

Б. В. КАРАСЕВ, В. И. ДЕЧЕВ

ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ,  
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ  
МАШИНЫ  
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «УРОЖАЙ»  
МИНСК 1965

В книге излагаются основы гидравлики, теории гидравлических машин и сельскохозяйственного водоснабжения, которые необходимы инженерам, работающим в области машиностроения, механизации и электрификации сельского хозяйства. Эта книга может быть использована студентами институтов механизации и электрификации сельского хозяйства, а также студентами других машиностроительных специальностей.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью данной работы является сжатое и последовательное изложение наиболее важных разделов гидравлики, теории гидравлических машин и сельскохозяйственного водоснабжения. В основу книги положены конспекты лекций, читаемых авторами студентам Белорусского института механизации сельского хозяйства и Запорожского машиностроительного института им. В. Я. Чубаря.

При выводе основных уравнений авторы придерживались определенной последовательности: 1) подробное рассмотрение изучаемого явления, 2) определение сил, принимающих участие в явлении, 3) постановка задачи, 4) выбор метода доказательства, 5) математические выкладки, 6) выводы и следствия.

Как показал опыт работы, подобный план изучения предмета вызывает у студентов научный, диалектический подход к ознакомлению с различными разделами техники и прививает навыки к самостоятельным исследованиям, которые являются неотъемлемой частью практической деятельности инженерно-технических работников.

Основные уравнения в книге имеют размерности, рекомендуемые ГОСТ 9867—61, введенным в СССР с 1 января 1963 г. и принятым в качестве Международной системы единиц измерения СИ (система интернациональная). Результаты измерения приборами, имеющими шкалу в единицах системы МКГСС, также переведены в систему СИ.

Авторы выражают глубокую признательность всему преподавательскому коллективу кафедры «Гидравлические машины» Харьковского политехнического института им. В. И. ЛЕНИНА и особенно профессору Э. Э. Рафалес-Ламарка, доценту В. В. Барлиту, заведующему лабораторией Института водных проблем АН БССР кандидату технических наук Э. П. Коваленко за просмотр рукописи и сделанные полезные указания для ее переработки.

Авторы будут также благодарны всем лицам, которые пришлют свои замечания по данной книге по адресу: *г. Минск, Ленинский проспект 101, Белорусский институт механизации сельского хозяйства.*

## ВВЕДЕНИЕ

### ГИДРАВЛИКА И ЕЕ КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

ГИДРАВЛИКА — одна из общих технических наук — ИЗУЧАЕТ ЗАКОНЫ ПОКОЯ И ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ, А ТАКЖЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖИДКОСТЬЮ И ТВЕРДЫМИ ТЕЛАМИ. Она лежит в основе решения очень многих вопросов инженерной практики.

Само слово «гидравлика» произошло от двух греческих слов «хюдор» — вода и «аулос» — труба и означало вначале учение о движении воды по трубам. В дальнейшем круг вопросов, охватываемых гидравликой, стал значительно шире, и в настоящее время почти нет области в технике, где не применялись бы законы гидравлики. Важнейшими из них являются: гидротехника, мелиорация, транспортировка жидкостей по трубам (водоснабжение, газопроводы, нефтепроводы и др.), гидромашиностроение — создание насосов и турбин, а также расчет и производство различных гидравлических механизмов и устройств (гидромуфты, гидротрансформаторы, прессы, домкраты, сервомоторы и т. д.).

Гидравлика является одной из древнейших наук, так как история ее развития непрерывно связана со стремлением человека использовать воду для своих нужд. Зачаточные, несистематические знания некоторых законов гидравлики возникли, по всей вероятности, еще в доисторические времена, однако до нас дошли сведения лишь о более поздних открытиях. Первым трудом в области гидравлики считают сочинение Архимеда «О плавающих телах», написанное за 250 лет до нашей эры. С тех пор гидравлика как наука на протяжении многих столетий не развивалась, и только в эпоху Возрождения и позднее в связи с бурным развитием ремесел, ростом уровня производства происходит дальнейшее развитие этой науки. К ранним работам этого времени следует отнести труды Леонардо да Винчи (равновесие жидкостей в сообщающихся сосудах, изучение структуры потока), Г. Галилея (условия плавания тел), Э. Торричелли (определение

скорости истечения жидкостей из отверстий), Б. Паскаля (закон изменения давления в жидкостях) и И. Ньютона (закон внутреннего трения в жидкостях), опубликованные в XVI и XVII столетиях.

