы целесообразно применять для перемещения среды, которую нельзя подвергать механическому повреждению, а также для пневматического транспортирования материалов, вызывающих большой износ лопаток и дисков рабочих колес. Дисковые вентиляторы применяют в децентрализованных вентагрегатах, где недопустим высокий уровень шума. Вихревые насосы применимы, когда необходимо создать большой напор при малой подаче, в связи с этим их широко внедряют в химической промышленности для подачи кислот, щелочей и других химически агрессивных реагентов, где при малых расходах перемещаемой среды необходимо создать высокий напор. Вихревые машины используют также в качестве вакуум-насосов и компрессоров низкого давления. В настоящее время вихревые насосы применяют в системах перекачки сжиженного газа. Диаметральные вентиляторы нашли широкое распространение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха кабин самоходных сельскохозяйственных машин, лазерных установках и электротермическом оборудовании. Поршневые насосы применяют для питания паровых котлов малой производительности и в качестве дозаторов реагентов для поддержания требуемого качества питательной и котловой воды крупных котлов. На тепловых электростанциях поршневые компрессоры служат для обдува поверхностей нагрева котельных агрегатов с целью их очистки от летучих зол и сажи, а также для снабжения сжатым воздухом пневматического инструмента. Роторные нагнетатели применяют на электростанциях в системах смазки и регулирования турбин, их также часто используют в качестве компрессоров [1].

Струйные нагнетатели широко применяют во многих отраслях народного хозяйства: промышленной теплоэнергетике; в качестве элеваторов систем теплоснабжения — для смешивания обратного и подающего теплоносителей и создания расчетной температуры подающей магистрали в системах теплоснабжения и отопления; во взрыво- и пожароопасных помещениях — в качестве эжекторов в вытяжных установках, где недопустимо применение дутьевых гидравлических машин; в установках пневмотранспорта зерна и сыпучих продуктов сельского хозяйства. Газлифты получили широкое распространение при подаче агрессивных жидкостей на небольшую высоту в химической промышленности и пищевой отрасли. Нередко газлифты применяют на тепловых электростанциях для подъема воды из буровых скважин основного или резервного хозяйственного водоснабжения. Газлифты и эрлифты получили широкое применение в нефтяной промышленности для добычи нефти из скважины. Центробежные компрессоры — основной вид компрессорных машин в химической и металлургической промышленности, также они широко распространены в системах магистрального газоснабжения. Сжатый воздух, сжимаемый центробежным компрессором, как энергоноситель применим в различных пневматических устройствах на машинострои-

тельных и металлообрабатывающих заводах, в горнодобывающей и нефтяной промышленности. Компрессоры необходимы в газовой промышленности при добыче, транспортировке и использовании природного и искусственного газа. Широкое распространение компрессоры получили и в системах теплогазоснабжения и вентиляции в качестве основного агрегата, сжимающего и транспортирующего холодоносителя (фреон, рассол, аммиак и т.д.). Без компрессора в настоящее время не обходится ни одна холодильная машина. Сжатие фреона и других холодоносителей происходит под большим давлением, и без сомнения компрессор является неотъемлемой частью любой холодильной машины как бытового, так и промышленного назначения [1].

Вопросы к практическим занятиям

1. Классификация гидравлических машин по принципу действия, виду перемещаемой среды, развиваемому давлению и назначению.

2. Виды гидравлических машин: центробежные насосы и вентиляторы, осевые вентиляторы, поршневые компрессоры, шестеренчатые нагнетатели, пластинчатые нагнетатели, струйные аппараты, диаметральный вентиляторы и вихревые насосы.

3. Схемы и принцип действия нагнетателей различного вида. Их достоинства и недостатки, а также применение и распространение.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Что такое гидравлическая машина? Дайте ее определение.
2. Классификация гидравлических машин по принципу действия.
3. Схемные решения центробежного нагнетателя.
4. Принцип действия прямооточного радиального вентилятора.
5. Область применения поршневых и роторных нагнетателей.
6. Схемное решение осевого вентилятора.
7. Принцип действия осевого вентилятора.
8. Принцип действия вихревого насоса.
9. Достоинства и недостатки пластинчатого нагнетателя.
10. Область применения газлифтов.
11. Область применения компрессоров.
12. Схема водоструйного аппарата.
13. Принцип действия зубчатого насоса.
14. Принцип действия пневматического нагнетателя переменного действия.
15. Область применения прямооточных, смерчевых и дисковых вентиляторов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ЛОПАСТНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ И КОМПРЕССОРОВ

2.1. Общие понятия и определения гидроаэродинамики.

Основные законы гидроаэродинамики.

