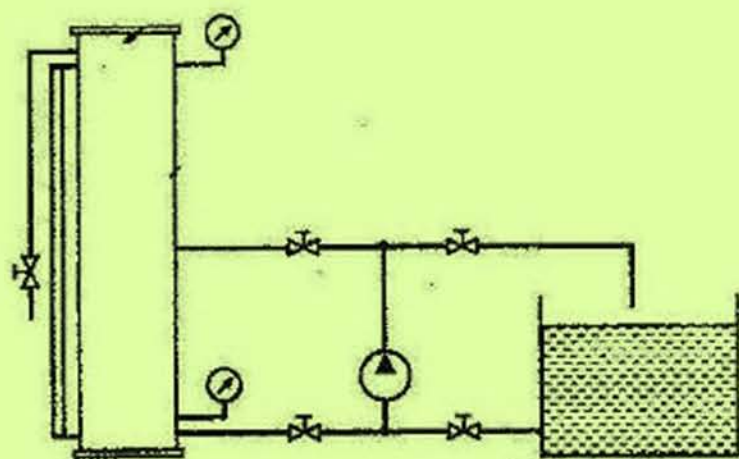


ГИДРАВЛИКА

Часть первая

ГИДРОСТАТИКА



Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»

ГИДРАВЛИКА

Часть первая

ГИДРОСТАТИКА

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебно-методического пособия
к проведению лабораторных работ для студентов специальностей

150405 Машины и оборудование лесного комплекса,
220301 Автоматизация технологических процессов и производств,
250403 Технология деревообработки,
240406 Технология химической переработки древесины

3-е издание



Москва

Издательство Московского государственного университета леса
2007

Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. для направлений подготовки дипломированных специалистов 651600 «Технологические машины и оборудование», 657900 «Автоматизированные технологии и производства», 656300 «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств» и 655000 «Химическая технология органических веществ и топлива» на основе примерной программы дисциплины «Гидравлика (Механика жидкости и газа)». Рекомендовано для студентов очной и заочной форм обучения

**Авторы: Г. Н. Афанасьев, А. С. Савицкий, А. А. Шевляков,
М. В. Лопатников**

Рецензент: к.т.н., доцент А. В. Хроменко

**Работа подготовлена на кафедре процессов и аппаратов
деревообрабатывающих производств**

Гидравлика.

**Г46 Ч. 1. Гидростатика : учеб.-методич. пособие. – 3-е изд. – М. : ГОУ
ВПО МГУЛ, 2005. – 16 с. : ил.**

УДК 621.22 (075.8)

© Г. Н. Афанасьев, А. С. Савицкий,
А. А. Шевляков, М. В. Лопатников, 2003
© ГОУ ВПО МГУЛ, 2007

Введение

Настоящее учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ предназначено для студентов специальностей 150405, 220301, 250403, 240406, изучающих курсы «Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод», «Гидравлика», «Процессы и аппарат». Учебно-методическое пособие состоит из 5 частей, каждая из которых оформлена отдельным изданием и относится к определенному разделу изучаемого курса:

- 1) часть I – гидростатика;
- 2) части II и III – гидродинамика;
- 3) часть IV – гидравлические машины;
- 4) часть V – гидропривод.

Выполнение всех лабораторных работ проводится на специализированных лабораторных стендах, установленных в учебной лаборатории кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств. Универсальность и возможность изменения гидравлических параметров в широких пределах позволяют выполнять на этих стендах лабораторные работы с элементами научных исследований.

Описание каждой лабораторной работы содержит следующее: основные теоретические положения, цель работы, порядок выполнения и обработки полученных данных, анализ результатов и контрольные вопросы. Оформление результатов лабораторных работ производится на специальных бланках, входящих в «Журнал лабораторных работ», который выдается каждому студенту перед началом занятий в лаборатории.

Учебно-методическое пособие рассчитано на самостоятельную подготовку студентов к проведению лабораторных работ. Проводятся лабораторные работы под руководством преподавателя или учебного мастера. Допуск к проведению лабораторной работы дает преподаватель на основе проверки знания студентом теоретических основ и порядка выполнения лабораторной работы, изложенных в ее описании.