Многие практические вопросы гидравлики задолго до этого были известны в России, о чем свидетельствует большое число водяных мельниц, построенных еще в XIII веке. Однако теоретическая основа гидравлики — гидромеханика — создана значительно позже — в Петербургской Академии наук трудами ее академиком Д. Бернулли и Л. Эйлера.

Д. Бернулли, работая в России, провел исследования потока жидкости, в результате чего в 1738 г. вывел одно из основных уравнений гидравлики, которое сейчас носит его имя. Необходимо отметить, что оно является частным случаем общего физического закона сохранения энергии, который был открыт и сформулирован великим русским ученым М. В. Ломоносовым.

Л. Эйлер во второй половине XVIII столетия вывел общие дифференциальные уравнения для жидкостей, находящихся в покое и в движении, благодаря чему стало возможным дальнейшее теоретическое развитие гидромеханики.

Наряду с этим, продолжала развиваться, главным образом трудами инженеров и техников, практическая гидравлика, искавшая решений самых разнообразных вопросов, выдвигавшихся практикой. В 1791 г. в Петербурге вышла первая русская книга по практической гидравлике, в которой автор (А. Колмаков) приводил практические вычисления для строительства мельниц и трубопроводов. В 1836 г. профессор Петербургского Института корпуса инженеров путей сообщения П. П. Мельников издал первый общий курс гидравлики. А в 1907 г. по инициативе профессора В. Е. Тимонова была создана первая в России гидротехническая лаборатория при Петербургском институте путей сообщения.

Дальнейшее теоретическое развитие гидравлики связано с трудами русских и иностранных ученых: И. С. Громека, К. Э. Циолковского, Д. И. Менделеева, Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, Н. П. Петрова, К. У. Томсона, Г. Гельмгольца, О. Рейнольдса, Л. Прандтля и др.

Профессором Казанского университета И. С. Громека заложены основы теории винтовых потоков, имеющей большое практическое значение. Знаменитый русский ученый Н. Е. Жуковский, работавший в области математики, астрономии, механики, аэродинамики и авиации, гидравлики и гидродинамики, в большой степени способствовал развитию гидромеханики. Его работа о подъемной силе крыла, опубликованная в 1906 г., является исходной при расчете крыльев самолетов, пропеллеров, винтов кораблей, рабочих колес осевых турбин, насосов, вентиляторов и т. д. В результате исследований явления гидравлического удара в водопроводных трубах Н. Е. Жуковским были разработаны основы теории этого явления.

Совместно с Н. Е. Жуковским работал его ученик академик С. А. Чаплыгин, докторская диссертация которого «О газовых струях» (1902) положила начало новой науке — газовой динамике, имеющей в настоящее время очень большое значение, о чем свидетельствуют бурный рост ракетостроения и огромные достижения нашей страны в создании реактивных и турбо-реактивных двигателей, межконтинентальных баллистических ракет и первых в истории человечества искусственных спутников Земли и Солнца.

К. Э. Циолковским в 1897 г. была построена первая в России аэродинамическая труба, разработана методика эксперимента и проведена продувка простейших моделей: шара, пластины, конуса, цилиндра и других тел для определения их коэффициентов сопротивления.

Д. И. Менделеев изучал физико-химические свойства жидкостей, а также впервые показал большое значение трения в жидкостях при обтекании различных тел и высказал мысль о существовании двух режимов движения жидкостей.

Профессор Н. П. Петров является основоположником гидродинамической теории смазки.

Выдающийся русский инженер и ученый В. Г. Шухов изучал движение жидкости большой вязкости и разработал расчет нефтепроводов. Крупные работы по исследованию течения жидкости в открытых руслах принадлежат В. А. Бахметьеву, Н. Н. Павловскому, И. Г. Есьману.

