

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»

---

С.П. Карпачев, А.Н. Комяков, И.Л. Шевелев

**МЕЛИОРАЦИЯ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПУТЕЙ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ  
СООРУЖЕНИЯ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Москва  
Издательство Московского государственного университета леса  
2016

Издательство Московского государственного университета леса  
УДК 630.37

К 26

С.П. Карпачев, А.Н. Комяков, И.Л. Шевелев, Методические указания к выполнению лабораторных работ по мелиорации лесосплавных путей и гидротехническим сооружениям: Методические указания для студентов магистерской программы «Лесозаготовительное производство» – М.: МГУЛ, 2016. – \_\_\_ с.: ил.

Методические указания составлены на основании рабочей программы дисциплины «Мелиорация лесосплавных путей и гидротехнические сооружения» направления подготовки: 250400.68 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» магистерской программы «Лесозаготовительное производство».

Учебное пособие содержит сведения по выполнению лабораторных работ по мелиорации лесосплавных путей и гидротехническим сооружениям.

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия редакционно–издательским советом университета

Рецензент: доцент Е.Н. Щербаков

Кафедра промышленного транспорта и строительства

Авторы: Сергей Петрович Карпачев, профессор  
Алексей Николаевич Комяков, профессор  
Игорь Леонидович Шевелев, доцент

© С.П. Карпачев, А.Н. Комяков, И.Л. Шевелев 2016  
© Московский государственный университет леса

## Введение

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Мелиорация лесосплавных путей и гидротехнические сооружения" предназначены для студентов направления подготовки: 250400.68 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» магистерской программы «Лесозаготовительное производство»

Последовательность выполнения лабораторных работ соответствует порядку изложения теоретических материалов, изучаемых студентами по дисциплине.

Методические указания содержат описание выполняемых работ и экспериментальных установок, последовательности выполнения работ и обработки экспериментальных данных. По результатам исследований, выполняемых в лабораторных работах, студенты должны провести анализ изучаемых явлений и процессов, дать соответствующие выводы.

Лабораторные работы выполняются студентами под руководством преподавателя и при участии лаборантского состава, учебных мастеров гидравлической лаборатории.

Перед выполнением лабораторных работ студенты знакомятся с экспериментальными установками и правилами охраны труда и техники безопасности, что оформляется соответствующими записями в журнале допуска к работам на установках. Студенты получают допуск к выполнению лабораторных работ только после удовлетворительных ответов на вопросы ведущего преподавателя по теории, содержанию, составу и последовательности выполнения конкретной работы.

При выполнении каждой работы группа студентов разбивается на бригады, а бригады - на посты, работающие на отдельных участках экспериментальной установки.

Отчет по каждой лабораторной работе студент оформляет индивидуально на специальном бланке, завизированном преподавателем, ведущим занятия. При защите отчета по каждой работе студент должен показать знания теории изучаемого вопроса и ее приложения к практике решаемых задач.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

### Цель работы

1. Изучение процесса фильтрации потока через пористый грунт.
2. Исследование показателей процесса фильтрации на экспериментальной установке Дарси.
3. Измерение величин расхода, коэффициента к скорости фильтрации экспериментальным путем для конкретного грунта.
4. Сопоставление результатов опыта со справочными данными.

### Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка (рис.1) состоит из напорного бака 1, соединяющегося со сливным баком 7 напорным фильтрационным лотком 6 прямоугольного сечения. В напорном лотке 6 загружен исследуемый фильтрующий грунт 15 (среднезернистый песок и др.), огражденный со стороны напорного и сливного баков водопроницаемыми сетчатыми стенками 5.

Напорный бак 1 соединен с водопроводной сетью посредством трубопровода 17, снабженного краном 18.

По вертикальной оси напорного бака 1 (в его центральной части) установлен подвижный переливной цилиндр 4, способный перемещаться вертикально в своих направляющих винтовым устройством 3. В нижней своей части переливной цилиндр 4 посредством гибкого шланга соединен со сливным трубопроводом 13, куда излишки расхода воды из напорного бака могут сливаться при открытом кране 16.

По вертикальной оси сливного бака 7 установлен переливной цилиндр 10, способный перемещаться вертикально в своих направляющих винтовым устройством 9. Своей нижней частью цилиндр 10 размещен над мерным баком 12, снабженным устройством 11 для измерения в нем уровня воды. На сливном трубопроводе из бака 12 установлен запорный кран 14.

Для измерения уровней воды  $h_1$  и  $h_2$  в напорном и сливном баках на их прозрачных стенах нанесены измерительные шкалы 2 и 8.

Таким образом, фильтрация воды из напорного бака 1 в сливной бак 7 через пористый грунт 15 происходит под действием фильтрационного напора  $H$ , создаваемого за счет разности уровней  $h_1$  и  $h_2$ , в баках (см. рис.1).

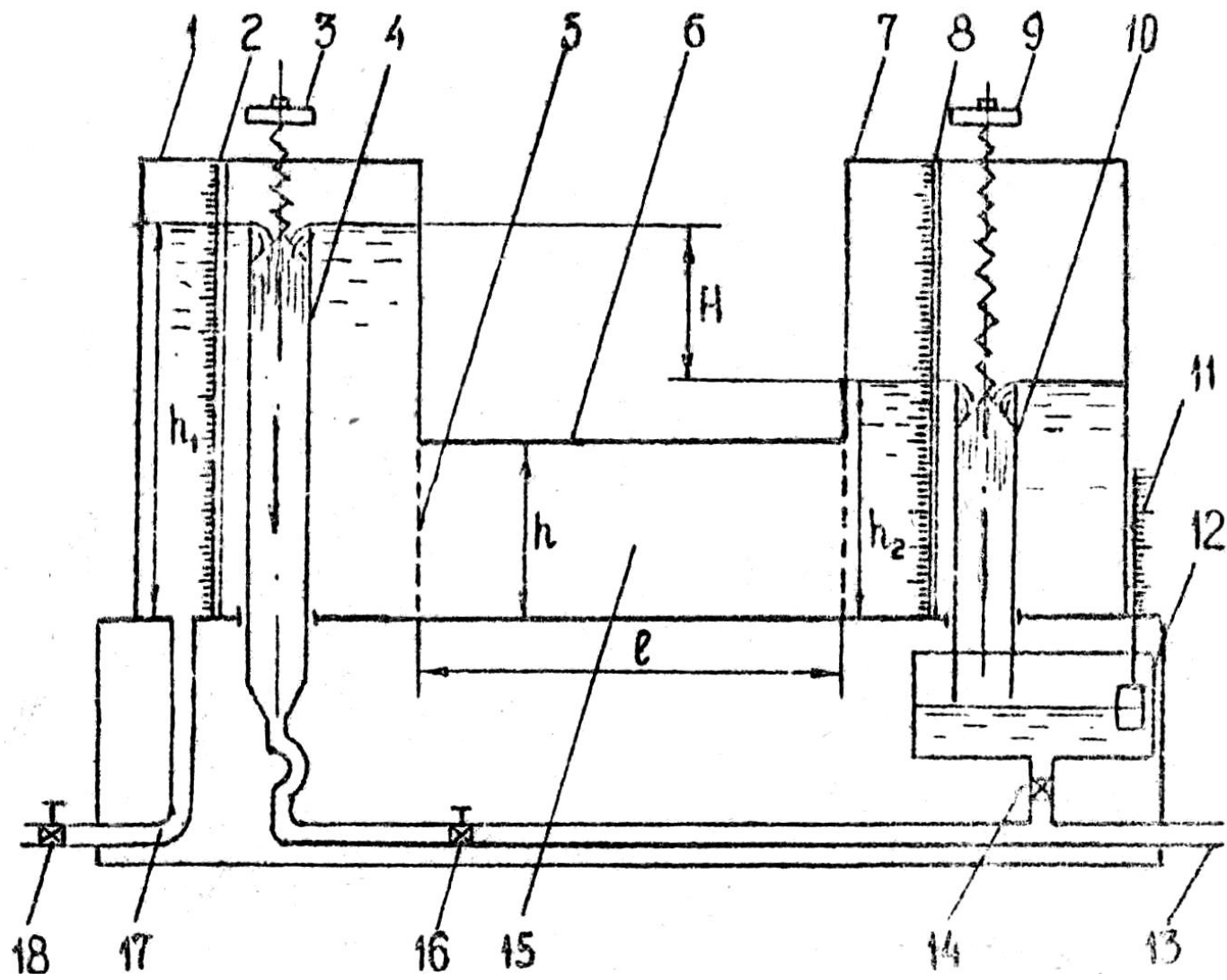


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования фильтрационных свойств грунтов

### Последовательность выполнения работы

1. С помощью винтовых устройств 3 и 9 устанавливают переливные цилиндры 4 и 10 в положение, при котором может быть создан Фильтрационный напор  $H = 20 \div 40$  см. При этой верхний обрез цилиндра 10 должен быть установлен на высоте  $h_2 > h_1$ .

2. Открывают водопроводный кран 18 и заполняют бак 1 водой, которая, достигнув уровня  $h_1$ , будет протекать фильтрационным потоком через исследуемый грунт 15 в сливной бак 7 и заполнит его до уровня  $h_2$ . При этом краны 14 и 16 должны быть открыты для слива излишков и профильтровавшегося расхода воды в сливной трубопровод 13.

3. При установившемся движении фильтрационного потока через испытуемый грунт измеряют фильтрационный расход с помощью мерного бака 12 и измерительного устройства 11, фиксируя время наполнения мерного бака водой до определенного уровня с помощью секундомера. Для измерения фильтрационного расхода кран 14 закрывают, а по завершении этого измерения указанный кран открывают.

4. Измеряют величины уровней воды  $h_1$ , и  $h_2$  в баках, геометрические размеры напорного фильтрационного лотка - длину, высоту и ширину.

5. Данные измерений и вычислений записывают в рабочий журнал по форме табл. 1.