После выполнения лабораторной работы и оформления протокола студент должен защитить ее перед преподавателем в индивидуальном порядке. При подготовке к лабораторной работе и, особенно, к ее защите студент обязан изучить не только основы теории, изложенные в настоящем учебно-методическом пособии, но и материал лекций (учебника) по данному разделу дисциплины.

Перед началом работ в лаборатории каждый студент должен ознакомиться с техникой безопасности и правилами выполнения лабораторных работ на гидравлических стендах, которые приведены в конце первой части настоящего учебно-методического пособия, и расписаться в журнале по технике безопасности.

Основным элементом лабораторного стенда (рис. 1) является гидростатическая колонна 1. Она представляет собой вертикальную металлическую трубу с внутренним диаметром 0,2 м и высотой 3 м, герметично закрытую с двух торцов фланцами. В верхнюю часть колонны вмонтирована воздушная трубка, которая позволяет путем открытия вентиля 3 соединять внутреннее пространство колонны с внешней средой.

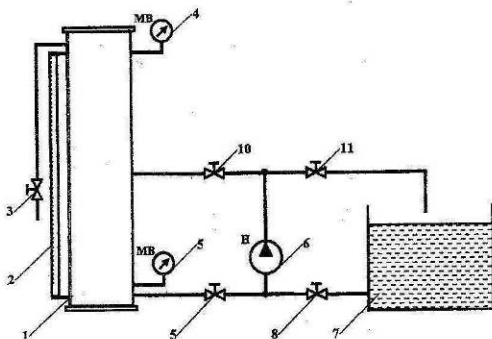


Рис. 1. Схема лабораторного стенда

Система измерения давления состоит из двух мановакуумметров 4 и 5, которые позволяют измерять давление соответственно над свободной поверхностью жидкости и на некоторой ее глубине. Для измерения уровня жидкости в колонне имеется водомерная стеклянная трубка 2 с масштабной линейкой. Масштабная линейка имеет цену деления 5 мм. Начало масштабной линейки совмещено с уровнем, на котором измеряют давление нижним мановакуумметром 5.

Для подачи жидкости в колонну и ее откачивания смонтирована гидравлическая схема, состоящая из бака для воды 7, центробежного насоса 6 и системы трубопроводов с запорными кранами 8, 9, 10 и 11. Путем комбинации открытых и закрытых положений указанных кранов можно менять направление движения воды в гидростенде, направляя ее либо из бака в колонну, либо, наоборот, из колонны в бак. При закрытом положении крана риска на его пробке расположена поперек трубопровода, а при открытом — вдоль него.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ПОКОЯЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ

1. Общие понятия и закономерности в гидростатике

Гидростатическое давление

На жидкость, находящуюся в покое, действуют силы двух видов:

- *Поверхностные силы*, непрерывно распределенные по поверхности жидкости; например, силы от давления поршня или стенок сосуда, атмосферного давления или некоторого другого внешнего давления окружающей среды;
- *объемные (массовые) силы*, непрерывно распределенные по объему жидкого тела, — силы тяжести, силы инерции, центробежные силы.

Под действием этих сил в жидкости создается гидростатическое давление, которое определяется как

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S},$$

где p — давление в рассматриваемой точке, Па;

ΔS — элементарная площадка, м^2 ;

ΔF — равнодействующая всех приложенных к элементарной площадке ΔS сил — суммарная сила давления, Н.

Давление направлено по нормали к площадке, и его величина не зависит от ориентации площадки в пространстве.

Измерение давления

За единицу измерения давления в системе СИ принят 1 Паскаль, численно равный силе в 1 Н, равномерно распределенной на площади 1 м^2 , то есть $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. Учитывая малость этой величины, на практике чаще пользуются ее производными: $1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}$ и $1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$.

В технике и на производстве все еще широко распространено измерение давления в кг/см^2 — техническая атмосфера. Эта единица измерения связана с Па соотношением $1 \text{ кг/см}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

Применяют и внесистемные единицы измерения давления:

бар	— $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$;
физическая атмосфера	— $1 \text{ атм} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$;
миллиметр ртутного столба	— $1 \text{ мм рт. ст.} = 133,32 \text{ Па}$;
миллиметр водного столба	— $1 \text{ мм вод. ст.} = 9,81 \text{ Па}$.