Выдающийся советский ученый академик Н. Н. Павловский в результате обобщения опытных данных вывел формулы для расчета каналов и длинных трубопроводов. Исследуя движение жидкости в пористой среде (теория фильтрации), Н. Н. Павловский в 1922 г. издал очень ценный труд по напорной фильтрации, без которого невозможен расчет различных гидротехнических сооружений, подземных водозаборов и пр.

Большой вклад в развитие гидродинамики сделал выдающийся английский физик К. У. Томсон. Ему принадлежат гидродинамические исследования по распространению волн на поверхности воды, проблемы приливов. Крупнейшим немецким ученым Г. Гельмгольцем проведены фундаментальные работы по определению основных свойств вихревого движения. Английский физик О. Рейнольдс на основе многочисленных опытов исследовал физическую сущность двух режимов движения жидкостей (ламинарного и турбулентного), в результате чего он вывел один из важнейших критериев динамического подобия потоков — число  $Re$ . Немецкий ученый Л. Прандтль дал представление о пограничном слое и объяснил сопротивление тел при его отрыве; работал в области теории крыла, газовой динамики; его именем назван ряд приборов, уравнений и понятий.

На основании изложенного следует, что современная гидравлика является очень важной и широко распространенной нау-

кой. Но так как она неразрывно связана со второй частью курса — гидравлическими машинами, кратко остановимся на истории развития последних.

*Гидравлические машины служат для преобразования механической энергии в гидравлическую (насосы) и наоборот (турбины).* Они имеют широкое распространение в народном хозяйстве и играют существенную роль в механизации процессов труда. Первые гидравлические машины: двигатели — водяные колеса и поршневые насосы появились более 2000 лет тому назад и использовались для орошения, вращения мельничных жерновов, тушения пожаров и т. д.

Долгое время гидромашины не получали своего развития и только в XVI—XVIII веках в связи с ростом горной промышленности, требующей водооткачивающих устройств, и стремлением более эффективно использовать энергию открытых водотоков начали появляться все более и более совершенные гидромашины.

Одной из первых наиболее удачных конструкций насосов является центробежный насос французского физика Д. Папена (1689), но и он не улучшал условия откачивания воды, так как в то время не было достаточно мощных и имеющих необходимое число оборотов двигателей. В 1750 г. Л. Эйлер разработал теорию рабочего процесса центробежного насоса (и реактивной турбины), которая по тем же причинам долгое время не находила практического применения. В 1832 г. А. А. Саблуков изобрел центробежный вентилятор, а в 1835 г. приспособил его для поднятия воды. И лишь появление паровых турбин, двигателей внутреннего сгорания и электродвигателей повлекло за собой значительные конструктивные изменения и совершенствования различных насосов всех типов.

Развитие гидротурбин началось несколько позже, чем развитие насосов. В 1750 г. венгерским ученым Я. Сегнером была создана первая турбина, не получившая, правда, практического применения. В 1834 г. французский инженер Б. Фурнейрон построил радиальную центробежную гидротурбину, после чего во многих странах были разработаны различные проекты гидротурбин: в России И. Е. Сафоновым (1837); В. И. Рожковым (1856); во Франции Жонвалем (1837—1841), Л. Жираром (1850); в Германии Хеншелем (1837—1841); в Австрии и Чехословакии В. Капланом (1912—1922); в США И. Френсисом (1849), в Венгрии Банки (1921).

В СССР к 1930 г. сложилось три школы научного гидромашиностроения: Москва — МВТУ им. Н. Э. Баумана и несколько позднее ВИГМ; Ленинград — ЛПИ им. М. И. Калинина в содружестве с ЛМЗ; Харьков — ХПИ им. В. И. Ленина, а в настоящее время и лаборатория гидравлических машин АН УССР, а также ХТЗ им. С. М. Кирова. Достижения этих научных центров связаны с именами таких видных ученых, как И. И. Куколевский,

И. Н. Вознесенский, Г. Ф. Проскура, В. С. Квятковский, Д. А. Войташевский, С. С. Руднев, Н. А. Доллежалъ, Н. Н. Ковалев, И. Л. Повх.