### Обработка экспериментальных данных

1. Вычисляют фильтрационный расход  $Q$ , см<sup>3</sup>/с, измеренный объемным способом по формуле:

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (1)$$

где  $W$  - объем профильтровавшейся воды через пористый грунт, измеренный с помощью мерного бака, см<sup>3</sup>;  
 $t$  - время заполнения водой мерного бака, с.

2. Вычисляют площадь живого сечения  $F$ , см, фильтрационного потока, протекающего через исследуемый грунт в фильтрационном лотке:

$$F = h \cdot b, \quad (2)$$

где  $h$  - высота фильтрационного слоя грунта в лотке, см;  
 $b$  - ширина этого же слоя, см.

3. Вычисляют фильтрационный напор  $H$ :

$$H = h_1 - h_2, \quad (3)$$

где  $h_1$  и  $h_2$  - соответственно уровни воды в напорном и сливном баках, см.

4. Вычисляют напорный градиент  $J$  фильтрационного потока:

$$J = \frac{h_1 - h_2}{l}, \quad (4)$$

где  $l$  - длина пути фильтрации (длина фильтрационного лотка), см.

5. Вычисляют коэффициент фильтрации  $K_\phi$ , см/с, исследуемого грунта, полагая, что движение подземных вод при ламинарном движении подчиняется линейному закону (по Дарси):

$$K_\phi = \frac{Q}{J \cdot F}, \quad (5)$$

6. Вычисляют скорость  $v$ , см/с, фильтрации воды через пористый грунт:

$$v = K_\phi \cdot J, \quad (6)$$

7. Опыты на установке выполняют трижды при трех разных значениях уровней воды  $h_1$ , и  $h_2$  и баках.

Результаты вычислений записывают в рабочий журнал по форме табл.1.

8. На основании сравнения экспериментальных данных по вычислению коэффициента фильтрации  $K_\phi$  со справочными данными устанавливают характеристику (вид) исследуемого грунта, и сравнивают полученные результаты с паспортной характеристикой грунта в установке.

Таблица 1

Результаты измерений и вычислений экспериментальных данных

№ п/п	Наименование показателей	№№ опытов			Среднее значение
		1	2	3	
1	Объем профильтровавшейся воды $W$ , см <sup>3</sup>				
2	Время измерения фильтрационного расхода $t$ , с				
3	Фильтрационный расход $Q$ , см <sup>3</sup> /с				
4	Высота фильтрационного слоя грунта $h$ , см				
5	Ширина фильтрационного слоя грунта $b$ , см				
6	Площадь живого сечения фильтрационного потока $F$ , см <sup>2</sup>				
7	Уровень воды в напорном баке $h_1$ , см				
8	То же, в сливном баке $h_2$ , см				
9	Фильтрационный напор $H$ , см				
10	Длина пути фильтрации $l$ , см				
11	Напорный градиент $J$				
12	Коэффициент фильтрации пористого грунта $K_\phi$ , см/с				
13	Скорость фильтрационного потока $v$ , см/с				



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРОДОЛЬНОЙ ДАМБЫ НА НЕРАЗРЫВАЕМОЙ МОДЕЛИ РУСЛА

#### **Цель работы**

1. Изучение условий работы продольной дамбы в условиях неразрываемой модели русла.
2. Исследование кинематической структуры потока в русле лесосплавной реки, выправленном продольной незатопляемой дамбой.
3. Установление по числу Фруда энергетического состояния потока на выправленном участке русла.
4. Сопоставление экспериментальных и теоретических данных.

#### **Описание экспериментальной установки**

Экспериментальная установка (рис.2) представляет собой горизонтальный гидравлический лоток 1 с остекленной стенкой, в котором размещают модель продольной дамбы 4 прямоугольного сечения с расположением ее вдоль выправляемого участка русла у одного из берегов реки (лотка). Гидравлический лоток оснащен мерной иглой 3, укрепленной на координатной тележке 2, и подпорной заслонкой 5, смонтированной в концевой части лотка,

Расход воды в лотке регулируют задвижкой, установленной на напорной трубопроводе в головной части лотка, и измеряют объемным способом с помощью мерного бака, установленного в концевой части лотка (на рис. 2 не показаны).

Модель продольной дамбы монтируют из отдельных блоков в ходе выполнения опытов в лотке. Блоки устанавливают на дно лотка у остекленной стенки, промазывая пластилином щели в местах соприкосновения блоков модели между собой, стенками и дном лотка.

#### **Последовательность выполнения работы**

1. Из напорного трубопровода в головную часть лотка подают расход воды  $Q$ , создавший на подлежащем выправлению участке 1 русла реки (лотка) глубину потока  $h_0$  несколько меньше минимальной сплавной глубины  $h_{спл.мин}$  (см.рис. 2). Величину расхода  $Q$  изменяют задвижкой на напорном

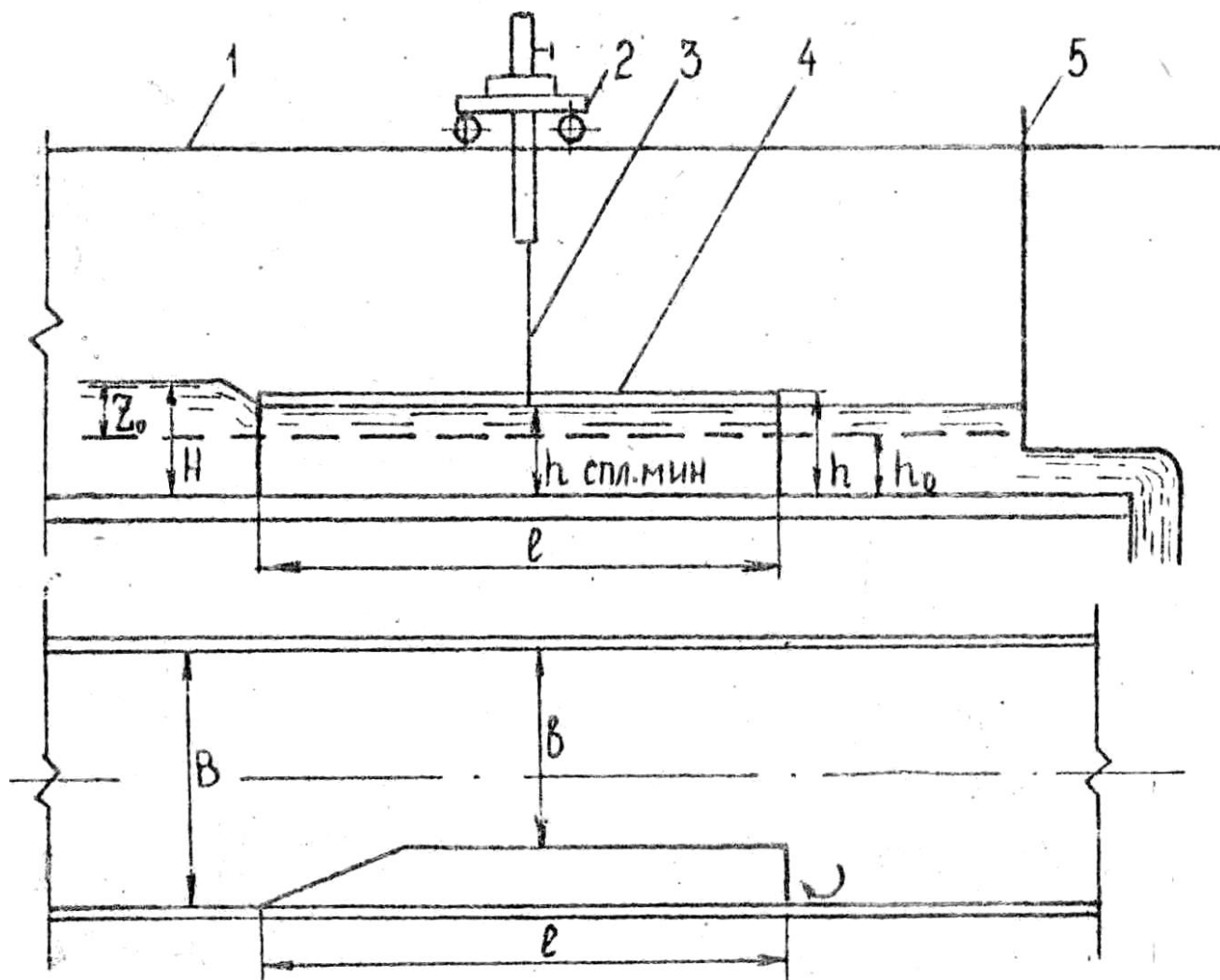


Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования работы продольной дамбы на неразрываемой модели русла

трубопроводе, а глубину  $h_0$  создают путем маневрирования подпорной за-  
слонкой в концевой части лотка.

2. Глубину потока, равную  $h_0$ , на регулируемом участке потока  $l$  в лот-  
ке определяют путем измерений уровня воды и отметки дна лотка на сере-  
дине этого участка. Ориентировочные измерения глубины  $h_0$  ведут с помо-  
щью металлической мерной линейки, а окончательные - с помощью мерной  
иглы. Такие же измерения выполняют в начальном и конечном сечениях вы-  
правляемого участка.

3. По результатам измерений делают вывод о режиме потока на подле-  
жащем выправлению участке русла (равномерный или неравномерный).

4. При естественном режиме движения потока в лотке (при  $h_0$ ) испыты-  
вают возможность проплава модели сплочной единицы (пучка), имеющего  
осадку  $T$ .

5. Для увеличения глубины потока на регулируемом участке и доведе-  
ния ее до глубины  $h_{спл.мин}$  в лотке устанавливают модель продольной незато-  
пленной дамбы и выполняют необходимые измерения уровней и глубин пото-  
ка (выше дамбы - в начале лотка и на выправляемом дамбой участке в 2-3 се-  
чениях). По итогам измерений делают вывод о режиме потока и особен-  
ностях уровней в конце регулируемого участка.

6. Через выправленный продольной дамбой участок русла (лотка) про-  
пускают модель сплочной единицы, проплавав которой должен показать эф-  
фективность исследуемого способа регулирования русла.

