

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
"ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждаю
Зам. директора ЮТИ ТПУ
по УР

_____ А.Б.Ефременков

“ _____ ”

_____ 2007 г.

ИЛЛЮСТРАЦИЯ УРАВНЕНИЯ БЕРНУЛЛИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу
«Гидравлика» для студентов вечерней и заочной (ускоренной) форм
обучения направлений 651400-«Машиностроительные технологии и
оборудование» и 660300-«Агроинженерия»

УДК 621.62

Иллюстрация уравнения Бернулли: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов вечерней и заочной (ускоренной) форм обучения направлений 651400-«Машиностроительные технологии и оборудование» и 660300-«Агроинженерия» – Юрга: Изд-во ЮТИ ТПУ, 2007. – 8 с.

Составители
ассистент
ст. преп.

А.А. Казанцев
М.Ю. Блащук

Рецензент д.т.н., проф.
кафедры ТПМ ТПУ

Л.А. Саруев

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры горно-шахтного оборудования ММФ " _____ " _____ 2007 г.

Зав. кафедрой
доц., канд. техн. наук

П.В. Бурков

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: опытное подтверждение уравнения Д. Бернулли, т.е. понижения механической энергии по течению и перехода потенциальной энергии в кинетическую и обратно (связи давления со скоростью).

2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

До начала работы студент обязан самостоятельно подготовиться к выполнению лабораторной работы: ознакомиться с настоящими методическими указаниями, усвоить теоретические сведения, назначение объекта исследования согласно п. 3, изучить положение об охране труда согласно п. 7 и подготовить бланк отчета согласно п. 5 настоящих методических указаний. В начале лабораторного занятия преподаватель выполняет контроль степени подготовленности каждого студента к выполнению работы. Студенты, уровень подготовленности которых не соответствует вышеизложенным требованиям, к выполнению работы не допускаются.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Уравнение Д. Бернулли выражает закон сохранения энергии и для двух сечений потока реальной жидкости в упрощенном виде записывается так:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{TP}, \quad (1)$$

где P – давление;

V – средняя скорость потока в сечении;

ρ – плотность жидкости;

g – ускорение свободного падения;

h_{TP} – суммарные потери напора на преодоление гидравлических сил трения между сечениями 1-1 и 2-2;

индексы «1» и «2» указывают номер сечения, к которому относится величина.

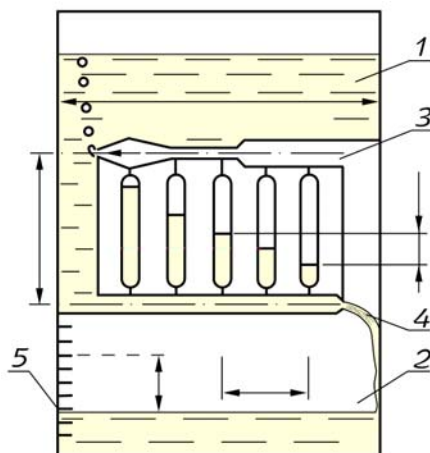
Слагаемые уравнения выражают **энергии**, приходящиеся на единицу веса (силы тяжести) жидкости, которые в гидравлике принято называть напорами: $P/(\rho g) = H_p$ – **пьезометрический** напор (потенциальная энергия), $V^2/(2g) = H_k$ – **скоростной** напор (кинетическая энергия), $P/(\rho g) + V^2/(2g) = H$ – **полный** напор (полная механическая энергия жидкости), h_{TP} – потери напора (механической энергии за счет ее преобразования в тепловую энергию). Такие энергии измеряются в единицах длины, т.к. Дж/Н = Нм/Н = м.

