

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕПЛОТЕХНИКИ, ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине
"Водоотведение и очистка сточных вод"
для студентов специальности 29.08
"Водоснабжение, канализация, рациональное
использование и охрана водных ресурсов"**

Часть I

БРЕСТ 1995

УДК 621.65

Настоящие методические указания составлены для студентов, изучающих курс "Водоснабжение и очистка сточных вод" в соответствии с учебной программой специальности 29.03.

Методические указания содержат общие сведения, описание и порядок выполнения лабораторных работ по изучаемому курсу.

Составители: к.т.н. Э.Н.Яромский,
ст.преподаватель Л.А.Пойта,
ассистент Н.Ф.Бахур

Рецензент. Директор Брестского городского
ПО "Толокачал"
М.С.Сад

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № I ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КАНАЛИЗАЦИОННЫМИ ТРУБАМИ И СПОСОБАМИ ИХ СОЕДИНЕНИЯ*

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с образцами керамических, бетонных, железобетонных и асбестоцементных труб.
2. Изучить способы соединения канализационных труб и их физико-механические характеристики.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Трубы, применяемые для отведения сточных вод, должны быть прочными, водонепроницаемыми, устойчивыми против коррозии и высоких температур и достаточно дешевыми. В большей степени этим требованиям удовлетворяют трубы керамические, железобетонные, бетонные и асбестоцементные.

Керамические трубы получили наибольшее распространение. Эти трубы изготавливают раструбными, длиной 800-1200 мм, внутренним диаметром 150-500 мм (ГОСТ 286-82). На внутренней поверхности раструба и наружной поверхности конца трубы имеются неглаурованные борозды, способствующие лучшему сцеплению труб с материалом, применяемым для заделки стыков.

Керамические трубы устойчивы против химического воздействия сточных вод. Для отвода сточных вод с повышенной кислотностью применяют кислотоупорные керамические трубы. Диаметр таких труб колеблется от 50 до 300 мм. Недостаток керамических труб - их небольшая длина и хрупкость.

Бетонные трубы, применяемые для устройства самотечных коллекторов, изготавливают диаметром 200-600 мм (ГОСТ 20054-82), а железобетонные трубы - диаметром 200-2500 мм (ГОСТ 6482.0-79). Длина бетонных труб - 1.0, 1.5, 2.0, железобетонных - 3.0, 4.5, 5.0 м. Бетонные и железобетонные трубы изготавливают раструбными и фланцевыми из бетона марки не ниже 300 вибрационным или центробежным способами. Бетонные трубы дешевле керамических, но значительно интенсивнее подвержены действию агрессивных вод.

Асбестоцементные трубы, применяемые для устройства смоточных коллекторов изготавливают без раструбов диаметром 100-100 мм, длиной 2,95, 3,95 м по ГОСТ 1839-80. Соединение асбестоцементных труб выполняют с помощью муфт.

Для напорных труб трюводов используют трубы чугунные, стальные, асбестоцементные и пластмассовые.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. На основании нормативной и справочной литературы ознакомиться с основными характеристиками канализационных труб.

2.2. Изучить способы и вычертить эскизы соединения керамических, бетонных, железобетонных, асбестоцементных труб.

2.3. Ознакомиться с образцами канализационных труб, представленных в лаборатории.

2.4. На основании внешнего осмотра и соответствующих измерений заполнить нижеследующую таблицу.

Результаты осмотра и измерений образцов труб

Таблица

№ образца	Материал труб	Наружный диаметр D_n , мм	Условн. проход D_y , мм	Толщина стенки труб, t , мм	ГОСТ, ТУ	Масса I п.м., кг
1	2	3	4	5	6	7

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое диаметр условного прохода труб?

2. В чем достоинства и недостатки изучаемых в работе канализационных труб?

3. Какие существуют способы соединения канализационных труб?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

"ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБЫ И СПОСОБЫ ИХ СОЕДИНЕНИЯ"

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с образцами пластмассовых труб.
2. Изучить способы соединения пластмассовых труб.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Пластмассовые трубопроводы обладают следующими преимуществами перед трубопроводами из традиционных материалов. Они не подвержены электрохимической коррозии, потери напора на 30% меньше, чем в стальных и чугунных, гидравлические удары значительно слабее из-за более низкого модуля упругости материала труб. Трубы из пластмасс в 6-14 раз легче металлических. Вероятность разрушения пластмассового трубопровода при замерзании в нем жидкости мала. Недостатком этих труб является высокий коэффициент линейного расширения, т.е. восприимчивость к изменению температуры.