7. С помощью поверхностных поплавков (мелких древесных опилок)  
исследуют и характер водоворотных зон потока в начале и конце продольной  
дамбы.

8. Все измерения, выполненные в ходе экспериментов, записываются в  
журнал по форме табл. 1.

### **Обработка экспериментальных данных**

1. Вычисляют необходимую сплавную глубину  $h_{спл.мин}$ , см, по парамет-  
рам сплочной единицы (пучка):

$$h_{спл.мин.} = t + z, \quad (1)$$

$z$  - донный запас (в условиях модели  $z = 1 \div 2$  см).

2. Вычисляют среднюю скорость течения потока  $v_{\delta}$ , см/с, при бытовом состоянии русла:

$$v_{\delta} = \frac{Q}{B \cdot h_0}, \quad (2)$$

где  $Q$  - расход воды в лотке, см<sup>3</sup>/с;  
 $B$  - ширина лотка, см;  
 $h_0$  - бытовая глубина лотка, см.

3. Определяют сжатую ширину  $b$ , см, русла на регулируемом дамбой участке:

$$b = B \cdot \frac{h_0^{3/2}}{h_{\text{спл.мин.}}^{3/2}}. \quad (3)$$

4. Определяют среднюю скорость течения потока  $v_1$ , см/с, в пределах длины русла, зарегулированного дамбой:

$$v_1 = \frac{Q}{b \cdot h_{\text{спл.мин.}}}, \quad (4)$$

5. Определяют среднюю скорость потока  $v_0$ , см/с, на подходном участке:

$$v_0 = \frac{Q}{B \cdot H}, \quad (5)$$

где  $H$  - глубина потока (напор) на подходном участке русла перед дамбой, см.

6. Вычисляют подпор  $z_0$ , см, уровня воды на подходном участке:

$$z_0 = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g}, \quad (6)$$

где  $g$  - ускорение силы тяжести, см/с<sup>2</sup>.

7. Вычисляют глубину потока (напор)  $H$ , см, на подходном участке:

$$H = h_0 + z_0. \quad (7)$$

8. Определяют удаление  $S_M$ , см, створа с максимальным подпором от створа корневой части дамбы:

$$S_M = 0,28 \cdot b. \quad (8)$$

## Результаты измерений и опытов

№ п/п	Наименование параметров	Бытовое русло			Выправленное русло		
		Из- ме- рено	Вы- чис- лено	% откл.	Из- ме- рено	Вы- чис- лено	% откл.
1	Ширина лотка (русла) $B$ , см						
2	Длина рабочей части лотка (дамбы) $l$ , см						
3	Высота дамбы $h$ , см						
4	Объем $W$ воды в мерном баке, см <sup>3</sup>						
5	Время $t$ наполнения мерного бака, с						
6	Расход воды $Q$ в лотке, см <sup>3</sup> /с						
7	Отметки дна, см: <ul style="list-style-type: none"> <li>• выше корня дамбы;</li> <li>• в створе корня дамбы;</li> <li>• в средней части дамбы;</li> <li>• в концевой части дамбы</li> </ul>						
8	Отметки уровней потока, см: <ul style="list-style-type: none"> <li>• выше корня дамбы;</li> <li>• в створе корня дамбы;</li> <li>• в средней части дамбы;</li> <li>• в концевой части дамбы</li> </ul>						
9	Глубина потока, см: <ul style="list-style-type: none"> <li>• выше корня дамбы;</li> <li>• в створе корня дамбы;</li> <li>• в средней части дамбы;</li> <li>• в концевой части дамбы</li> </ul>						
10	Напор $H$ перед дамбой, см						
11	Подпор $z_0$ перед дамбой, см						
12	Сжатая ширина $b$ русла в створе дамбы, см						

9. Вычисляют критическую глубину потока  $h_{кр}$ , см, в пределах регулируемого дамбой участка русла:

$$h_{кр} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{b^2 \cdot g}}, \quad (9)$$

где  $\alpha$  - постоянный коэффициент, принятый равным 1,1.

10. По числу Фруда  $Fr = \frac{\alpha \cdot v^2}{g \cdot h}$ , а также по сравнению величин  $h_{кр}$  и  $h_{спл.мин}$

делают вывод о режиме потока на выправленном дамбой участке русла.

11. Результаты вычислений записывают в журнал по форме табл. 2.

12. Полученные результаты экспериментов анализируют, оценивают по отношению к расчетным и делают соответствующие выводы.

Таблица 2

Результаты измерений и опытов

№ п/п	Наименование параметров	Измерено	Вычислено	% отклонения
1	Напор $H$ перед дамбой, см			
2	Бытовая глубина потока $h_0$ , см			
3	Сплавная глубина $h_{спл.мин}$ , см			
4	Критическая глубина $h_{кр}$ , см			
5	Средняя скорость бытового потока $v_1$ , см/с			
6	Средняя скорость потока $v_0$ на под-			
7	ходном участке, см/с			
8	Средняя скорость потока $v_0$ , в пре-			
	делах дамбы, см/с			
	Осадка пучка $T$ , см			
9	Сжатая ширина русла $b$ , см			
10	Подпор $z_0$ перед дамбой, см			
11	Расстояние $S_M$ , см			
12	Число Фруда $Fr$			

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ

### Цель работы

1. Изучение процесса фильтрации потока через тело грунтовой плотины.
2. Построение депрессионной кривой.
3. Сопоставление результатов опытов с теоретическими расчетами координат депрессионной кривой.

### Описание экспериментальной установки

Модель грунтовой плотины выполнена в масштабе 1:10 натуральной величины и размещена на водонепроницаемом основании в фильтрационном лотке с прозрачной продольной стенкой (рис. 3). Фильтрационный лоток представляет собой параллелепипед следующих размеров: длина - 1800 мм, ширина - 300 мм, высота - 600 мм.

Модель тела грунтовой плотины 2 возведена на водонепроницаемом основании до проектной высоты  $H_{пл}$  из влажного среднезернистого песка слоями, утрамбованными через 5 см. Откосы плотины выполнены с постоянным заложением. При этом верховой (мокрый) откос срезан с большим значением коэффициента заложения  $m_1$ , а низовой (сухой) откос - с меньшим  $m_2$ . Уровни воды верхнего бьефа и фильтрационного потока в теле плотины измеряются с помощью стеклянных пьезометрических трубок 3 (П1...П8).

Вода поступает в лоток через кран 5, а уровень воды (НПУ) в верхнем бьефе плотины регулируется устройством 6, поддерживающим постоянный напор  $H$  на плотине с учетом расхода на фильтрацию. В противоположном конце лотка имеется сливное устройство с краном 4 для измерения фильтрационного расхода воды объемным способом с помощью мензурки и секундомера.

### Последовательность выполнения работы

1. Заполняют верхний бьеф плотины водой, для чего открывают кран 5 (см. рис. 3). С помощью поворотной трубки устройства 6 (ее вращением) устанавливают рабочий уровень воды (НПУ) в верхнем бьефе, поддерживая с помощью крана 4 уровень воды в нижнем бьефе не более 1 мм над дном лотка.

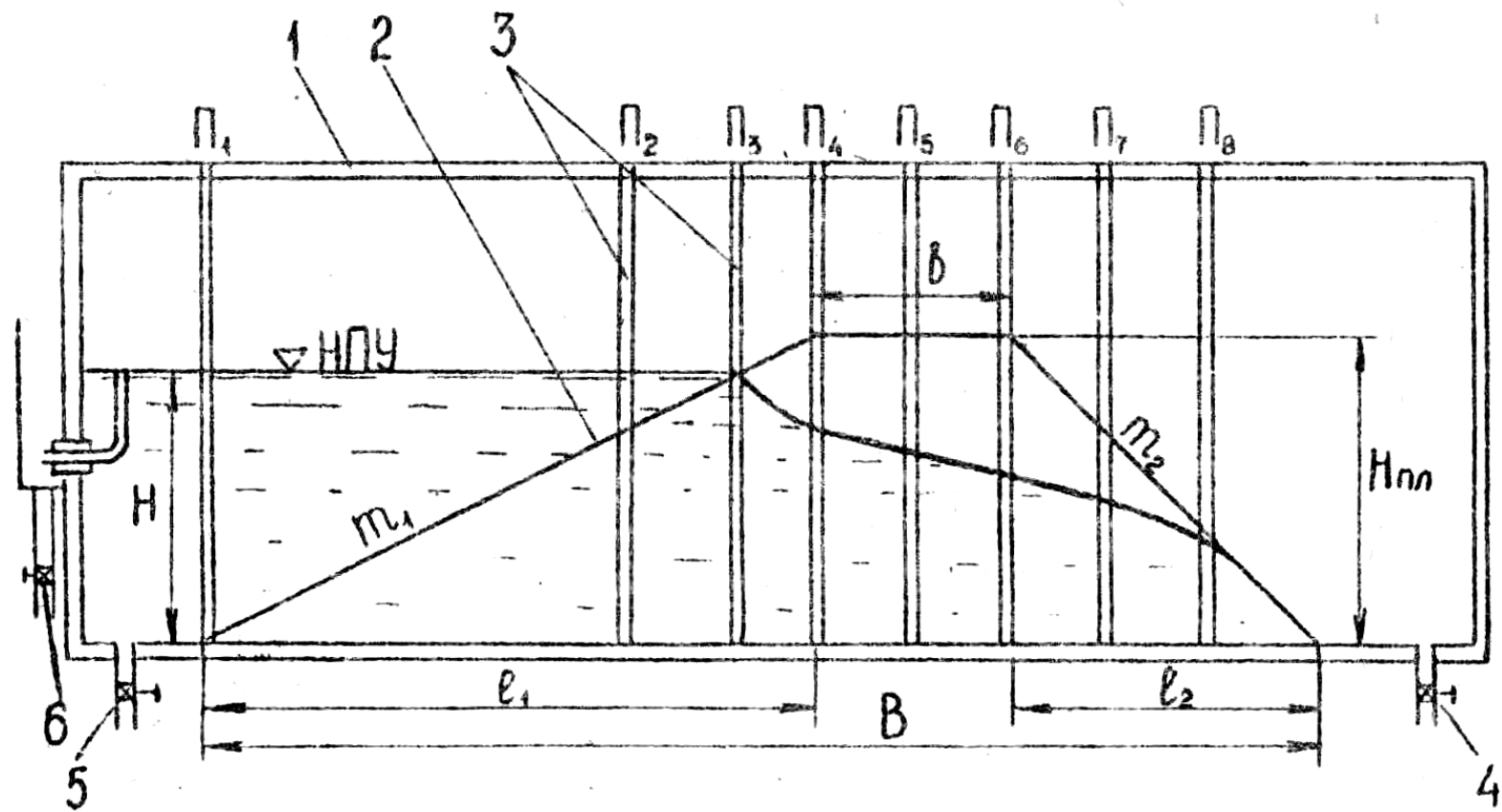


Рис. 3. Экспериментальная установка для исследования гидравлических условий работы грунтовой плотины



2. С помощью измерительных инструментов и устройств измеряют геометрические размеры плотины и напор воды в верхнем бьефе. Вычисляют значения коэффициентов верхового и низового откосов. Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 1.