При измерении любой физической величины важно знать не только единицу измерения, но и точку, выбранную за начало отсчета. При измерении давления на практике используют две шкалы измерения, имеющие

соответственно различные точки отсчета.

Если за начало отсчета принят абсолютный ноль – абсолютный вакуум, то такое давление принято называть абсолютным давлением и обозначать $p_{абс}$.

В технике принято отсчитывать давление от условного нуля, за который принято давление атмосферного воздуха $p_{атм} = 9,81 \cdot 10^4$ Па, или приблизительно $p_{атм} \approx 10^5$ Па (0,1 МПа). Поэтому вводится понятие избыточного $p_{изб}$ и вакуумметрического $p_{вак}$ давления.

Избыточное давление – это превышение давления над атмосферным давлением.

Вакуумметрическое давление – это недостаток давления до атмосферного давления.

В случае избыточного давления абсолютное давление определяют по зависимости

$$p_{абс} = p_{атм} + p_{изб}.$$

В случае вакуумметрического давления (разрежения) абсолютное давление определяют по зависимости

$$p_{абс} = p_{атм} - p_{вак}.$$

В случае, если давление равно атмосферному, его избыточное и вакуумметрическое давление равны нулю:

$$p_{изб} = p_{вак} = 0,$$

а абсолютное давление в этом случае равно атмосферному:

$$p_{абс} = p_{атм}.$$

Для наглядности соотношение между абсолютным, избыточным и вакуумметрическим давлениями удобно изображать в виде схемы, представленной на рис. 2.

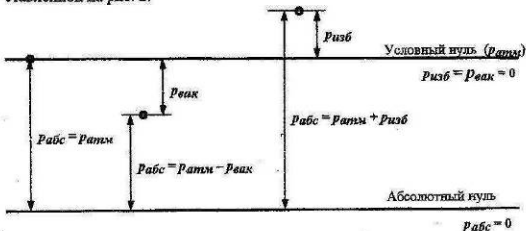


Рис. 2. Схема соотношения между абсолютным, избыточным и вакуумметрическим давлениями

Основное уравнение гидростатики

Давление p в любой точке, находящейся в равновесии под действием сил тяжести жидкости, определяют по основному уравнению гидростатики

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h,$$

где p_0 – давление на свободной поверхности жидкости, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h – глубина погружения точки, м.

Свободной поверхностью жидкости называют ее поверхность, соприкасающуюся с газообразной средой – воздухом. Для жидкости, находящейся под действием только сил тяжести, свободная поверхность представляет собой горизонтальную плоскость. В некоторых частных случаях как свободную поверхность можно рассматривать и поверхность, находящуюся под непосредственным давлением поршня или под давлением другой жидкости.

Приборы для измерения давления

Для измерения давления жидкости или газа применяются различные приборы, которые в зависимости от вида и величины измеряемого давления условно делятся на манометры – для измерения избыточного давления; вакуумметры – для измерения вакуумметрического давления (разрежения); мановакуумметры – для измерения избыточного и вакуумметрического давления; дифференциальные манометры – для измерения разности (перепада) давлений в двух заданных точках. Указанные приборы могут быть жидкостными, пружинными, поршневыми, электрическими и комбинированными.

В практике наибольшее распространение получили пружинные и жидкостные приборы. Жидкостные манометры дают наибольшую точность измерений, но могут измерять давления до 0,3 МПа. Для измерения давлений более 0,2...0,3 МПа применяют механические манометры – пружинные и мембранные.

2. Цель работы

- 1) Научиться определять давление в покоящейся жидкости.
- 2) Экспериментально проверить основное уравнение гидростатики при различных давлениях на свободной поверхности жидкости.

3. Порядок выполнения работы

Опыт 1. Давление на свободной поверхности жидкости больше атмосферного давления ($p_0 > p_{атм}$).

Для проведения опыта необходимо:

- 1) закрыть вентиль 3 на воздушной трубке (см. рис.1);
- 2) собрать гидравлическую схему для подачи воды из бака через насос в гидростатическую колонну 1, для чего закрыть вентили 8, 10 и открыть вентили 9, 11;
- 3) включить насос и заполнить гидростатическую колонну водой до высоты столба жидкости не более 1,7...1,8 м по мерному стеклу;
- 4) закрыть пробковый кран 9;
- 5) выключить насос;
- 6) снять и занести в протокол испытаний следующие показания:
 - высоту столба жидкости в колонне по мерному стеклу;
 - показания верхнего и нижнего мановакуумметров.