Наиболее распространенными материалами для производства пластмассовых труб являются полиэтилен низкого давления (ПНД), полиэтилен высокого давления (ПВД), полипропилен (ПП), поливинилхлорид (ПВХ), фторопласт (Ф-4).

Нормативные документы на пластмассовые трубы

Таблица I

Материал труб	Нормативный документ на трубы	Номенклатура труб по D_n , мм	Назначение
ПНД	ГОСТ 18599-83	10-630	Для трубопроводов, транспортирующих жидкие газообразные в-ва, к которым полиэтилен химически стоек
	ГОСТ 226.89-83	40-110	Для систем внутренней канализации зданий
ПВД	ГОСТ 18599-83	10-160	То же, что и в п. I
ПП	ТУ 38-102-100-83	12-315	" "
ПВХ	ТУ 6-19-231-83	16-315	" "
Ф-4	ТУ 6-05-987-79	32-430	Для транспортирования агрессивных сред

За основу стандартизации сортамента пластмассовых труб принят наружный диаметр. Он колеблется в пределах 10-1200 мм, толщина стенки труб - 2-50 мм, длина труб 6, 8, 10, 12 м, масса 1 п.м. - 0.19-64.8 кг.

Трубы выпускаются 4-х типов в зависимости от максимальной допускаемого давления транспортируемой жидкости.

Тип: Л - легкий, СЛ - среднелегкий, С - средний, Т - тяжелый.

Условное обозначение труб следующее: ПНД 63 СЛ,

где ПНД - полиэтилен низкого давления,

63 - наружный диаметр,

СЛ - среднелегкий тип трубы.

Соединения пластмассовых труб делят на 2 основные группы: неразъемные и разъемные. К неразъемным относятся сварные и клееные соединения, к разъемным - фланцевое, раструбное на резиновых уплотнителях, резьбовое.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. На основании нормативной и справочной литературы ознакомиться с основными характеристиками, условными обозначениями пластмассовых труб и действующими на них стандартами.

2.2. Ознакомиться с образцами пластмассовых труб, представленными в лаборатории.

2.3. Измерить наружный диаметр и толщину стенки образца.

2.4. Установить материал образца, для чего воспользоваться табл.2

2.5. Результаты измерений и осмотра занести в табл. 3.

Определение материала пластмассовых труб по характеру горения

Таблица 2

Материал	Характерные признаки	Дополнительные признаки	Примечание
Поливинилхлорид	Пламя зеленого цвета, дым имеет резкий запах хлора	Трудно воспламеняется, при горении разлагается	Горит, но при приближении пламени гаснет
Полиэтилен	Пламя синее, слабо светится, запах затухающей свечи	Быстро загорается, при горении плавится и стекает каплями	Горит после извлечения из пламени
Полипропилен	Пламя синее, слабо светится, запах горелого воска, но более резкий, чем у полиэтилена	То же	То же
Фторопласт	Обугливается	Не воспламеняется	

Результаты измерений и осмотра образцов труб

Таблица 3

№ образца	Наружный диаметр, D_n , мм	Толщина стенки трубы t , мм	Материал образца	Условные обозначения труб	Масса I п.м. труб
1					
2					
3					

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 3.1. Из каких материалов изготавливаются пластмассовые трубы?
- 3.2. Что принято за основу стандартизации, сортамента пластмассовых труб?
- 3.3. Какие преимущества и недостатки пластмассовых труб?
- 3.4. Каким образом можно определить материал пластмассовых труб?
- 3.5. Какие существуют способы соединения пластмассовых труб?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

"ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОТВОДАЩЕГО ТРУБОПРОВОДА"

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Установить графическую зависимость расхода и скорости потока от относительного наполнения пластмассового трубопровода.
2. Построить кривую свободной поверхности потока при максимальном расходе жидкости в трубопроводе.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бытовую канализационную сеть рассчитывают на частичное наг лие труб. Это связано и позволяет:

- а) создать лучшие условия для транспортирования взвешенных веществ;
- б) обеспечить вентиляцию сети для удаления вредных газов, выделяющихся из жидкости;
- в) создать некоторый резерв в сечении труб для пропуска расхода.

превышающего расчетный.

Степень наполнения труб характеризуется относительным наполнением h/d (h - глубина наполнения, d - диаметр трубопровода).

Для пропуска расчетного расхода сточных вод для бытовой сег: раздельной системы канализации расчетное наполнение (наполнение, соответствующее пропуску расчетного расхода) следует принимать не более 0,7, а каналов с прямоугольным поперечным сечением - не более 0,75 высоты. Для трубопроводов дождевой и общесплавной систем водоотведения необходимо принимать полное расчетное наполнение.