Большие заслуги в области гидромашиностроения принадлежат также И. Г. Есьману, А. А. Саткевичу, А. Ф. Лесохину, Н. М. Шапову, А. А. Ломакину и др.

Образцами высоких научно-технических достижений в данной области могут служить уникальные, крупнейшие в мире, гидротурбины Волгоградской, Куйбышевской, Братской ГЭС и многочисленные, различные по конструкции как высокопроизводительные, так и высоконапорные насосы.

На высоком уровне развития находится гидромашиностроение и в некоторых зарубежных странах, например в Швейцарии, Швеции, Чехословакии, США. К наиболее крупным теоретикам зарубежного гидромашиностроения следует отнести К. Пфлейднера и В. Шпанхаке (Германия), Л. Муди и Г. Вислиценуса (США), Л. Дрейфуса (Швеция), М. Нехлеба (Чехословакия) и др.

Большие заслуги в области создания систем водоснабжения принадлежат отечественным ученым Н. Н. Гениеву и А. А. Сурину — основоположникам дисциплины «Водоснабжение», Я. М. Пашенкову, В. С. Оводову и др.

Одной из важнейших задач, которую необходимо решить инженерам-механизаторам сельского хозяйства, является создание механизированных систем водоснабжения сельскохозяйственного производства в колхозах, совхозах и на сельских промышленных предприятиях.

XXII съезд КПСС, утверждая программу строительства коммунистического общества в нашей стране, уделит большое внимание улучшению бытовых условий и благоустройству сельской местности. Одной из основных задач при решении этого вопроса является создание механизированных систем водоснабжения не только в животноводстве, но и в сельских населенных пунктах. Поэтому сельские механизаторы должны заниматься разработками рациональных систем сельскохозяйственного водоснабжения с учетом всех особенностей сельской местности.

В нашей стране большое внимание уделяется строительству гидроэлектрических станций, насосных станций, каналов, повсеместному внедрению гидравлических агрегатов, облегчающих человеческий труд и увеличивающих его производительность. А так как законы гидравлики широко используются при проектировании новых гидравлических систем и машин, то изучение их является очень важным.



Схема заглубленной насосной станции над скважиной изображена на рис. 224. Монтаж оборудования производится через люки.

На рис. 225 показана насосная станция над шахтным колодезем, оборудованная водоструйной установкой типа ВН-2-Ш.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидравлика как техническая дисциплина прежде всего должна отвечать на вопросы, поставленные техникой, практикой. Широкое применение законов гидравлики во всех отраслях техники требует от инженеров глубокого знания предмета, которое возможно лишь при правильном методе изучения дисциплины.

При изучении предмета гидравлики и ее прикладных разделов не следует сосредоточивать особое внимание на математических выводах формул, забывая при этом физическую сущность, рассматриваемого вопроса. Математический аппарат нужно использовать как средство для раскрытия и обобщения физических явлений. Необходимо всегда помнить, что каждое математическое выражение содержит определенный физический смысл, уяснив который, можно легче представить и изучить гидравлический процесс в целом.

Иногда изучающие курс, забывая о факторах, влияющих на данное явление, неправильно применяют различные формулы. Например, подсчитывают значение коэффициента потерь напора по длине трубы по формуле  $\lambda = \frac{64}{Re}$  при турбулентном режиме, хотя она пригодна только для ламинарного.

Чтобы избежать подобных ошибок, изучая предмет, целесообразно в различного рода выводах и доказательствах придерживаться приведенного в предисловии плана.

Проиллюстрируем пользование этой последовательностью при изучении курса на примере определения местной скорости при ламинарном движении жидкости в трубе круглого сечения (см. раздел 2 главы 5).

1. Ламинарное движение — установившееся, слоистое. Скорость слоев изменяется от нуля (у стенок) до максимума (по оси трубы). В трубе круглого сечения поверхности равных скоростей — круговые цилиндры, поэтому для исследования выбирается цилиндрический объем жидкости с некоторым радиусом  $r$  и длиной  $l$ .

2. В установившемся движении скорость не зависит от времени и сила инерции в выделенном объеме отсутствует, поэтому движение жидкости происходит под действием сил давления  $P_1$  и  $P_2$  и силы трения  $T$ . Сила тяжести  $G$  и результирующая силы давления  $P$  на боковую поверхность цилиндра взаимно уравновешиваются (в случае горизонтального расположения трубы).

3. Необходимо определить (вывести формулу) местную скорость в любой точке жидкости.

4. Выделенный цилиндр находится в равновесии, поэтому применяем теорему механики твердого тела  $\Sigma F_x = \Sigma F_y = \Sigma F_z = 0$  или в рассматриваемом случае  $P_1 - P_2 - T = 0$  н.

5. Преобразование полученного уравнения и интегрирование его дает формулу (87).

6. Уравнение (87) свидетельствует о том, что график распределения скоростей по сечению трубы — параболоид вращения. При постоянных  $i$  и  $r_0$  скорость в каждой точке обратно пропорциональна  $r$ . Из уравнения (87) можно получить формулу (88) для определения максимальной местной скорости в трубе.

Изучая какой-либо из разделов предмета, прежде всего необходимо усвоить основные понятия и определения, например давление (абсолютное, избыточное, вакуум), плотность, вязкость и коэффициенты вязкости; центр давления; тело давления; местная, осредненная и средняя скорости; линия и трубка тока; живое сечение; установившееся, неустановившееся, равномерное, плавно изменяющееся движение; удельная энергия; напор; объемные, лопастные насосы; кавитация; высота всасывания; активные и реактивные турбины и т. п.

Курс можно считать достаточно усвоенным, если изучавший его хорошо разбирается в основных задачах предмета:

- а) определение давления в любой точке жидкости;
- б) определение силы давления на различные поверхности;
- в) гидравлический расчет трубопроводов;
- г) определение расхода при истечении жидкости из насадок, отверстий и через водосливы;
- д) определение силы воздействия струи на различные поверхности;
- е) определение повышения давления при прямом гидравлическом ударе;
- ж) определение манометрического и потребного напоров насоса;
- з) основное уравнение центробежных машин и его применение;
- и) характеристики центробежного насоса, его работа в сети;
- к) работа поршневых насосов с воздушными колпаками и без них;
- л) принцип действия и производительность насосов объемного типа;
- м) принцип действия и область применения гидроподъемников;
- н) водохозяйственный расчет при проектировании системы водоснабжения (определение характерных расходов, расчет графиков водопотребления и др.);
- о) расчет регулирующей емкости системы водоснабжения;
- п) расчет мощности насосной станции и выбор основного оборудования;
- р) типы насосных станций и область их применения;
- с) расчет экономически наиболее выгодного варианта насосной станции по числу часов работы станции в сутки.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие . . . . .	3
Введение. Гидравлика и ее краткий исторический обзор . . . . .	4

### ЧАСТЬ I. ГИДРАВЛИКА

#### *Глава первая. Жидкость, ее определение и главнейшие физические свойства*

1. Определение жидкости. Понятие о «невязкой» жидкости . . . . .	9
2. Главнейшие физические свойства жидкостей . . . . .	10
3. Силы, действующие в жидкостях . . . . .	14

#### *Глава вторая. Гидростатика*

1. Свойства гидростатического давления . . . . .	16
2. Распределение давления в жидкости, находящейся в равновесии под действием сил тяжести и давления . . . . .	16
3. Приборы для измерения давления . . . . .	17
4. Эпюры гидростатического давления . . . . .	24
5. Сила гидростатического давления на плоские поверхности и точка ее приложения . . . . .	26
6. Сила гидростатического давления на криволинейные поверхности и точка ее приложения . . . . .	31
7. Гидростатический расчет труб и резервуаров . . . . .	34
8. Элементы теории плавания . . . . .	36
9. Закон Паскаля и его техническое применение . . . . .	38
10. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнение Эйлера) . . . . .	41
11. Равновесие жидкости в неподвижном сосуде. Основное уравнение гидростатики . . . . .	44
12. Равновесие жидкости в сосуде, который движется прямолинейно с постоянным ускорением . . . . .	46
13. Равновесие жидкости в сосуде, равномерно вращающемся вокруг вертикальной оси . . . . .	48
14. Равновесие жидкости в сосуде, равномерно вращающемся вокруг горизонтальной оси . . . . .	51

#### *Глава третья. Техническая гидродинамика*

1. Некоторые кинематические характеристики и модель потока . . . . .	54
2. Основные уравнения гидродинамики для трубки тока в установившемся движении . . . . .	55

3. Потоки жидкости конечных размеров. Основные понятия . . . . .	58
4. Основные уравнения гидродинамики для потоков конечных размеров . . . . .	60
5. Примеры, иллюстрирующие уравнения непрерывности потока и постоянства энергии. Схема решения задач с помощью уравнения Бернулли . . . . .	63
6. Приборы для измерения расхода и скорости жидкости . . . . .	67
7. Явление кавитации . . . . .	72
<b>Глава четвертая. Режимы движения вязкой жидкости</b>	
1. Движение реальной жидкости . . . . .	75
2. Основное уравнение равномерного движения жидкости . . . . .	80
3. Опыты Рейнольдса по установлению режимов движения жидкости . . . . .	81
4. Понятие о моделировании и критериях подобия . . . . .	84
5. Элементы гидродинамической теории смазки . . . . .	87
<b>Глава пятая. Ламинарное движение жидкости в трубе круглого сечения</b>	
1. Общая характеристика . . . . .	93
2. Скорость и расход жидкости . . . . .	94
3. Потери напора. Мощность, затрачиваемая на трение . . . . .	96
<b>Глава шестая. Турбулентное движение жидкости в трубе круглого сечения</b>	
1. Общая характеристика . . . . .	98
2. Потери энергии . . . . .	101
3. Коэффициент сопротивления по длине трубы $\lambda$ . . . . .	104
4. Решение задач по определению средней скорости потока методом последовательных приближений . . . . .	107
<b>Глава седьмая. Местные сопротивления</b>	
1. Коэффициент местного сопротивления . . . . .	111
2. Потери напора при внезапном расширении . . . . .	112
3. Некоторые типы местных потерь . . . . .	115
<b>Глава восьмая. Гидравлический расчет трубопроводов</b>	
1. Гидравлический расчет простого трубопровода . . . . .	121
2. Характеристика трубопровода . . . . .	123
3. Сифонный трубопровод . . . . .	124
4. Расчет длинных трубопроводов . . . . .	127
5. Расчет простых длинных трубопроводов (типы задач) . . . . .	134
6. Расчет систем трубопроводов . . . . .	137
7. Расчет трубопроводов с непрерывно распределенным расходом . . . . .	144
8. Гидравлический расчет длинных трубопроводов при ламинарном режиме . . . . .	146
<b>Глава девятая. Гидравлический удар в трубопроводах</b>	
1. Физическая сущность явления . . . . .	147
2. Повышение давления при прямом гидравлическом ударе . . . . .	150
3. Меры снижения ударного давления . . . . .	152
4. Гидравлический таран . . . . .	153
<b>Глава десятая. Истечение жидкости через отверстия, насадки и водосливы</b>	
1. Истечение из малого отверстия с острой кромкой при постоянном напоре . . . . .	155
2. Истечение из большого отверстия в вертикальной стенке при постоянном напоре . . . . .	156

3. Краткие сведения о водосливах . . . . .	158
4. Истечение из насадок при постоянном напоре . . . . .	159
5. Истечение из затопленных отверстий и насадок при постоянном напоре . . . . .	164
6. Истечение при переменном напоре. Время опорожнения резервуара . . . . .	165

**Глава одиннадцатая. Взаимодействие потока жидкости с твердыми телами**

1. Сила воздействия струи на вертикальную плоскую поверхность . . . . .	168
2. Сила воздействия струи на криволинейную поверхность . . . . .	170
3. Сила реакции вытекающей струи . . . . .	171