Коэффициент откоса  $m$  определяют по формуле:

$$m_{1,2} = \frac{l_{1,2}}{H_{пл}}, \quad (1)$$

где  $l_{1,2}$  - заложение откоса плотины в верхнем или нижнем бьефе, см;

$H_{пл}$  - напор на плотине, см.

Таблица 1

Данные о размерах моделей плотины

№ п/п	Данные по моделям	Линейные размеры и коэффициенты откосов							
		$H_{пл}$ , см	$H$ , см	$l_1$ , см	$m_1$	$l_2$ , см	$m_2$	$b$ , см	$B$ , см
1	Модель № 1								
2	Модель № 2								

3. По уровням воды в пьезометрах от подошвы плотины (плоскости отсчета) в ее поперечном сечении определяют положение депрессионной кривой (см. рис. 3). Отсчеты уровней выполняют при установившемся движении фильтрационного потока. Одновременно с этим измеряют фильтрационный расход, а также расстояние до каждого пьезометра в теле плотины от постоянного начала (начала координат), за которое принимается сечение с пьезометром П4, проходящее через верховую бровку тела плотины. Результаты измерений заносят в табл. 2.

Фильтрационный расход  $Q_{\phi}$ , см<sup>3</sup>/с, определяют с помощью мензурки и секундомера как среднеарифметическое по трем замерам:

$$Q_{\phi 1} = \frac{W_1}{t_1}; \quad Q_{\phi 2} = \frac{W_2}{t_2}; \quad Q_{\phi 3} = \frac{W_3}{t_3}; \quad Q_{\phi} = \frac{Q_{\phi 1} + Q_{\phi 2} + Q_{\phi 3}}{3}; \quad (2)$$

где  $Q_{\phi 1}$ ,  $Q_{\phi 2}$ ,  $Q_{\phi 3}$  - фильтрационные расходы при трех разных измерениях, см<sup>3</sup>/с;

$W_1, W_2, W_3$  - объем профильтровавшейся воды при соответствующих расходах,  $\text{см}^3$ ;

$t_1, t_2, t_3$  - время измерения соответствующих расходов, с.

Время  $t$  берут в пределах 60-100 с. Результаты измерений и определения фильтрационного расхода заносят в табл. 3.

Таблица 2

Координаты депрессионной кривой в теле плотины

№ п/п	Координаты депрессионной кривой	Данные по пьезометрам						
		П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8
1	Расстояния осей пьезометров от начала координат по оси абсцисс, см							
2	Ординаты кривой депрессии над плоскостью отсчета, измеренные пьезометрами, см							

Таблица 3

Результаты измерений и расчета фильтрационного расхода

№ п/п	Измеренные и рассчитанные величины	Результаты повторных измерений			Среднеарифметическое значение
		1	2	3	
1	Объем фильтрационного расхода $W$ , $\text{см}^3$				
2	Время измерения фильтрационного расхода $t$ , с				
3	Фильтрационный расход $Q_f$ , $\text{см}^3/\text{с}$				

## Обработка экспериментальных данных

1. Определяют коэффициент фильтрации грунта  $K_{\phi}$  см/с, тела плотины по зависимости:

$$K_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{B \cdot T_{cp} \cdot J_{cp}}, \quad (3)$$

где  $B$  - ширина фильтрационного лотка, см;

$T_{cp}$  - средняя высота линии депрессии над плоскостью отсчета (осью  $X$  на рис. 4) между двумя произвольно взятыми пьезометрами, например, П4 и П6, см:

$$T_{cp} = \frac{П4 + П6}{2}, \quad (4)$$

где П4 и П6 - уровни воды соответственно в четвертом и шестом пьезометрах, см;

$J_{cp}$  - средний градиент фильтрационного напора пик средний пьезометрический уклон линии депрессии на том же участке:

$$J_{cp} = \frac{П4 - П6}{l_{4-6}}, \quad (5)$$

где  $l_{4-6}$  - расстояние между пьезометрами П4 и П6, см.

2. Определяют ординаты депрессии аналитическим путем на основании закона Дарси в предположении, что через плотину в ионе безнапорного движения фильтрационного потока проходит один и тот же расход. В этом расчете можно применить метод эквивалентного профиля, согласно которому принятая расчетная схема плотины заменяется эквивалентной.

5. Ординаты депрессионной кривой  $h_y$ , см, определяют по уравнению Дюпюи, принимая начало координат в точке 0:

$$h_y = \sqrt{H^2 - 2 \frac{q}{K_{\phi}} \cdot x}, \quad (6)$$

где  $q$ , - удельный фильтрационный расход, см<sup>2</sup>/с, определяемый по формуле:

$$q = K_{\phi} \frac{h_1}{m_2}. \quad (7)$$

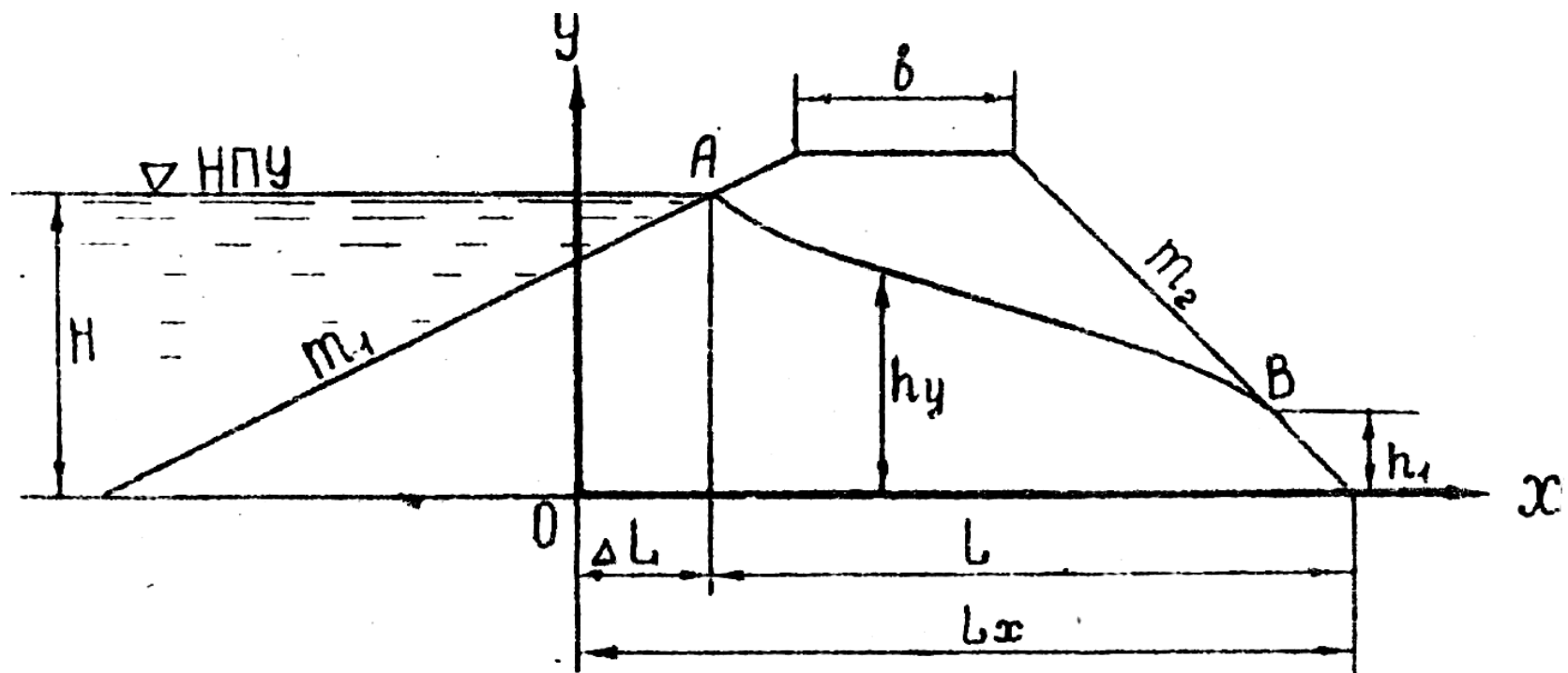


Рис. 4. Кривая депрессии А-В

Ординаты депрессионной кривой получают, задавшись произвольными значениями абсциссы  $x$  от нуля до  $x = L_x - m_2 h_1$

Результаты расчета координат депрессионной кривой сводят в табл. 4.

Построение кривой депрессии ведут, начиная от плоскости вертикального откоса, а участок ее в примыкании к верховому откосу (в точке  $A$ ) исправляют так, чтобы он был перпендикулярен этому откосу и дальше плавно переходил в кривую. К низовому откосу кривая депрессии должна подходить (в точке  $B$ ) касательно.