Из уравнения следует, что в случае отсутствия теплообмена потока с внешней средой полная удельная энергия (включая тепловую) неизменна вдоль потока, и поэтому изменение одного вида энергии приводит к противоположному по знаку изменению другого. Таков энергетический смысл уравнения Бернулли. Например, при расширении потока скорость V и, следовательно, кинетическая энергия $V^2/(2g)$ уменьшаются, что в силу сохранения баланса вызывает увеличение потенциальной энергии $P/(\rho g)$. Другими словами, понижение скорости потока V по течению приводит к возрастанию давления P , и наоборот.

Описание лабораторной установки

Устройство содержит баки 1 и 2, сообщаемые через опытные каналы переменного 3 и постоянного 4 сечений (рис. 1). Каналы соединены между собой равномерно расположенными пьезометрами $I-V$, служащими для измерения пьезометрических напоров в характерных сечениях. Устройство заполнено подкрашенной водой. В одном из баков предусмотрена шкала 5 для измерения уровня воды.

При переворачивании устройства благодаря постоянству напора истечения H_0 во времени, обеспечивается установившееся движение воды в нижнем канале. Другой канал в это время пропускает воздух, вытесняемый жидкостью из нижнего бака в верхний.



*Рис. 6.1. Схема лабораторной установки
1,2 – баки; 3,4 – опытные каналы переменного и постоянного сечения;
5 – равномерная шкала; I-V – пьезометры*

4 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

- 4.1 Ознакомиться с организацией проведения работы по п.2;
- 4.2 Ознакомиться с характеристикой, назначением и областью применения объекта исследования по п.3;
- 4.3 Оформить отчет по лабораторной работе по п.5;

4.4 Выполнить необходимые расчеты и измерения и записать данные в таблицу 1:

- При заполненном водой баке 2 (рис. 1) перевернуть устройство для получения течения в канале переменного сечения 3.
- Снять показания пьезометров $H_{II}=P/(\rho g)$ по нижним частям менисков воды в них.
- Измерить время t перемещения уровня в баке на произвольно заданную величину S .
- По размерам A и B поперечного сечения бака, перемещению уровня S и времени t определить расход Q воды в канале, а затем скоростные H_K и полные H напоры в сечениях канала по порядку, указанному в таблице 1
- Вычертить в масштабе канал с пьезометрами (рис. 2). Соединив уровни жидкости в пьезометрах и центром выходного сечения VI, получить **пьезометрическую линию** 1, показывающую изменение потенциальной энергии (давления) вдоль потока. Для получения **напорной линии** 2 (линии полной механической энергии) отложить от оси канала полные напоры H и соединить полученные точки.
- Проанализировать изменение полной механической H , потенциальной $P/(\rho g)$ и кинетической $V^2/(2g)$ энергий жидкости вдоль потока; выяснить соответствие этих изменений уравнению Бернулли.

Таблица 1

№ п/п	Наименование величин	Обозначения, формулы	Сечения канала					
			I	II	III	IV	V	VI
1.	Площадь сечения канала, см ²	ω						
2.	Уровень жидкости, см	S						
3.	Время перемещения уровня в баке, с	t						
4.	Расход жидкости, см ³ /с	$Q = ABS / t$						
5.	Средняя скорость, см/с	$V = Q/\omega$						
6.	Пьезометрический напор, см	$H_{II}=P/(\rho g)$						
7.	Скоростной напор, см	$H_K=V^2/(2g)$						
8.	Полный напор, см	$H= P/(\rho g) + V^2/(2g)$						

$A=21$ см; $B=4$ см; размеры сечений: I, II и V – $1 \times 0,5$ см; III, IV и VI – $0,5 \times 0,5$ см

4.5. Проанализировать полученную информацию и сделать выводы по работе по п.6;

4.6 Ознакомьтесь с типовыми вопросами для самоконтроля п.8 и проверьте свои знания.

