

Практикум по гидравлике на портативной лаборатории «ГИДРОКЛАСС». Методические указания к лабораторным работам .-30 с.

Практикум рекомендован к изданию президиумом Научно-методического совета по ГИДРАВЛИКЕ при ГОСКОМОБРАЗОВАНИИ СССР 17 января 1991 г.

В указаниях приводятся основные теоретические сведения, содержание и порядок выполнения демонстраций и лабораторных работ по гидравлике (механике жидкости) на разработанной портативной лаборатории «ГИДРОКЛАСС». Она не имеет двигателей, насосов, вентилях; не требует подвода воды и электроэнергии; уместается в чемодане; удобна для лекционных демонстраций; экономит около 20 м² лабораторных площадей и имеет низкую стоимость.

Методические указания предназначены для студентов строительных, технологических и механических специальностей.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Работа 1. Изучение физических свойств жидкости .	4
2.	Работа 2. Изучение приборов для измерения давления	10
3.	Работа 3. Измерение гидростатического давления ..	14
4.	Работа 4. Изучение структуры потоков жидкости ...	17
5.	Работа 5. Определение режима течения	21
6.	Работа 6. Иллюстрация уравнения Бернулли	23
7.	Работа 7. Определение местных потерь напора	27
8.	Работа 8. Определение потерь напора по длине	29

РАБОТА 6. ИЛЛЮСТРАЦИЯ УРАВНЕНИЯ БЕРНУЛЛИ

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).

6.1. Общие сведения

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

$$P_1/(\rho g) + V_1^2/(2g) = P_2/(\rho g) + V_2^2/(2g) + h_{TR},$$

где P – давление; V – средняя скорость потока в сечении; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; h_{TR} – 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*: $P/(\rho g) = H_n$ – *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_{TR} – *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.

6.2. Описание устройства № 4

Устройство № 4 содержит баки 1 и 2, сообщаемые через опытные каналы переменного 3 и постоянного 4 сечений (рис. 6.1). 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 перевертывании 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.

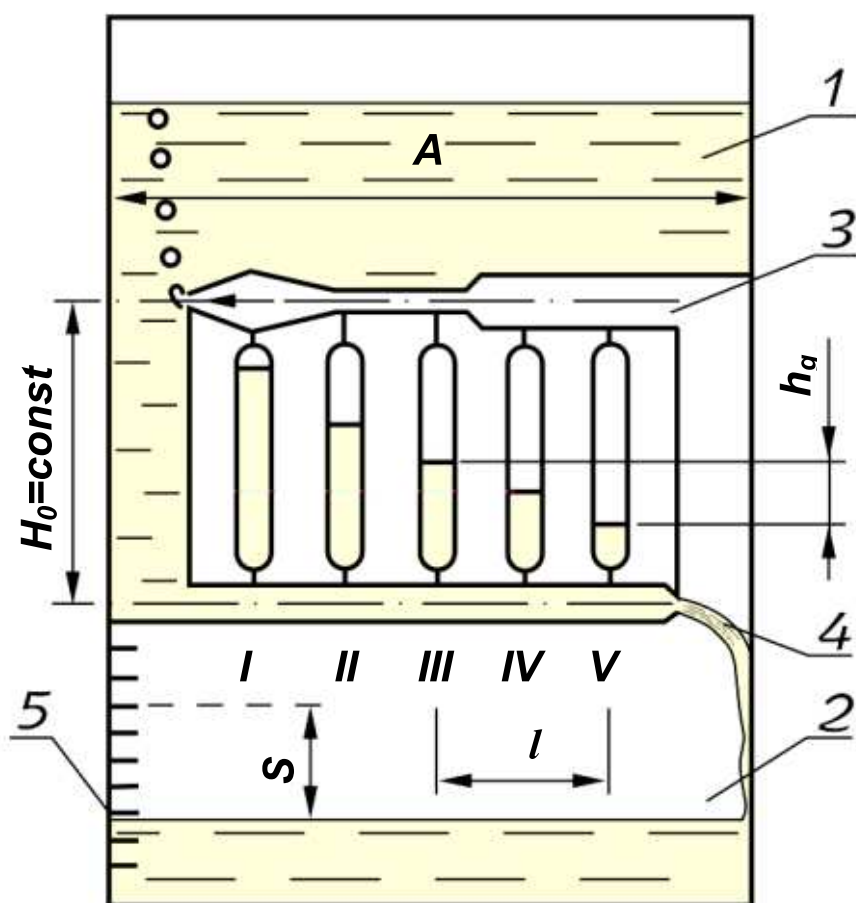


Рис. 6.1. Схема устройства № 4:
1,2 – баки; 3,4 – опытные каналы переменного и постоянного сечения; 5 – уровнемерная шкала; I-V – пьезометры

6.3. Порядок выполнения работы

1. При заполненном водой баке 2 (рис. 6.1) перевернуть устройство для получения течения в канале переменного сечения 3.

2. Снять показания пьезометров $H_{II}=P/(\rho g)$ по нижним частям менисков воды в них.

3. Измерить время t перемещения уровня в баке на произвольно заданную величину S .

4. 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 6.1.