Таблица 4

Результаты расчета координат депрессионной кривой

Абсциссы кривой депрессии, см	Расчетные ординаты кривой депрессии, см
$x_1 =$	$h_{y1} =$
$x_2 =$	$h_{y2} =$
$x_3 =$	$h_{y3} =$
$x_4 =$	$h_{y4} =$
$x_5 =$	$h_{y5} =$

4. Для сравнения результатов теоретических расчетов и опытных данных на миллиметровой бумаге вычерчивают в масштабе 1:10 схему модели грунтовой плотины (по схеме рис. 4), на которую наносят теоретическую депрессионную кривую. На этой же схеме откладывают опытные точки зеркала фильтрационного потока (по данным табл. 2). Полученные результаты сравнивают и делают соответствующие выводы.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СОПРЯЖЕНИЯ БЬЕФОВ ЛЕСОСПЛАВНОЙ ПЛОТИНЫ**

#### **Цель работы**

1. Изучение различных режимов сопряжения бьефов лесосплавной плотины при полностью открытом водосливном отверстии.
2. Исследование режимов сопряжения бьефов лесосплавных плотин при пропуске максимальных расходов талых вод и минимальных сплавных расходов воды через водослив с широким порогом с установлением схем его работы.
3. Определение величины максимального расхода воды, протекающей через водослив с широким порогом при двух схемах его работы (как неподтопленного и подтопленного).
4. Определение величины минимального сплавного расхода воды для создания минимальной сплавной глубины на пороге плотины при отметке УМО.
5. Сопоставление экспериментальных данных с теоретическими (расчетными).

#### **Описание экспериментальной установки**

Экспериментальная установка (рис. 5) представляет собой горизонтальный лоток 1 с остекленной стенкой, в котором расположен прямоугольный водослив 4 с широким порогом. Гидравлический лоток оснащен мерной иглой 3, укрепленной на координатной тележке 2, и подпорной заслонкой 5, смонтированной в конце лотка.

Расход воды регулируют задвижкой, установленной на напорном трубопроводе в головной части лотка, и измеряют объемным способом с помощью мерного бака (на рис. 5 не показаны).

#### **Последовательность выполнения работы**

1. На дне гидравлического лотка закрепляют водослив с широким порогом и замазывают пластилином щели с боков и в основании водослива в местах соприкосновения его с лотком, исключая тем самым перетекание воды по контуру фильтрации под основанием и в обход исследуемого сооружения. Затем через напорный трубопровод в лоток подают расход воды,

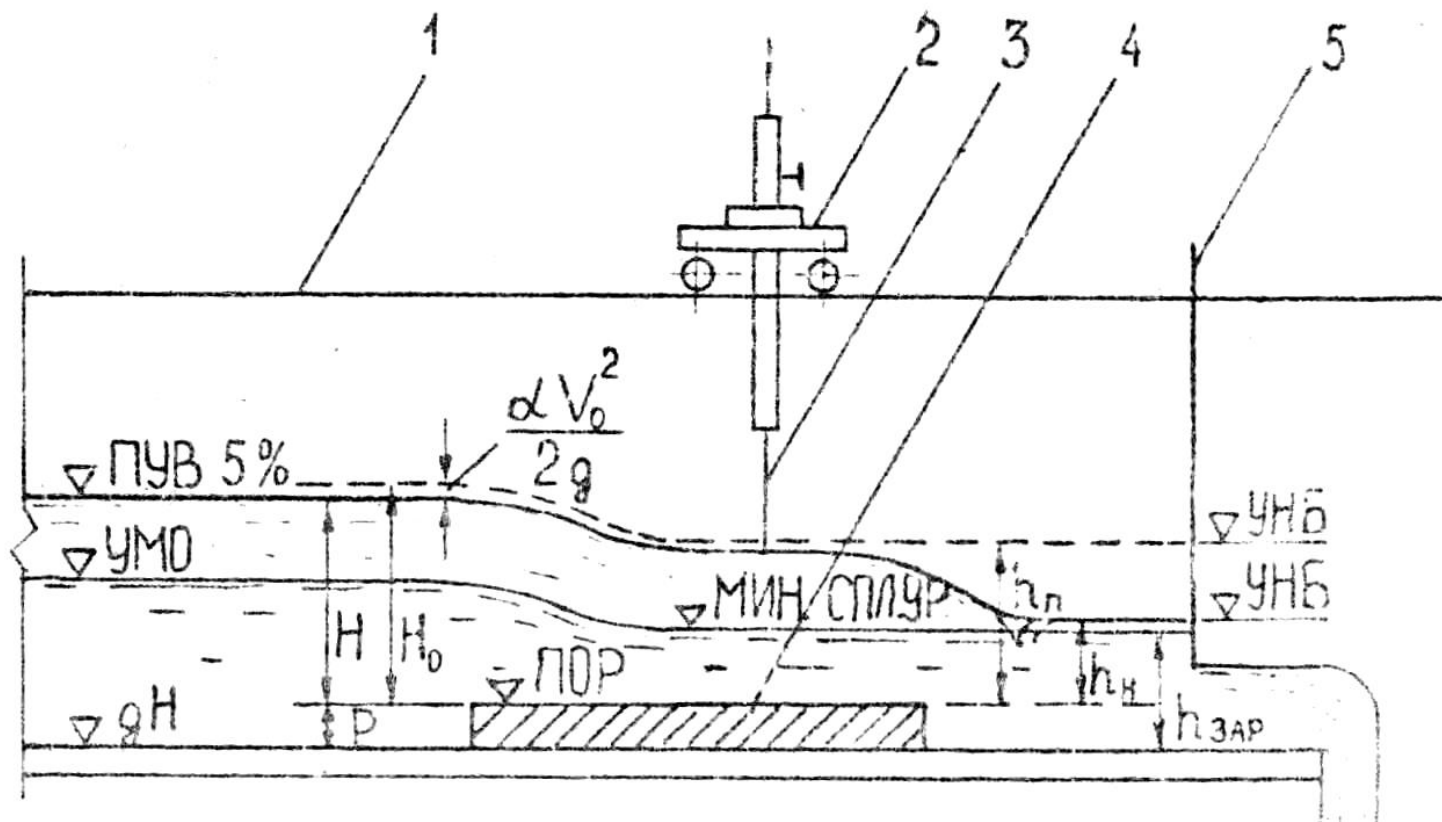


Рис. 5. Экспериментальная установка для исследования режимов сопряжения бьефов лесосплавной плотины

2. Изменяя расход воды, протекающей через водослив с широким порогом, и маневрируя подпорной заслонкой, создают различные режимы сопряжения бьефов. При этом визуально наблюдают за характером истечения воды через водослив, создавая последовательно такие его гидравлические условия работы, при которых он будет находиться или в подтопленной, или в неподтопленном состоянии (со стороны уровня воды в нижнем бьефе). По характеру сопряжения бьефов и относительному высотному положению в них на пороге водослива уровней воды изучают характер прохождения различных расходов воды ( $Q_{\max}$  талых вод и  $Q_{\min}$  зарегулированного).

3. Переход гидравлических условий работы водослива от неподтопленного к подтопленному осуществляют, не изменяя расхода  $Q_{\max}$ . Для этого постепенно увеличивают глубину и в нижнем бьефе, доводя ее с помощью подпорной заслонки до величины  $h_n$ , причем напор  $H$  (при  $Q = \text{const}$ ) начинает повышаться с увеличением глубины нижнего бьефа.

Переход водослива от неподтопленного к подтопленному осуществляют следующим образом. В верхнем бьефе устанавливают мерную иглу, опуская ее до момента касания к уровню воды. Затем иглу приподнимают примерно на 1 мм, после чего постепенно повышают уровень воды в нижнем бьефе до момента касания поднимающегося уровня воды в верхнем бьефе об острие иглы. Как только касание произойдет, можно считать, что водослив подтоплен. Окончательную оценку подтопленности или неподтопленности водослива устанавливают по соотношению между полным напором на пороге водослива  $H_0$  и глубиной подтопления  $h_n$  или  $h_n$ .

4. При установившемся движении потока через водослив и разных режимах сопряжения бьефов последовательно определяют расход воды  $Q$ , напоры  $H$  в верхнем бьефе, глубины потока на пороге  $h_n$  и в нижнем бьефе  $h_n$ .

Измерение высотных отметок  $\nabla$  уровней и глубин осуществляют с помощью мерной иглы, перемещаемой в своих направляющих по вертикали.

Высоту порога  $P$  вычисляют путем вычитания от отметки порога водослива отметку дна лотка.

Результаты измерений и вычислений заносят в журнал наблюдений по форме табл. 1.



## Обработка экспериментальных данных

1. Составляют расчетные схемы работы водослива отдельно для потока при  $Q_{\max}$  и  $Q_{\min}$ , вычерчивая на миллиметровой бумаге в масштабе 1:10 лоток, водослив и модельный поток.

На схемах обозначают и откладывают необходимые отметки с точностью до 1 мм.

2. Для известного расхода воды  $Q$  в лотке вычисляют скорость  $v_0$ , см/с, ее подхода в верхнем бьефе к сооружению:

$$v_0 = \frac{Q}{B \cdot (P + H_0)}, \quad (1)$$

где  $Q$  - расход воды, измеренный объемным способом, см /с;

$B$  - ширина лотка, см;

$P$  - высота порога водослива, см;

$H_0$  - полный напор на пороге, измеренный мерной иглой, см.

3. Определяют статический напор  $H$ , см, на пороге водослива

$$H = H_0 - \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2g}, \quad (2)$$

где  $\alpha$ - коэффициент корректирования кинетической энергии потока, принимаемый равным 1,1;

$g$ - ускорение свободного падения, см/с.

4. Определяют схему гидравлических условий работы водослива при различных расходах  $Q$ . При этом считается, что водослив неподтопленный, если:

$$h_n \leq 0,8H_0, \quad (3)$$

и подтопленный, если:

$$h_n > 0,8H_0, \quad (4)$$

где  $h_n$  и  $h_n$  - глубины подтопления порога водослива при той или иной схеме сопряжения бьефов относительно уровней вода верхнего УВБ и нижнего УНБ бьефов над отметкой порога  $\nabla$  Пор.