Опыт 2. Давление на свободной поверхности жидкости равно атмосферному давлению ($p_0 = p_{атм}$).

Для проведения опыта необходимо:

- 1) открыть вентиль 3 на воздушной трубке (см. рис.1), уравнив тем самым давление на свободной поверхности жидкости в колонне с давлением атмосферного воздуха;
- 2) снять и занести в протокол испытаний следующие показания:
 - высоту столба жидкости в колонне по мерному стеклу;
 - показания верхнего и нижнего мановакуумметров.

Опыт 3. Давление на свободной поверхности жидкости меньше атмосферного давления ($p_0 < p_{атм}$).

Для проведения опыта необходимо:

- 1) закрыть вентиль 3 на воздушной трубке (см. рис.1);
- 2) собрать гидравлическую схему для подачи воды из гидростатической колонны через насос в бак, для чего открыть вентили 8, 10 и закрыть вентили 9, 11;
- 3) включить насос и откачать жидкость из гидростатической колонны до высоты столба жидкости 0,2...0,3 м по мерному стеклу;
- 4) закрыть пробковый кран 8;
- 5) выключить насос;
- 6) снять и занести в протокол испытаний следующие показания:
 - высоту столба жидкости в колонне по мерному стеклу;
 - показания верхнего и нижнего мановакуумметров.

4. Обработка результатов

Обработка опытных данных сводится к вычислению по основному уравнению гидростатики высоты жидкости в гидростатической колонне

$h_{расч}$ и сопоставлению полученного значения с результатом измерения уровня жидкости $h_{эксп}$ по шкале водомерной трубки.

Расчеты рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- 1) перевести показания мановакуумметров в Па;
- 2) перевести давления, измеренные во всех трех опытах, в абсолютные давления;
- 3) рассчитать для каждого опыта высоту столба жидкости в гидростатической колонне по выражению, полученному из основного уравнения гидростатики:

$$h_{расч} = \frac{p - p_0}{\rho \cdot g};$$

- 4) Сопоставить расчетное и экспериментально найденное значения высоты жидкости в гидростатической колонне и рассчитать относительную погрешность проведенных опытов по выражению

$$\delta = \frac{|h_{расч} - h_{эксп}|}{h_{эксп}} \cdot 100 \, \%.$$

Контрольные вопросы

1. Что называется гидростатическим давлением?
2. Как направлена сила гидростатического давления, действующая на элементарную площадку?
3. Что называется свободной поверхностью жидкости?
4. Что такое избыточное давление?
5. Что такое вакуумметрическое давление?
6. Какое давление мы называем абсолютным?
7. Как связаны между собой абсолютное и избыточное давления?
8. Как найти абсолютное давление, если известно вакуумметрическое?
9. Существуют ли предельные значения для величины избыточного и вакуумметрического давлений?
10. В каких единицах измеряется давление?
11. Что такое Паскаль?
12. Напишите основное уравнение гидростатики.
13. Какова цель проведения лабораторной работы?
14. Изложите порядок проведения лабораторной работы.
15. Как в отсутствие мерного стекла определить уровень воды в гидростатической колонне по показаниям мановакуумметров?
16. На какую величину будут отличаться показания верхнего и нижнего мановакуумметров: а) при открытом кране на воздушной трубке; б) при закрытом кране на воздушной трубке?

17. Какие приборы применяются для измерения давления?
18. Какое давление (абсолютное, вакуумметрическое или избыточное) измеряет манометр?
19. При каких условиях верхний мановакуумметр покажет ноль давления?

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ НА УНИВЕРСАЛЬНОМ ЛАБОРАТОРНОМ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ СТЕНДЕ

1. Перед началом проведения первой лабораторной работы в гидравлической лаборатории студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в журнале.

Общий инструктаж проводит преподаватель, ведущий занятия.

2. Каждый студент получает настоящее учебно-методическое пособие и журнал с бланками для оформления лабораторных работ.