Гидравлический расчет канализационной сети можно выполнять по формуле Шези:

$$Q = \omega \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (3.1)$$

где: Q - величина расхода, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω - площадь живого сечения потока, м^2 ;

c - коэффициент, определяемый по формуле Н.Н.Павловского, $\text{м}^{0,5}/\text{с}$;

k - гидравлический радиус сечения потока, м ;

i - гидравлический уклон потока.

Практически расчеты выполняют по таблицам и номограммам, составленным по приведенной формуле.

Общезвестно, что величины скорости и расхода потока жидкости с увеличением относительного наполнения возрастают. Однако при достижении относительного наполнения некоторой величины расход и скорость начинают уменьшаться. Объясняется это тем, что при наполнении верхней части трубопровода круглого сечения смоченный периметр растет быстрее, чем площадь, и поэтому гидравлический радиус начинает уменьшаться, при этом уменьшается и скорость.

Теоретически доказано, что в трубе круглого сечения наибольшая скорость соответствует относительному наполнению $h/d = 0,81$, а наибольший расход - $h/d = 0,95$.

2. СХЕМА И ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ

Схема опытной установки представлена на рис. 1. В состав установки входят: исследуемый пластмассовый трубопровод 1 ($d = 30$ мм), опорная конструкция 2, устройство для изменения уклона трубопровода 3, пьезометры 4, входной оголовок 5, вентиль для регулирования подачи воды 6, мерный сосуд 7.

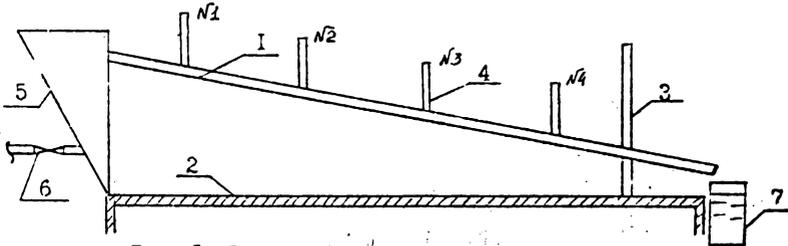


Рис. I. Схема лабораторной установки

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Установить пластмассовый трубопровод с некоторым уклоном.
- 3.2. С помощью вентиля 6 подать жидкость в коллектор.
- 3.3. Убедившись в том, что движение жидкости в трубопроводе установившееся (характеризуется стабильностью показаний пьезометров) определить величину расхода (объемным способом).
- 3.4. Повторить опыта 6-8 раз и данные занести в таблицу I.

Результаты опытов

Таблица I

№ опыта	Показания пьезометров, мм				W , л	τ , с
	h_1	h_2	h_3	h_4		
I	2	3	4	5	6	7

4. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

- 4.1. Обработка результатов опытов проводится для сечения трубопровода, взятого в створе второго пьезометра.
- 4.2. Расход жидкости Q определяется делением объема W на τ - время наполнения. Скорость потока определяется делением расхода на площадь поперечного сечения потока ω . Площадь поперечного сечения потока определяется по табл. 42 (I).
- 4.3. Выполнив таблицу 2, построить графики зависимости расхода и скорости от относительного наполнения h/d .
- 4.4. По результатам табл. I (для опыта с максимальным расходом) построить кривую свободной поверхности потока.

Результаты расчетов

Таблица 2

№ опыта	h_2 / d	ω , см ²	Q , л/с	v , м/с
1	2	3	4	5

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Для какого режима движения сточной жидкости рассчитывается бытовая канализационная сеть?

5.2. Какие формулы положены в основу гидравлического расчета канализационного трубопровода?

5.3. При каких величинах относительного наполнения трубопровода круглого сечения расход и скорость максимальны?

5.4. Какие существуют формы свободной поверхности потока в канализационном трубопроводе?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

"ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ
СТОЧНЫХ ВОД"

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Определить величину критической скорости сточной жидкости содержащей песчаные частицы, сравнить ее со значениями скоростей, полученных по формулам.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сточные воды загрязнены различными примесями органического и минерального происхождения. Примеси органического происхождения, обладая малым удельным весом, хорошо транспортируются по канализационному коллектору, а примеси минерального происхождения транспортируются лишь при значительных скоростях. В связи с этим расчетные скорости сети должны назначаться из условия транспортирования потока и других примесей неорганического происхождения, содержащихся в сточной жидкости.