Уравнение расхода, уравнение неразрывности, уравнение Бернулли

Гидравлика и аэродинамика — прикладные технические дисциплины, изучающие законы равновесия и движения жидкости и газа. Аэродинамика также рассматривает и силовое взаимодействие жидкой или газообразной среды с движущимся в ней телом или с ограничивающей ее поверхностью.

Гидравлику и аэродинамику часто рассматривают как разделы механики жидкости, которая выросла из двух отраслей научного знания: эмпирической гидравлики и классической гидромеханики. Гидромеханику, как и классическую механику, разделяют на 3 составные части: гидростатику, изучающую законы равновесия жидкости; кинематику, описывающую основные элементы движущейся жидкости; гидродинамику, изучающую основные законы движения жидкости и раскрывающую причины её движения. Механика жидкости основана на основных законах физики и общей механики, причем полученные выводы она согласует с экспериментальными исследованиями, которые одновременно подтверждают и дополняют эти выводы [2].

С помощью основных уравнений гидравлики и разработанных ею методов исследования решаются важные практические задачи, связанные с транспортом жидкостей и газов по трубопроводам, а также с транспортом твёрдых тел по трубам. Основные законы механики жидкости являются базой для такой прикладной дисциплины, как гидравлические машины, которые обеспечивают движение жидкостей в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также теплоснабжения. Широкое использование в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха различных гидравлических машин и механизмов ставит гидравлику и аэродинамику в число важнейших дисциплин специальности.

Знания механики жидкости необходимы для решения многих технических задач в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а именно для:

- 1) расчета потерь давления в трубопроводах систем отопления и тепло-, холодоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха и воздуховодах систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- 2) подбора насосов, вентиляторов и компрессоров;
- 3) анализа гидравлического режима в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- 4) автоматического регулирования в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Основные понятия и определения аэродинамики

Гидроаэромеханика является механикой жидкой и газообразной сред, т.е. исследует среду с очень слабыми связями между молекулами. Эти слабые связи позволяют молекулам жидкостей и особенно газов перемещаться в любом направлении, что вызывает беспорядочное молекулярное движение. Во избежание этих трудностей Д'Аламбер и Эйлер предложили в гидроаэромеханике отказать от рассмотрения молекулярного строения вещества, а изучать жидкости и газы, не принимая во внимание отдельные молекулы и имеющиеся между ними пустоты и считая эти среды сплошными, непрерывно заполняющими пространство. Это допущение носит название **постулата о сплошности** жидкой и газообразной сред. Благодаря этому допущению все механические характеристики жидкостей и газов (давление, скорость и др.) можно рассматривать как непрерывные функции координат точки и времени и при решении различных задач гидроаэромеханики широко использовать математический анализ. Однако для объяснения отдельных явлений в гидроаэромеханике прибегают к рассмотрению молекулярного строения среды и кинетической теории газов [2].

Движение жидкости и газа может быть установившимся и неуставившимся. При **неустановившемся** движении плотность, давление, скорость и прочие механические характеристики в каждой точке потока с течением времени изменяются. В случае **установившегося** движения все эти характеристики в каждой точке потока остаются неизменными во времени. Примерами неустановившегося и установившегося движений могут служить процессы истечения жидкости из сосуда соответственно при переменном и постоянном уровнях жидкости в нем. В дальнейшем, как правило, будут рассматриваться установившиеся движения.

Гидроаэромеханика при изучении движения различает 2 режима течений: **ламинарный** и **турбулентный**. При ламинарном режиме отдельные струйки не смешиваются между собой. Турбулентное течение характеризуется пульсациями скорости по величине и направлению, вследствие которых происходит перемешивание отдельных струек. Поэтому в целях облегчения исследования мгновенные истинные скорости и давления подменяют их осредненными по времени значениями.

В жидкостях и газах могут действовать разнообразные силы и в зависимости от того, как они приложены к выделенному объему жидкости или газа, их разделяют на объемные (массовые) и поверхностные. **Объемные силы** приложены к любой частице данного объема. К ним относятся силы тяжести и инерции. **Поверхностные силы** приложены только к частицам, лежащим на поверхности данного объема. К ним относятся силы давления и трения: первая всегда направлена нормально к поверхности, а вторая — по касательной к ней. Вследствие большой подвижности частиц силы являются рассредоточенными (распределенными). Для количественной характеристики сил используют понятие **напряжение силы**. Напряжение объемной силы — сила, приходящаяся на единицу объема. В частном случае, когда рассматривается сила тяжести, напряжением является объемный вес. Напряжение поверхностной силы — сила, приходящаяся на единицу поверхности. Напряжени-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru