

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ. РАСЧЁТ ДЮКЕРА

Методические указания к практическим занятиям
по направлению 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2015

УДК 628.218.24
ББК 38.776

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры
«Водоснабжение, водоотведение и
гидротехника» Т.В. Малютина
(ПГУАС).

Водоотводящие сети. Расчет дюкера: методические указания к
практическим занятиям по направлению 08.03.01 «Строительство» /
Н.И. Ишева, Б.М. Гришин, М.В. Бикунова – Пенза: ПГУАС, 2015. –
25 с.

Изложены вопросы расчёта и проектирования дюкеров, расположенных на водоотводящих сетях. Дана методика и пример расчета дюкера, которые рассматриваются на практических занятиях по дисциплине «Водоотводящие сети».

Методические указания направлены на формирование у студентов профессиональных компетенций, таких как: способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных расчетов, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам; способность организовать профилактические осмотры и текущий ремонт, приемку и освоение вводимого оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015
© Ишева Н.И., Гришин Б.М., Бикунова М.В.,
2015

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Водоотводящие сети» и предназначены для практических работ, а также систематизации теоретических знаний, полученных студентами при изучении данного теоретического курса.

В состав методических указаний включена тема по расчёту и проектированию на водоотводящей сети дюкера.

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЮКЕРА

В методических указаниях рассматривается конструирование дюкера. Дюкер представляет собой водопропускное сооружение на самотечной водоотводящей сети, устраиваемое при переходе через различного рода препятствия (реки, овраги, строения, автомобильные и железные дороги), имеющие U-образный профиль и работающий полным сечением.

1.1. Дюкеры

Дюкер состоит из следующих основных элементов: напорных трубопроводов, верхней (ВКД) и нижней (НКД) камер дюкера.

Согласно [1, п. 4.36–4.37], дюкеры при пересечении водоемов необходимо принимать не менее чем в две рабочие линии из стальных труб диаметром ≥ 150 мм, с усиленной антикоррозийной изоляцией. Обе нитки трубопровода – рабочие.

Допускается устройство дюкера с одной рабочей и одной резервной трубами:

- при расходах сточных вод, не обеспечивающих расчетных скоростей в дюкере;

- при расчетных потерях в дюкере больше, чем перепад между ВКД и точкой подключения дюкера к коллектору на противоположном берегу реки;

- при больших скоростях в подводящем коллекторе перед ВКД;

- согласно [1, п. 4.37], в случае аварии одна линия дюкера не может пропустить весь расчетный расход.

По [1, п. 4.38] при проектировании дюкеров необходимо принимать:

- глубину заложения подводной части трубопровода, считая до верха трубы, не менее чем на 0,5 м ниже дна реки, а в пределах фарватера на судоходных водных объектах – не менее 1 м;

- угол наклона восходящей части дюкера – не более 20° к горизонту;

- расстояние между нитками дюкера в свету – не менее 0,7–1,5 м.

Дюкеры должны располагаться в местах с устойчивым неразмываемым руслом, на участках с минимальной шириной реки. Трубопроводы дюкера прокладываются перпендикулярно руслу реки. В зависимости от движения воды в подводящем трубопроводе и глубины его заложения перед дюкером (ВКД) возможны два варианта режима работы дюкера: самотечно-напорный и напорный.

Самотечно-напорный дюкер (рис. 1) устраивается на самотечной водоотводящей сети при переходе через водоем. Дюкер работает полным сечением в напорном режиме. Он состоит из входной (верхней), выходной (нижней) камер и напорных трубопроводов. Верхняя камера дюкера (ВКД) имеет два отделения: мокрое и сухое, разделенные водонепроницаемой