5. Вычисляют величину расхода воды  $Q_{\max}$ , переливающейся через прямоугольный неподтопленный водослив с широким порогом:

$$Q_{\max} = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}, \quad (5)$$

где  $m$  - коэффициент расхода водослива, принимаемый равным 0,32÷0,36;

$b$  - ширина водосливного отверстия, равная ширине лотка.

Таблица 1

## Результаты измерения расходов воды, вычисления высот и глубин

№ п/п	Наименование показателей	Измеренные и вычисленные величины в опытах		
		Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
1	Объем $W$ воды в мерном баке при измерении расхода $Q_{\max}$ , см <sup>3</sup>			
2	Время $t$ наполнения мерного бака, с			
3	Расход воды $Q_{\max}$ , см <sup>3</sup> /с			
4	Объем $W$ воды в мерном баке при измерении расхода $Q_{\min}$ , см <sup>3</sup>			
5	Время $t$ наполнения мерного бака, с			
6	Расход воды $Q_{\min}$ , см <sup>3</sup> /с			
7	Отметки дна лотка, см			
8	Отметки порога водослива, см			
9	Высота порога $P$ водослива, см			
10	Отметки уровня воды УВБ в верхнем бьефе, см			
11	Отметка уровня воды УНБ в нижнем бьефе, см			
12	Отметка минимального сплавного уровня, см			
13	Глубина потока на пороге водослива $h_n$ , см			
14	Глубина потока в нижнем бьефе $h_n$ , см			
15	Минимальная сплавная глубина $h_{\text{спл.мин}}$ , см			

6. Вычисляют величину расхода воды  $Q_{\max}$  для прямоугольного подтопленного водослива с широким порогом:

$$Q_{\max} = \sigma_n \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}, \quad (6)$$

где  $\sigma_n$  - коэффициент подтопления, зависящий от отношения  $h_n/H_0$  и определяемый по следующим данным:

$h_n/H_0$	0,80	0,84	0,83	0,92	0,94	0,96	0,98
$\sigma_n$	1,00	0,97	0,90	0,78	0,70	0,59	0,40

Коэффициент расхода  $m$  подтопленного водослива можно принять равным  $0,34 \div 0,35$ .

7. Величину расходов воды, измеренных в ходе опытов, определяют по формуле:

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (7)$$

где  $W$  - объем воды в мерном баке при измерении расхода,  $\text{см}^3$   
 $t$  - время наполнения мерного бака, с.

8. Результаты расчетов заносят в табл. 2.

Таблица 2

Данные измерений и вычислений гидравлических элементов потока при истечении через водослив

№ опыта	Измерено		$H_0$ см	Вычислено			
	$Q_{\max}$ $\text{см}^3/\text{с}$	$Q_{\min}$ $\text{см}^3/\text{с}$		$Q_{\max}$ $\text{см}^3/\text{с}$	$Q_{\min}$ $\text{см}^3/\text{с}$	$v_0$ м/с	$H$ , см
1							
2							
3							

Расхождение между экспериментальными и вычисленными по формулам (5) и (6) значениями расходов воды ( $Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$ ) оценивают в процентах по формулам:

$$Q_{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{макс.выч.}} - Q_{\text{макс.эксп.}}}{Q_{\text{макс.эксп.}}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

$$Q_{\text{мин}} = \frac{Q_{\text{мин.выч.}} - Q_{\text{мин.эксп.}}}{Q_{\text{мин.эксп.}}} \cdot 100\%, \quad (9)$$

По полученным результатам делают соответствующие выводы о качестве и точности выполняемых экспериментов и расчетов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БРЕВНОСПУСКА С ПОВЫШЕННОЙ ШЕРОХОВАТОСТЬЮ

#### **Цель работы**

1. Изучение влияния повышенной шероховатости дна бревноспуска на гидравлические элементы потока в нем, в том числе экономию попускового расхода воды.
2. Определение гидравлических элементов потока в бревноспуске с естественной шероховатостью.
3. Установление по числу Фруда энергетического состояния потока.
4. Сопоставление и анализ проведенных измерений и вычислений для бревноспуска с естественной и повышенной шероховатостью.

#### **Описание экспериментальной установки**

Экспериментальная установка (рис. 6) состоит из остекленного гидравлического лотка 1 прямоугольного сечения; головной части, в которую подается вода из напорного бака по трубопроводу, и сливной части.

Расход воды в лотке регулируется задвижкой, установленной на напорном трубопроводе, а измеряют расход объемным способом с помощью мерного бака (на рис. 6 не показан).

В средней части лотка установлена модель бревноспуска 2 с постоянным уклоном дна. Повышенную шероховатость бревноспуска создают путем установки на его дно модельных брусьев 3 с одинаковым интервалом между ними.

Уровни и глубины воды в лотке регулируют подпорной заслонкой 5, установленной в конце лотка, а измеряют мерной иглой 4 и металлической линейкой.

#### **Последовательность выполнения работы**

1. С помощью измерительных инструментов (мерной иглы и линейки) измеряют высоту порога  $P$  модели бревноспуска, его ширину  $B$  и проекцию  $L$  на горизонтальное дно лотка.

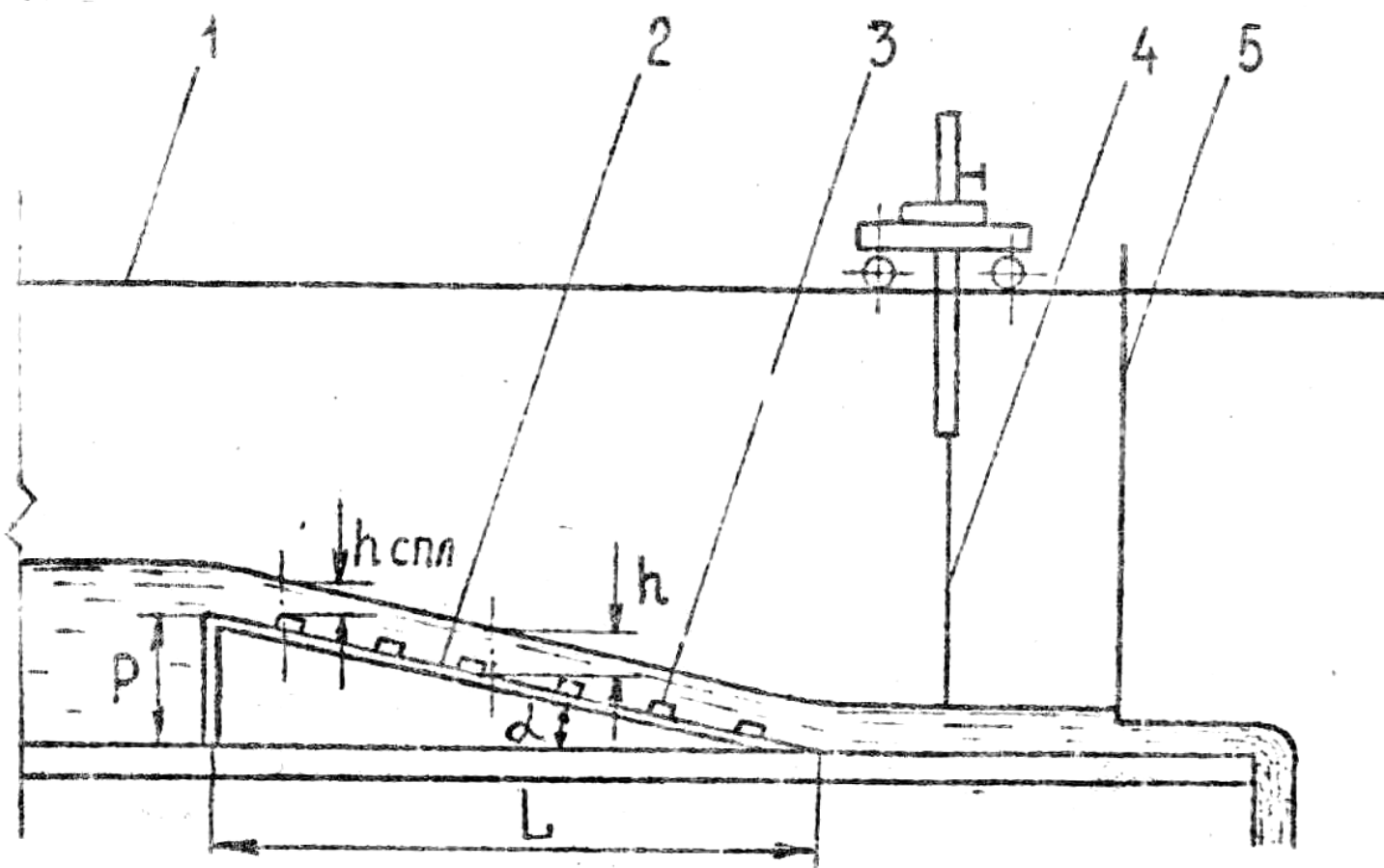


Рис. 6. Экспериментальная установка для исследования работы бревноспуска с повышенной шероховатостью

Высоту порога  $P$ , см, подсчитывают по формуле:

$$P = z_g - z_p, \quad (1)$$

где  $z_g$  - отметка дна лотка, см;

$z_p$  - отметка порога, см.

Определяют угол наклона  $\alpha$  дна бревноспуска к горизонту:

$$tg\alpha = \frac{P}{L}, \quad (2)$$

где  $L$  - проекция модели бревноспуска на горизонтальное дно лотка, см.

При известном максимальном диаметре  $d_{\max}$  модельного бревна и угле наклона  $\alpha$  бревноспуска определяют необходимую сплавную глубину  $h_{\text{спл}}$ , см, в бревноспуске для беспрепятственного прохождения по нему леса:

$$h_{\text{спл.мин.}} = \frac{T}{\cos \alpha} + z, \quad (3)$$

где  $T$  - осадка бревна максимального диаметра, принятая равной

$$T = d_{\max} \cdot 0,8, \text{ см}; \quad (4)$$

$z$  - донный запас, см.