**ЧАСТЬ II**

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

**Глава двенадцатая. Общие сведения о насосах**

1. Назначение насосов и их классификация . . . . .	173
2. Основные величины, характеризующие работу насоса . . . . .	174

**Глава тринадцатая. Центробежные насосы**

1. Принцип действия центробежных насосов . . . . .	180
2. Основное уравнение работы центробежных машин (уравнение Эйлера) . . . . .	184
3. Статическая и динамическая части напора насоса. Влияние угла $\beta_2$ на напор . . . . .	187
4. Характеристики центробежных насосов . . . . .	189
5. Работа насоса в сети. Совместная работа нескольких насосов . . . . .	192
6. Элементы теории подобия центробежных насосов. Понятие о коэффициенте быстроходности . . . . .	195
7. Работа насоса при переменном числе оборотов. Регулирование производительности . . . . .	198

**Глава четырнадцатая. Поршневые насосы**

1. Классификация и принцип действия поршневых насосов . . . . .	202
2. Производительность и графики подачи поршневых насосов . . . . .	204
3. Работа поршневого насоса без воздушных колпаков . . . . .	207
4. Работа поршневого насоса с воздушными колпаками . . . . .	211
5. Индикаторная и полезная мощность насоса . . . . .	216

**Глава пятнадцатая. Краткие сведения о некоторых других типах насосов**

1. Осевые насосы . . . . .	220
2. Некоторые типы объемных насосов . . . . .	224
3. Струйные насосы . . . . .	228

**Глава шестнадцатая. Гидроподъемники**

1. Воздушный гидроподъемник (эрлифт) . . . . .	231
2. Электромагнитный вибрационный водоподъемник . . . . .	233
3. Инерционный водоподъемник . . . . .	233

**Глава семнадцатая. Элементы гидропередач**

1. Объемные гидравлические передачи . . . . .	235
2. Гидродинамические передачи . . . . .	237

**Глава восемнадцатая. Гидравлические турбины**

1. Классификация и принцип действия гидротурбин . . . . .	240
2. Гидротурбины реактивного типа . . . . .	242
3. Гидротурбины активного типа . . . . .	245

ЧАСТЬ III.

ОСНОВЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Глава девятнадцатая. Общие сведения по водоснабжению*

1. Виды водопотребителей и нормы водопотребления . . . . .	248
2. Требования, предъявляемые к воде при сельскохозяйственном водоснабжении . . . . .	256

*Глава двадцатая. Источники сельскохозяйственного водоснабжения и их краткая характеристика. Водозаборные сооружения*

1. Поверхностные источники воды . . . . .	257
2. Забор воды из поверхностных источников . . . . .	258
3. Подземные источники . . . . .	261
4. Шахтные колодцы . . . . .	263
5. Конструктивные особенности шахтных колодцов . . . . .	266
6. Скважины . . . . .	270
7. Фильтры трубчатых колодцев . . . . .	271

*Глава двадцать первая. Водохозяйственные расчеты и насосные станции*

1. Режимы водопотребления и определение характерных расходов . . . . .	275
2. Определение регулирующей емкости водонапорной башни . . . . .	277
3. Определение мощности насосной станции . . . . .	280
4. Некоторые типы насосных станций . . . . .	284

<b>З а к л ю ч е н и е</b> . . . . .	293
--------------------------------------	-----

**Борис Васильевич Карасев**  
**Валерий Иванович Дечев**

**ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ  
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

Обложка художника *В. Л. Лашкевича*. Редактор *Д. Ф. Ермаков*. Художественный редактор *Ю. А. Карачун*. Технический редактор *М. М. Катюшина*. Корректор *И. Н. Чебышева*

АТ 14499. Сдано в набор 30/III 1965 г. Подписано к печати 21/VIII 1965 г. Формат  $60 \times 90^{1/16}$ .  
Физ. печ. л. 18,75. Уч.-изд. л. 18,05. Тираж 2900 экз. Заказ 184. Цена 1 р. 05 к.

Издательство «Урожай» Государственного комитета Совета  
Министров БССР по печати

Минск, Инструментальный пер., 11.

Типография издательства «Звезда», Минск, Ленинский проспект, 79.