Скорость, соответствующая полному взвешиванию потоком загряз-

ней, называется критической или самоочищающей. Минимальные расчетные скорости следует назначать не менее критических скоростей. Для бытовой канализационной сети критическая скорость равна:

Диаметр труб, мм	150-250	300-400	450-500	600-800	900-1200	1500
Критическая скорость, м/с	0,7	0,8	0,9	1,0	1,15	1,5

Однако, скорость движения сточной жидкости следует ограничивать вследствие истирания внутренней поверхности труб. В металлических трубопроводах не рекомендуется допускать скорость более 8 м/с, а в неметаллических - более 4 м/с.

Для определения критических скоростей $v_{кр.}$ м/с, в канализационных сетях предложен ряд формул:

$$v_{кр.} = 1,57 \sqrt[n]{R} \quad \text{— ф-ла Н.Ф.Федорова} \quad (4.1)$$

где R - гидравлический радиус, м;

$$n = 3,5 + 0,5 R$$

$$v_{кр.} = 12,5 u_0 R^{0,2} \quad \text{— ф-ла А.А.Масленникова} \quad (4.2)$$

и С.В.Яковлева

где u_0 - гидравлическая крупность частиц песка, равная 0,1 м/с.

Для бытовых сетей полных раздельных систем канализации расчетный диаметр частиц песка следует принимать равным 1 мм с величиной $u_0 = 0,1$ м/с.

2. СХЕМА И ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ

Схема опытной установки представлена на рис. 1. В состав установки входят стеклянный трубопровод 1 ($d = 4$ мм), опорная конструкция 2, устройство для изменения уклона 3, входной оголовок 4, вентиль для регулирования расхода 5, мерный сосуд 6. В опытах используется песок крупностью частиц 1 мм.

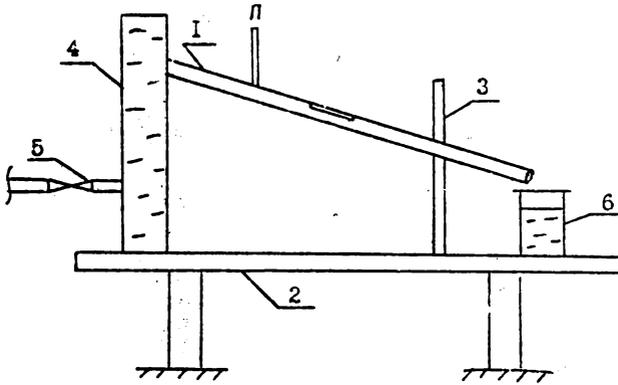


Рис. 1. Схема лабораторной установки

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Установить трубопровод с некоторым уклоном (α).
- 3.2. В средней части трубопровода на протяжении 5-10 см разместить исследуемые частицы песка.
- 3.3. С помощью вентилей 5 подать в трубопровод некоторую величину расхода жидкости, наблюдая при этом характер поведения частиц.
- 3.4. Увеличивая подачу воды, зафиксировать тот момент, при котором начинается сдвиг песка по стенке трубопровода.
- 3.5. Используя мерный сосуд и секундомер определить величину расхода, при котором наблюдался сдвиг частиц песка.
- 3.6. Опыты повторить 3-4 раза и данные занести в таблицу I.

Результаты опытов и расчетов

Таблица I

№ оп.	W , л	τ , с	l , см	Q , л/с	ω , см ²	δ , м/с	$v_{кр.}$, м/с	
							по ф.4.1	по ф.4.2
I	2	3	4	5	6	7	8	9

$$l = \dots ; d = 1 \text{ мм}; U_0 = 0,1 \text{ м/с.}$$

4. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

4.1. Расход жидкости определяется по формуле:

$$Q = \frac{V}{\tau}$$

4.2. Скорость потока определяется по формуле

$$v = \frac{10 Q}{\omega}$$

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Что называется критической скоростью?
- 5.2. Что такое гидравлическая крупность частиц?
- 5.3. Какие формулы позволяют определить величину критической скорости сточной воды?
- 5.4. Какие существуют ограничения при назначении скорости сточных вод?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

"ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТИПОВЫМИ ПРОЕКТАМИ СООРУЖЕНИЙ НА ВОДОСТОЧНОЙ СЕТИ"

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с типовыми проектами, проектными решениями канализационных колодцев и выполнить привязку одного из них к конкретным условиям.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для наблюдения за состоянием канализационной сети устраивают смотровые колодцы. Смотровые колодцы ставятся на всех пунктах сети, где меняются направление, диаметры, уклоны коллектора.