Результаты выполненных измерений и вычислений заносят в табл. 1.

Таблица 1

Данные о размерах бревноспуска и минимальной сплавной глубине

$Z_g$ , см	$Z_p$ , см	$P$ , см	$B$ , см	$L$ , см	$tg\alpha$ , см	$\alpha$ ,	$d_{\max}$ , см	$Z$ , см	$h_{\text{спл.мин.}}$ , см

*Примечание.* Геометрические размеры бревноспуска, элементы потока в бревноспуске и сплавляемых по нему бревен моделируются в линейном масштабе 1:10.

По рассчитанной величине  $h_{\text{спл.мин}}$  при непрерывном ее контроле измерительными инструментами в бревноспуске с естественной шероховатостью дна создают сплавной расход  $Q_{\text{спл.мин}}$  путем плавного маневрирования задвижкой на напорном трубопроводе. Беспрепятственный и безударный выход леса, то есть сплавляемых через бревноспуск бревен в нижний бьеф, создают путем регулирования здесь необходимых уровней и глубин с помощью заслонки.

Величину полученного расхода  $Q_{\text{спл.мин}}$  измеряют объемным способом с помощью мерного бака и записывают в журнал наблюдений (см.табл. 2).

3. Описанные выше операции повторяют для условий работы бревноспуска с повышенной шероховатостью. Для этого на дне бревноспуска укрепляют модельные брусья 9 нормально к его продольной оси в размеченных на нем местах. Глубину  $h_{\text{спл.мин}}$  измеряют по вертикали, проходящей через верхние грани брусьев - усилителей шероховатости.

Обработка экспериментальных данных

1. Для бревноспуска с естественной шероховатостью дна, при установившемся движении потока, вычисляют гидравлический уклон потока  $J$ :

$$J = \frac{P}{L}, \quad (5)$$

Среднюю скорость  $v$ , см/с, и расход  $Q$ , см<sup>3</sup>/с, вычисляют по формулам Шези:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J}, \quad (6)$$

$$Q = S \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot J}, \quad (7)$$

где  $S$  - площадь живого сечения потока в бревноспуске, см, равная:

$$S = B \cdot h_{\text{спл.мин.}}, \quad (8)$$

$R$  - гидравлический радиус, см, равный:

$$R = \frac{S}{X}, \quad (9)$$

где  $X$  - смоченный периметр, см, равный:

$$X = 2 \cdot h_{\text{спл.мин.}} + B, \quad (10)$$

$C$  - скоростной коэффициент, вычисляемый по формуле Н.Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y, \quad (11)$$

где  $n$  - коэффициент шероховатости дна и стенок бревноспуска;

$y$  - показатель степени, зависящий от  $R$  и  $n$ . При  $R < 1$  м

$y$  может быть определен по формуле:

$$y = 1,5 \cdot \sqrt{n}. \quad (12)$$

2. Вычисляют число Фруда  $Fr$  по формуле:

$$Fr = \frac{\alpha \cdot v^2}{g \cdot h_{\text{спл.мин.}}}, \quad (13)$$

где  $\alpha$ - коэффициент, принимаемый равным 1,1.



3. Для бревноспуска с повышенной шероховатостью вычисляют:  
 - среднюю скорость потока  $v$ , см/с, в живом сечении с брусом шероховатости:

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (14)$$

где  $Q = Q_{\text{спл.мин}}$  - измеренному объемным способом мерным баком, см<sup>3</sup>/с;

$S$  - площадь живого сечения потока в створе установки бруса шероховатости;

$Fr$  - число Фруда  $Fr$ , подсчитываемое по формуле (13), где  $v$  определяют по формуле (14).

4. Результаты вычислений записывают в табл. 2.

5. На основании анализа проведенных измерений и вычислений для бревноспуска с естественной и повышенной шероховатостью делают выводы в отношении величины потребного (минимального; сплавного расхода, средней скорости потока в бревноспуске, характера сопряжения струй в нижнем бьефе, а также о состоянии потока на бревноспуске. Последнее оценивают по величине числа Фруда (бурное, спокойное или критическое состояние потока).

Таблица 2

Данные вычислений гидравлических элементов потока в бревноспуске

№ п/п	Наименование параметров потока	Естественная шероховатость		Повышенная шероховатость	
		измерено	вычислено	измерено	вычислено
1	Объем воды $W_6$ мерном баке при измерении расхода, см <sup>3</sup>				
2	Время $t$ наполнения мерного бака, с				
3	Минимальный сплавной расход $Q_{\text{спл.мин.}}$ , см <sup>3</sup> /с				
4	Гидравлический уклон $J$				
5	Средняя скорость $v$ , см/с				
6	Площадь живого сечения $S$ , см <sup>2</sup>				
7	Число Фруда $Fr$				

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ НИЗКОНАПОРНОЙ ЛЕСОСПЛАВНОЙ ПЛОТИНЫ

#### Цель работы

1. Изучение конструкции лесосплавных плотин.
2. Исследование условий движения потока через отверстие плотины.
3. Исследование гидравлических и сплавотехнических условий работы водосливных отверстий плотины.

#### Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка (рис.7) состоит из горизонтального гидравлического лотка 1 с остекленной стенкой, в котором размещена модель лесосплавной плотины, состоящая из флютбета 4, береговых устоев 5 и затворов 6 в виде шандор, перекрывающих водосливное отверстие плотины.

Гидравлический лоток оснащен мерной иглой 3, укрепленной на координатной тележке 2, и подпорной заслонкой 7, смонтированной в концевой части лотка.

Расход воды в лотке регулируют задвижкой, установленной на напорном трубопроводе в головной части лотка, и измеряют объемным способом с помощью мерном бака, установленного в концевой части лотка (на рис. 7 не показаны).

#### Последовательность выполнения работы

1. Мерной иглой и линейкой измеряют высоту порога  $P$ , ширину отверстия  $B$  водослива, высоту одной шандоры  $h_{ш}$ , и осадку  $T$  модельного пучка. Результаты замеров записывают в табл. 1.

2. В русловой лоток последовательно подают расходы воды  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  и  $Q_{\max} = 25-30$  л/с ( $25000 - 30000$  см<sup>3</sup>/с) и в нижнем бьефе плотины измеряют соответствующие глубины  $h_1, h_2$  и т.д. Расходы  $Q$  изменяют задвижкой на напорном трубопроводе, а их величину измеряют с помощью мерного бака. Результаты замеров записывают в табл. 2.

3. При установившемся движении потока через водосливное отверстие плотины с расходом  $Q_{\max}$  (условно соответствующим расходу весеннего паводья или паводка) измеряют:

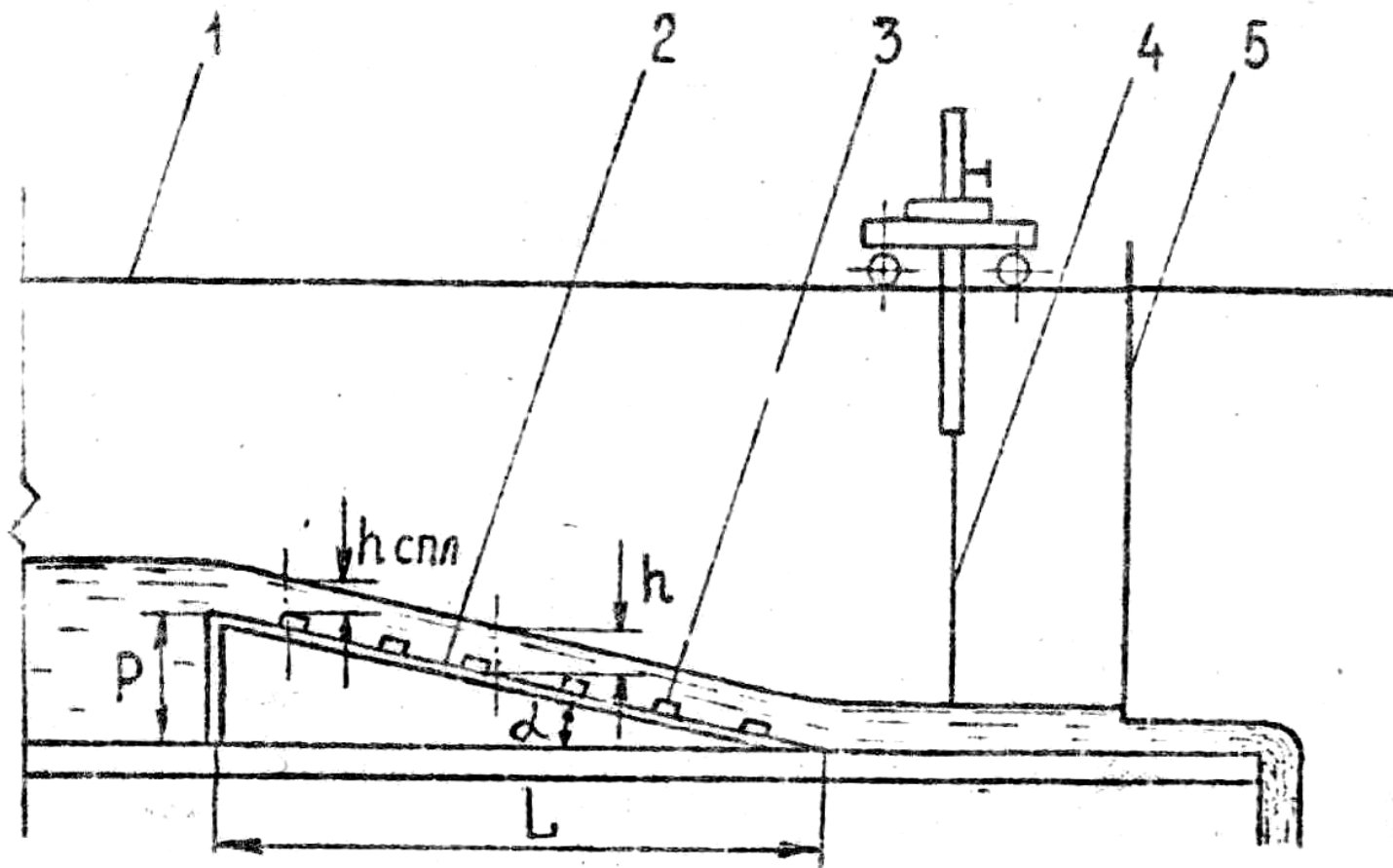


Рис. 7. Экспериментальная установка для исследования работы низконапорной лесосплавной плотины

- напор воды  $H$  в верхнем бьефе плотина;
- глубину потока на пороге  $h_n$  плотины в нижнем бьефе;
- глубину потока  $h_D$ , в нижнем бьефе за плотинной.