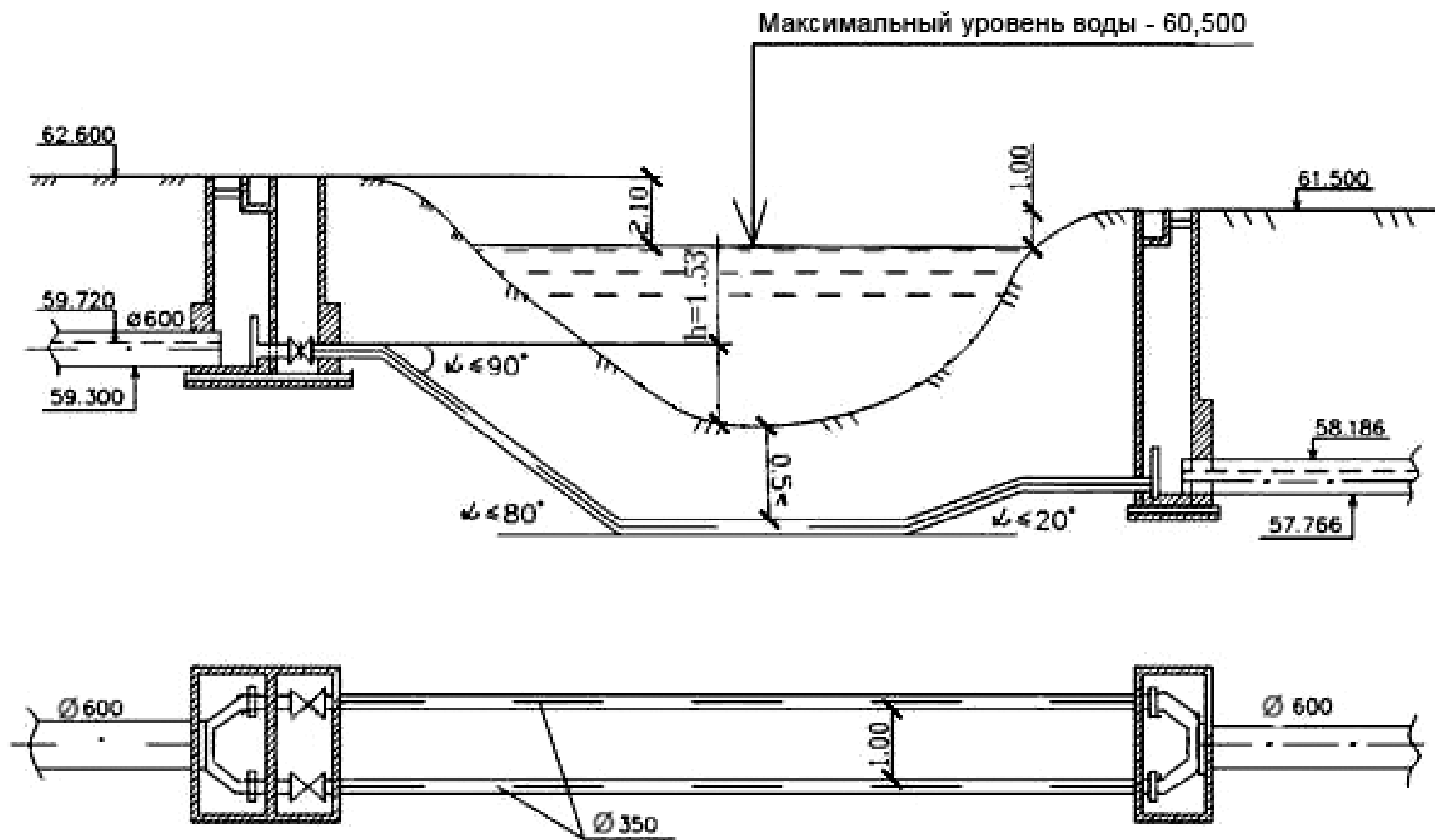
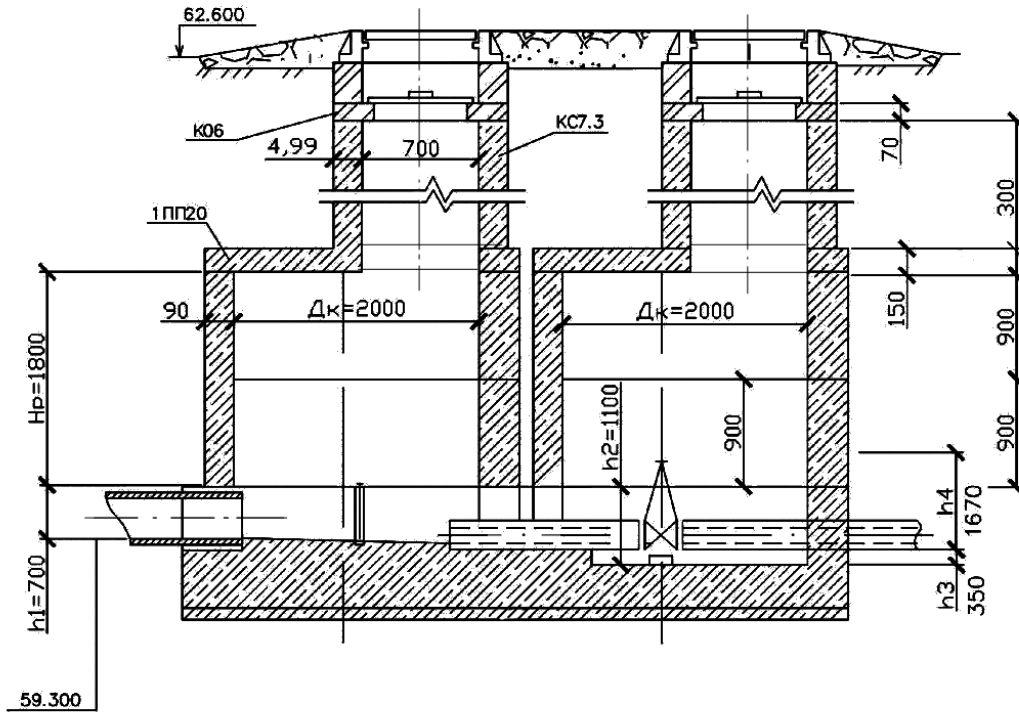


Рис. 1. Схема самотечно-напорного дюкера

перегородкой (см. рис. 1 и 2). В мокром отделении самотечный трубопровод переходит в открытые лотки. Для перекрытия потока воды в лотках предусматриваются затворы (шиберы). В сухом отделении размещаются напорные трубы с задвижками, с помощью которых можно отключать любой из трубопроводов дюкера. Размеры камер в плане зависят от числа и диаметра труб. Расстояние между трубами в камере принимается не менее 400 мм, ширина боковых проходов – не менее 250 мм (для труб диаметром более 500 мм эти расстояния удваиваются).

Разрез 1–1



План

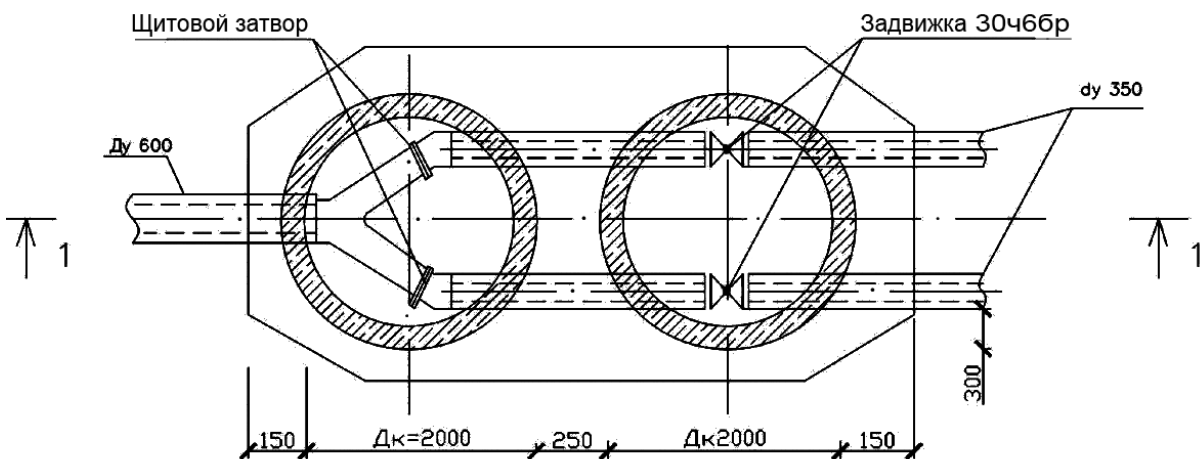


Рис. 2. Верхняя камера дюкера при самотечно-напорном режиме

Высота камер должна обеспечивать удобство обслуживания и размещения задвижек и затворов и быть не менее 1800 мм, считая от бермы лотка до перекрытия. Каждое отделение ВКД должно иметь горловину и заканчиваться люком с крышкой. Нижняя камера дюкера (НКД) устраивается в виде одного отделения (см. рис. 1 и 3), где напорные трубопроводы переходят в открытые лотки, в начале которых устанавливаются щитовые затворы (шиберы). Камеры следует выполнять из сборных железобетонных колец и элементов, а в случае сложной конфигурации – из сборных железобетонных блоков и монолитного бетона.