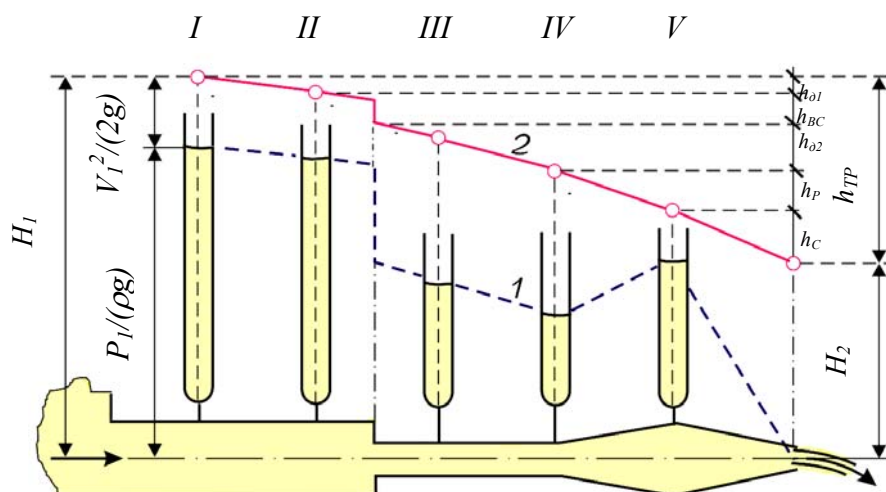


Рис. 2. Иллюстрация уравнения Бернулли:

1, 2 - пьезометрическая и напорная линии; H_1 , H_2 - полные напоры (механические энергии) на входе и выходе из канала; h_{TR} , $h_{\delta 1}$, $h_{\delta 2}$, h_{BC} , h_P , h_C - потери напора: суммарные, по длине на 1^{ом} и 2^{ом} участках, на внезапное сужение, на плавные расширения и сужения.

5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется индивидуально для каждого студента на двойном тетрадном листе. При необходимости вкладываются дополнительные листы.

- 5.1 Титульный лист;
- 5.2 Цель работы;
- 5.3 Рис. 1;
- 5.4 Таблица 1
- 5.5 По таблице 1 вычертить в масштабе рис. 2
- 5.6 Выводы и обобщения по лабораторной работе.

6 ТРЕБОВАНИЯ К ОБОБЩЕНИЯМ И ОЦЕНКАМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТЫ

Результаты проделанной работы записываются в вывод. В выводе необходимо дать обоснование данным, полученным при измерении. Указать причину полученной графической зависимости.

7 ОХРАНА ТРУДА И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

Соблюдать общие правила техники безопасности при работе в лаборатории (инструкция и журнал находятся в лаборатории).

8 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 8.1 Физический смысл уравнения Бернулли.
- 8.2 Что такое пьезометрический, скоростной и полный напор?
- 8.3 Что вызывает потери напора? Виды потерь напора.
- 8.4 Объяснить полученную графическую зависимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башта Т. М. Гидравлика. – М.: Машиностроение, 1970. – 504 с.
2. Большаков В. А., Попов В. Н. Гидравлика. Общий курс : Учебник для вузов. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 215 с.
3. Рабинович Б. З. Гидравлика. Общий курс: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 410 с.
4. Холин К. М., Никитин О. Ф. Основы гидравлики и объемные гидроприводы: Учебник для учащихся средних спец. учеб. заведений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.

ИЛЛЮСТРАЦИЯ УРАВНЕНИЯ БЕРНУЛЛИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов вечерней и заочной (ускоренной) форм обучения
направлений 651400-«Машиностроительные технологии и оборудование»
и 660300-«Агроинженерия»

Составители Казанцев Антон Александрович
Блащук Михаил Юрьевич

Подписано к печати 10.05.07

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Плоская печать. Усл. печ. л. 0,42. Уч.-изд. л. 0,47.

Тираж экз.20 Заказ . 687 Цена свободная.

ИПЛ ЮТИ ТПУ Ризограф ЮТИ ТПУ.

652000, Юрга, ул. Московская, 17.