Смотровой колодец состоит из дна (основания) с лотком, рабочей камерой, переходного конуса, горловины и чугунного люка с крышкой. Сточная жидкость в пределах колодца движется по открытому лотку, поперечное сечение которого представляет полуокружность. Площадку между стенками колодца и лотком (берма) делают с незначительным уклоном (0,02-0,03) в сторону последнего. Круглые колодцы выполняются диаметром 1000, 1250, 1500, 2000 мм. Размеры рабочей камеры должны

быть такими, чтобы в ней мог свободно разместиться рабочий, производящий осмотр или прочистку сети.

Диаметр горловины принимают 0,7 м, высоту - в зависимости от глубины колодца.

В зависимости от назначения и места расположения смотровые колодцы подразделяются на линейные, поворотные, узловые и контрольные. Кроме того, на сети устраивают перепадные, промывные колодцы и соединительные камеры.

Линейные колодцы, устраиваемые на прямых участках канализационной сети, предназначены для периодического осмотра и прочистки сети. Расстояние между линейными колодцами принимают в зависимости от диаметра труб.

Диаметр труб, мм	150	200-400	500-600	700-900	1000-1400	1500-2000
---------------------	-----	---------	---------	---------	-----------	-----------

Расстояние между колодцами, м	35	50	75	100	150	200
----------------------------------	----	----	----	-----	-----	-----

Поворотные колодцы устанавливают в местах поворота сети. Поворотный колодец отличается от линейного только лотком, который имеет криволинейные очертания по плавной кривой. Угол поворота лотков принимают не менее 90 градусов.

Узловые колодцы предусматривают во всех точках соединения коллектора. В узловых колодцах боковые участки сети присоединяют к основному коллектору плавным закруглением лотков.

Перепадные колодцы размещают в местах вынужденных перепадов канализационной сети. При этом преследуется цель снижения глубины заложения трубопроводов.

Контрольные колодцы устанавливаются в местах присоединения дворовой, "внутриквартальной", внутризаводской сетей и к уличной городской сети.

Соединительные камеры обычно устраивают в местах соединения трубопроводов большого диаметра.

Типовые проектные решения канализационных колодцев (902-09-22-84) разработаны ЦНИИЭП инженерного оборудования городов, жилых и общественных зданий и включают семь альбомов.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. На основании типовых проектных решений ознакомиться с конструктивными решениями и областью применения канализационных колодцев.

2.2. Установить, как влияют геология и гидрогеология на конструктивные особенности канализационных колодцев.

2.3. Получив исходные данные (грунты, глубина заложения, УТВ и колодца, диаметр коллектора, отметка поверхности земли) выполнить привязку одного из канализационных колодцев, заполнив таблицу I.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

3.1. Каково назначение смотровых колодцев?

3.2. Как подразделяются смотровые колодцы?

3.3. Из каких элементов состоит смотровой колодец?

3.4. Как влияют геологические и гидрогеологические условия на конструктивные особенности смотровых колодцев?

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.А.Лукиных, Н.А.Лукиных. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н.Павловского. М., Стройиздат, 1974. - 56 с.
2. В.И.Калицин. Гидравлический расчет водоотводящих сетей. Справ. пособие. М., Стройиздат, 1968. - 72 с.
3. А.М.Курганов, Н.Ф.Федоров. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л., Стройиздат, 1973. - 408с.

ТАБЛИЦА НАИДИМИЦИОННЫХ КОЛОДЕЦ

Таблица 1

1	R колодца по плану		
2	Марка колодца по грунтовым условиям		
3	Марка колодца		
4	Диаметр колодца, мм		
5	Глубина лотка h , мм		
6	Высота рабочей части H_p , мм		
7	Полная глубина колодца по профилю H , мм		
8	Высота горловины, H_2 , мм		
9	Объем бетона на лоток, m^3	Расход материалов Длина Рабочая часть Плиты перекрытия Горловина	
10	ПН-10		
11	КС10-9		
12	КС10-6		
13	ПН10-1		
14	К06		
15	Тип люка		
16	Кирпичная кладка		
17	Стремянка		
18	Объем конструкций, m^3		

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Яромский Виктор Николаевич
Пойта Людмила Лаврентьевна
Евхур Николай Федорович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по дисциплине
"Водоосветление и очистка сточных вод"
для студентов специальности 29.06
"Водоснабжение, канализация, рациональное
использование и охрана водных ресурсов"

Часть I

Ответственный за выпуск: Яромский В.Н.

Редактор: Строкач Т.В.

Подписано к печати 17.12. 94 г.. Бумага писчая. Офсетная печать.
Формат 60x84/16. Усл.п.л. 0,93. Уч.изд.л. 1,0. Заказ № 10.
Тираж 150 экз. Бесплатно. Отпечатано на роталпринте Брестского
политехнического института. 224017, Брест, ул.Московская, 267.