Основные размеры, мм, ВКД и НКД при диаметре подводящего самотечного коллектора $D_y = 200...600$ мм приведены в табл. 1, согласно альбому V типового проекта 902-09-22.84. При $D_y > 600$ мм камеры дюкера следует разрабатывать по индивидуальному проекту.

Элементы рабочих камер и горловин ВКД и НКД набираются по тому же методу, что и в канализационных колодцах.

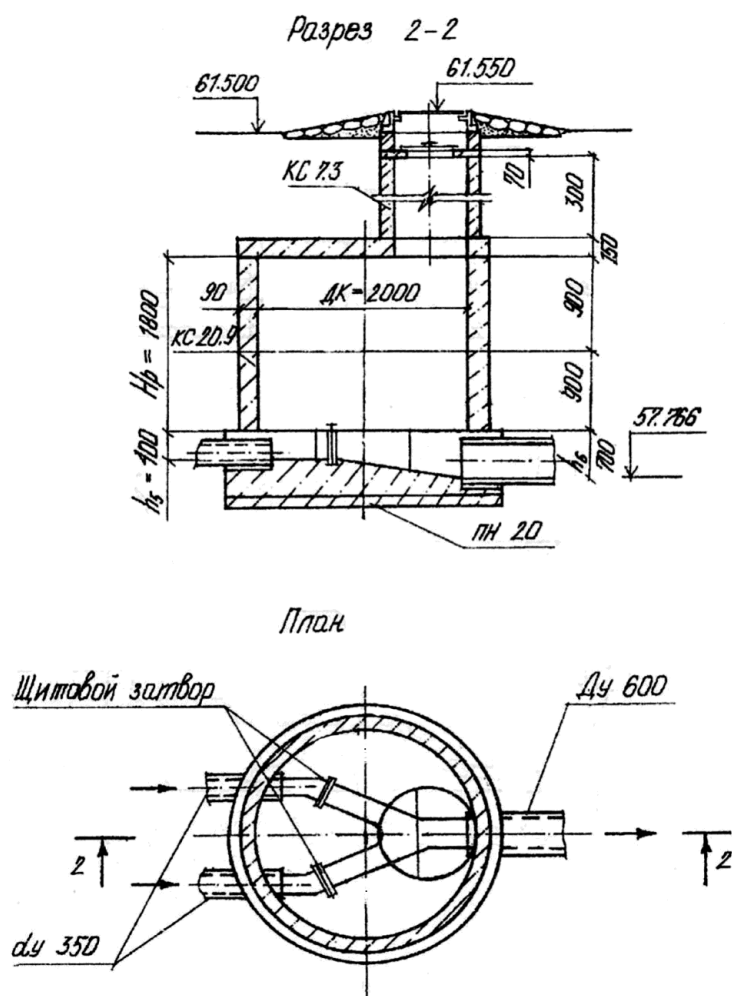


Рис. 3. Нижняя камера дюкера при самотечно-напорном режиме

Т а б л и ц а 1

Размеры верхней и нижней камер дюкера

Диаметр колодца D_k , мм	Диаметр трубы, мм		Высота рабочей части H_p , мм	h_1 , мм	h_2 , мм	h_3 , мм	h_4 , мм	h_5 , мм	h_6 , мм
	D_y	d_y							
1500	200			250	500		800	200	250
	250			300	550				300
	300	150		400	650	200			400
2000		200	1800				1010	250	
					700				
	350			450					450
					850				
	400	250		500	900		1230	300	500
						350			
	450	300		550	950		1445	350	550
		350					1670	400	
	500			600	1000				600
		400					1875	450	
		350					1670	400	
	600			700	1100				700
	400					1875	450		