Таблица 6.1

№ п/п	Наименование величин	Обозначения, формулы	Сечения канала					
			I	II	III	IV	V	VI
1.	Площадь сечения канала, см	ω						
2.	Средняя скорость, см/с	$V = Q/\omega$						
3.	Пьезометрический напор, см	$H_{II}=P/(\rho g)$						
4.	Скоростной напор, см	$H_K=V^2/(2g)$						
5.	Полный напор, см	$H= P/(\rho g) + V^2/(2g)$						

$$A = \dots \text{ см}; B = \dots \text{ см}; S = \dots \text{ см}; t = \dots \text{ с}; Q = ABS / t = \dots \text{ см}^3/\text{с}$$

5. Вычертить в масштабе канал с пьезометрами (рис. 6.2). 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.

6. Проанализировать изменение полной механической H , потенциальной $P/(\rho g)$ и кинетической $V^2/(2g)$ энергий жидкости вдоль потока; выяснить соответствие этих изменений уравнению Бернулли.

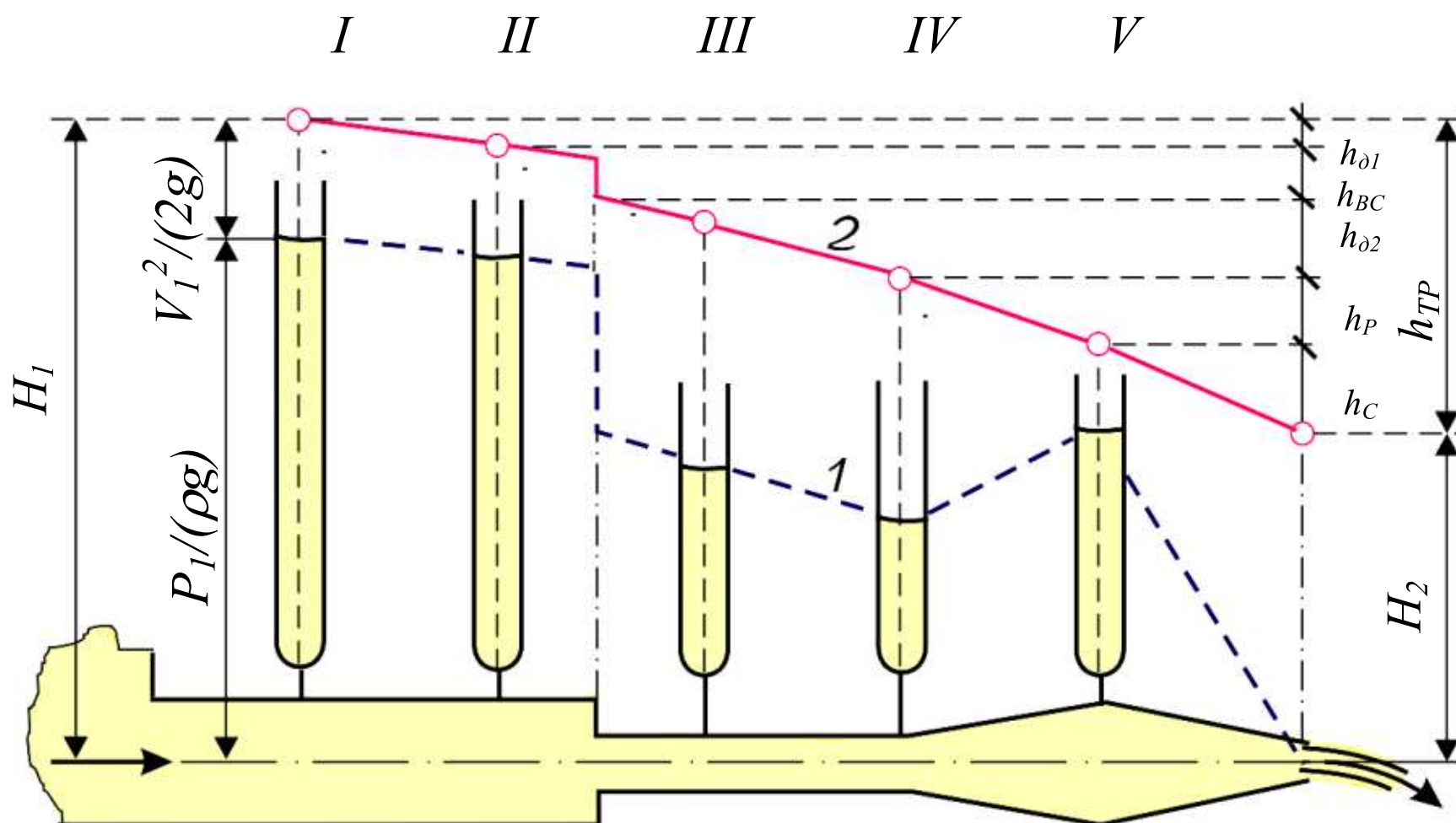


Рис. 6.2. Иллюстрация уравнения Бернулли:

1, 2 - пьезометрическая и напорная линии; H_1 , H_2 - полные напоры (механические энергии) на входе и выходе из канала; h_{TP} , $h_{\delta 1}$, $h_{\delta 2}$, 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.