3. При подготовке к выполнению лабораторной работы студент должен хорошо усвоить теоретические положения, цель и порядок выполнения работы, а также оформить бланк: вычертить необходимые схемы, привести расчетные формулы и т. п. Студент допускается к выполнению лабораторной работы только после удовлетворительного ответа на вопросы преподавателя по теории и методике ее проведения.

4. Студент может приступить к выполнению лабораторной работы только после получения от преподавателя допуска на проведение работы.

5. Студент, не подготовившийся по теории и не оформивший бланк до начала занятий, к выполнению лабораторной работы не допускается. В этом случае студент выполняет лабораторные работы в конце семестра в специально отведенное время, но не более двух работ за один раз.

6. Студент выполняет лабораторную работу на том стенде, который ему указал преподаватель.

7. Включение и выключение насосов, подающих воду в лабораторные стенды, производится преподавателем или учебным мастером.

8. При выполнении лабораторной работы студент должен бережно относиться к оборудованию, не допуская его поломки.

9. В случае обнаружения какой-нибудь неисправности или поломки студент обязан поставить в известность об этом преподавателя. Самостоятельно устранять неисправность не разрешается.

10. После выполнения лабораторной работы студент должен ознакомить преподавателя с результатами, получить от него разрешение, закрыть вентили на стенде и приступить к обработке полученных результатов.

11. Все таблицы в бланке лабораторной работы заполняются чернилами или шариковой ручкой; графики выполняются на миллиметровой бумаге и наклеиваются на бланк.

12. Перед выполнением каждой последующей лабораторной работы студент обязан представить преподавателю полностью оформленную предыдущую работу для проверки.

13. Студент имеет право защищать лабораторную работу только после проверки преподавателем полученных результатов и подписания им бланка.

Защита проводится в назначенное преподавателем время. При защите студент должен показать глубокие знания по теории вопроса и ее применению для решения практических задач, знание методики проведения эксперимента и обработки опытных данных.

В лаборатории не разрешается:

- 1) ходить по лаборатории, если это не связано с выполнением лабораторной работы;
- 2) переходить от одного стенда к другому;
- 3) самостоятельно включать другие стенды;
- 4) крутить вентили, ручки, включать приборы и аппараты, не относящиеся к выполнению данной лабораторной работы;
- 5) запрещено касаться клемм электроприборов, токоведущих кабелей и других аппаратов, находящихся под напряжением;
- 6) покидать помещение лаборатории без разрешения преподавателя.

При возникновении пожара (загорания), протекания воды, признаков неисправности электропроводки или другой аварийной ситуации студент, обнаруживший это, обязан немедленно доложить об этом преподавателю или учебному мастеру.

Лица, виновные в нарушении порядка в лаборатории, а также в порче (поломке) оборудования, несут административную и материальную ответственность в соответствии с существующим законодательством.

Литература

1. Обливин А.Н., Прокофьев Н.С., Киприанов А.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник. – М.: МГУЛ, 2002. – 656 с.
2. Осипов П.Е. Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 424 с.
3. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
4. Лебедев Н.И. Гидравлика, гидравлические машины и объемный гидропривод. – М.: МГУЛ, 2000. – 232 с.

Оглавление

Введение	3
Описание универсального стенда	4
Лабораторная работа 1	
Определение давления в покоящейся жидкости	6
Техника безопасности	12
Литература	14

Учебное издание

**Афанасьев Геннадий Николаевич
Савицкий Анатолий Станиславович
Шевляков Александр Александрович
Лопатников Михаил Викторович**

ГИДРАВЛИКА

Часть первая ГИДРОСТАТИКА

*Редактор Е. Г. Петрова
Компьютерный набор и верстка А. А. Шевлякова*

По тематическому плану внутривузовских изданий учебной литературы на 2007 г., доп.

Подписано в печать 10.09.2007. Формат 60×90 1/16. Бумага 80 г/м²
Гарнитура «Таймс». Ризография. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 280 экз. Заказ № 497.

Издательство Московского государственного университета леса.
141005, Мытищи-5, Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.
E-mail: izdat@mgul.ac.ru

По вопросам приобретения литературы издательства ГОУ ВПО МГУЛ
обращаться в отдел реализации.
Телефон: (498) 687-37-14.

БЕСПЛАТНО