Результаты измерений записывают в табл. 2 и табл. 3.

4. Изучают условия прохождения расхода  $Q_{\max}$  через водосливное отверстие плотины.

5. Для исследования работы водосливного отверстия плотины в лоток подают расход воды  $Q_M$ , соответствующий меженному периоду (несколько меньше  $Q_{\text{спл.мин.}}$ ) при глубине потока в нижнем бьефе  $h_M = T$ .

Результаты замеров  $Q_M$  и  $h_M$  записывают в табл. 2.

Таблица 1

Данные о плотине и сплотивных единицах

№ п/п	Наименование параметров, см	Величина параметра
1	Отметка дна $Z_g$ лотка перед порогом	
2	Отметка порога $Z_p$	
3	Высота порога $P$	
4	Ширина водосливного отверстия $b$	
5	Высота шандоры $h_{ш}$	
6	Осадка пучка $T$	

Таблица 2

Результаты измерений расходов и глубин

№ опыта	Время измерения расходов, с	Объем воды в мерном баке, см <sup>3</sup>	Расход воды, см <sup>3</sup> /с	Глубина потока в нижнем бьефе, см
1	$t_1 =$	$W_1 =$	$Q_1 =$	$h_1 =$
2	$t_2 =$	$W_2 =$	$Q_2 =$	$h_2 =$
3	$t_3 =$	$W_3 =$	$Q_3 =$	$h_3 =$
4	$t_4 =$	$W_4 =$	$Q_4 =$	$h_4 =$
5	$t_5 =$	$W_5 =$	$Q_5 =$	$h_5 =$
6	$t_6 =$	$W_6 =$	$Q_6 =$	$h_6 =$

*Примечание.* Глубины потока в нижнем бьефе измеряют мерной линейкой.

6. Водосливное отверстие плотины полностью перекрывают шандорами и производят накопление воды в водохранилище.

7. При установившемся движении потока через водосливное отверстие с расходом  $Q_M$  замеряют напор над шандорами  $H_{ш}$  и записывают в табл. 3.

8. Регулируя шандорами попусковой расход воды через плотину, создают в нижнем бьефе минимальную сплавную глубину.

Таблица 3

Характеристики гидравлических условий работы плотины

№ п/п	Наименование и величина характеристики, см	Величина характеристики	
		при паводковом расходе	При меженином расходе
1	Отметка уровня воды в верхнем бьефе плотины $Z_g$		
2	Отметка уровня воды на пороге плотины в нижнем бьефе $Z_n$		
3	Напор воды в верхнем бьефе $H$		
4	Глубина воды на пороге плотины в нижнем бьефе $h_n$		
5	Ширина потока на подходе к плотине $B$		
6	Отметка верхней шандоры $Z_{ш}$ на пороге водослива		
7	Напор воды над шандорами $H_{ш}$ (при $Q_M$ )		

### Обработка экспериментальных данных

1. Вычисляют высоту порога  $P$  плотины, см,

$$P = z_g - z_p \quad (1)$$

и результат записывают в табл. 1.

2. Вычисляют значение расхода воды  $Q$ , см<sup>3</sup>/с, для различных режимов эксплуатации плотины:

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (2)$$

где  $W$  и  $t$  - соответственно объемы воды в мерном баке, см<sup>3</sup>, и время

наполнения бака водой, с, при измерении различных расходов (см.табл. 2).

3. Вычисляют необходимую лесосплавную глубину  $h_{спл.мин.}$ , см, по параметрам сплотовой единицы (пучка):

$$h_{спл.мин.} = T + z, \quad (3)$$

где  $T$  - осадка пучка, см;

$z$  - донный запас (в условиях модели  $z = 1 - 2$  см).

4. Вычисляют напор воды  $H$ , см, в верхнем бьефе:

$$H = z_g - z_b. \quad (4)$$

5. Вычисляют глубину воды на пороге плотины  $h_n$ , см:

$$h_n = z_p - z_n. \quad (4)$$

6. Вычисляют напор вода над шандорамй Нш, см:

$$H_{ш} = z_b - z_M \quad (6)$$

7. При пропуске через водосливное отверстие плотины паводкового расхода  $Q_{макс}$  устанавливают характер работы водослива с широким порогом, учитывая, что водослив считают подтопленным, если:

$$h_n > 0,8 H_0, \quad (7)$$

и неподтопленным, если:

$$h_n < 0,8 H_0, \quad (8)$$

где:

$$H_0 = H + v^2/2g. \quad (9)$$

В том случае, если  $S_b > 4(B \cdot H)$ , где  $S_b$  и  $B$  - соответственно площадь живого сечения и ширина потока на подходе к плотине, скоростью подхода  $v_0$  потока пренебрегают.

По результатам расчетов делают соответствующие выводы, учитываемые в последующих расчетах.

8. По данным замера расходов  $Q$  и глубин воды  $h$  в нижнем бьефе (табл. 2) выполняют построение графика, связи  $Q = f(h)$ .

9. По графику  $Q = f(h)$  при  $h = h_{спл.мин.}$  определяют минимальный лесосплавной расход, равный расходу попуска, то есть:

$$Q_{спл.мин} = Q_{поп}. \quad (10)$$

10. По уравнению для прямоугольного водослива с вертикальной (тонкой) стенкой со свободным истечением и боковым сжатием определяют напор  $H_{ноп}$  над шандорамй водосливного отверстия, соответствующий минимальному лесосплавному расходу воды  $Q_{ноп}$ :

$$H_{non.} = \left( \frac{Q_{non}}{m \cdot b \cdot \sqrt{2g}} \right)^{2/3}, \quad (11)$$

где  $m$  - коэффициент расхода водослива с учетом бокового сжатия потока в отверстии, разделенном быками или быком и береговым устоем, принимают равным  $0,33 \div 0,35$ .

11. Вычисляют число  $n$  шандор, которые нужно убрать из отверстия для обеспечения пропуска через водослив попускового расхода воды  $Q_{non}$ :

$$n = \frac{H_{non} - H_{ш}}{h_{ш}}, \quad (12)$$

где  $h_{ш}$  - высота одной шандоры, см.

12. Результаты вычислений записывают в табл. 4.

Таблица 4

Результаты вычисления опытных данных

№ п/п	Наименование параметров	Значения параметров
1	Минимальная лесосплавная глубина $h_{спл.мин}$ , см	
2	Минимальный лесосплавной расход воды $Q_{спл.мин} = Q_{non}$ , см <sup>3</sup> /с	
3	Напор $H_{non}$ , соответствующий расходу $Q_{non}$ , см	
4	Число $n$ убираемых шандор, шт.	

13. Полученные результаты экспериментов анализируют и делают соответствующие выводы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов С.М. МУ к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Мелиорация лесосплавных путей и гидротехнические сооружения» (для студентов спец. 2601). М.: МЛТИ, 1988. 36 с.
2. Савельев В.В. Мелиорация лесосплавных путей, и гидротехнические сооружения. М.: Лесная промышленность, 1982. 280 с.
3. Астафичева Т.Н., Косякова Г.Н., Яковлев В.А. Лабораторные работы по курсу гидравлики (для студентов гидротехнического факультета) под редакцией Р.Р. Чугаева. Л.: Ленинградский ордена Ленина политехнический институт им. М.И. Калинина, 1972. 124 с.
4. Савельев В.В., Овчинников М.С. Мелиорация лесосплавного пути. Указания к курсовому проектированию. Л.:ЛТА им.СМ.Кирова, 1974. 76 с.
5. Угинчус А.А., Чугаева Е.А. Гидравлика. Л.; Издательство литературы по строительству, 1971. 350 с.
6. Куравлев Г.И. Гидротехнические сооружения. И.: Колос, 1979. 423 с
7. Радек А.Л., Яринский Г.В. Мелиорация сплавных путей и гидротехнические сооружения. Уч. пособие. Красноярск, Сибирский технологический институт, 1977. 61 с.
8. Инструкция по проектированию лесосплавных предприятий. ВСН-4-78. Л.: Гипролестранс, 1979. 128 с.
9. Карпачев С.П., Комяков А.Н. Учебное пособие по мелиорации лесосплавных путей. □ М.: изд-во МГУЛ, 2007. □ 48 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Лабораторная работа 1. Исследование фильтрационных свойств грунтов ...	4
Лабораторная работа 2. Исследование работы продольной дамбы на неразрываемой модели русла .....	9
Лабораторная работа 3. Исследование гидравлических условий работы грунтовой плотины .....	15
Лабораторная работа 4. Исследование режимов сопряжения бьефов лесос- сплавной плотины .....	22
Лабораторная работа 5. исследование работы бревноспуска с повышенной шероховатостью .....	29
Лабораторная работа 6. Исследование работы низконапорной лесосплав- ной плотины .....	34
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	40

**Учебное издание**

*Сергей Петрович Карпачев  
Алексей Николаевич Комяков  
Игорь Леонидович Шевелев*

**МЕЛИОРАЦИЯ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПУТЕЙ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ  
СООРУЖЕНИЯ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Оригинал–макет и верстка С.П. Карпачева