1.2. Расчёт и конструирование дюкера

Расчет дюкера производят последовательно:

1. Вычерчивают схему дюкера (см. рис. 1).
2. Принимают количество рабочих линий (обычно две).
3. Определяют расход q_1 , л/с, по одной линии дюкера:

$$q_1 = \frac{q_p}{n}, \quad (1.1)$$

где q_p – расчетный расход сточных вод, проходящих через дюкер, л/с;
 n – число рабочих линий.

4. Производят подбор диаметров труб дюкера. Диаметр труб d_y , мм, дюкера определяют исходя из условия обеспечения самоочищающих скоростей. Согласно [1, п. 2.37], расчетную скорость движения сточных вод в дюкере необходимо принимать не менее 1 м/с, при этом в местах подхода сточных вод к дюкеру скорость v , м/с, должна быть не более скорости в дюкере. При пропуске расхода q_1 , л/с, со скоростью v , м/с, по

работе [9] подбирают диаметр d_y , мм, гидравлический уклон i и скорость v_1 , м/с.

5. Определяют потери напора на трение по длине $h_{тр}$, м:

$$h_{тр} = i \cdot l, \quad (1.2)$$

где i – гидравлический уклон;

l – длина трубопроводов дюкера между ВКД и НКД (принимают по генплану), м.

6. Уточняют по схеме (см. рис. 1) количество местных сопротивлений и вычисляют потери напора в них.

В дюкере имеются следующие местные сопротивления: на входе в трубу, на поворотах, на выходе из трубы. Сопротивление в задвижке при полном открытии равно нулю. Потери напора на входе в трубу h , м, определяют по формуле

$$h_1 = \xi_1 \frac{v_1^2}{2g}, \quad (1.3)$$

где ξ_1 – коэффициент сопротивления на входе в трубу (при нормальном режиме работы дюкера $\xi_1 = 0,2$; при аварийном – $\xi_1 = 0,5$);

v_1 – скорость движения сточных вод в дюкере, м/с.

Значения потерь напора на входе h_1 , м, в зависимости от скорости v_1 , м/с, даны в табл. 2.

Таблица 2

Потери напора при входе в дюкер

Скорость v_1 , м/с	Потери напора на входе при сопротивлениях		Скорость v_1 , м/с	Потери напора на входе при сопротивлениях	
	$\xi_1 = 0,2$	$\xi_1 = 0,5$		$\xi_1 = 0,2$	$\xi_1 = 0,5$
1,0	0,0104	0,0255	1,6	0,0262	0,0655
1,1	0,0134	0,0335	1,7	0,0294	0,0735
1,2	0,0158	0,0395	1,8	0,033	0,0825
1,3	0,0173	0,0431	1,9	0,0368	0,092
1,4	0,020	0,050	2,0	0,0408	0,102
1,5	0,023	0,0575	2,5	0,078	0,195

Потери на выходе из дюкера h_2 , м, определяют по формуле:

$$h_2 = \frac{(v_1 - v)^2}{2g} = \left(1 - \frac{v}{v_1}\right) \frac{v_1^2}{2g} = \xi_2 \frac{v_1^2}{2g}, \quad (1.4)$$

где ξ_2 – коэффициент сопротивления на выходе из трубы;

v – скорость движения воды в отводящем коллекторе, м/с;

v_1 – скорость движения сточных вод в дюкере, м/с.

Значения потерь напора на выходе h_2 , м, в зависимости от разности скоростей $(v_1 - v)$ даны в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Потери напора на выходе из дюкера

Разность скоростей в дюкере и трубе за дюкером $(v_1 - v)$, м/с	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Потери на выходе h_2 , м	0,0012	0,002	0,032	0,046	0,0063	0,0082
Разность скоростей в дюкере и трубе за дюкером $(v_1 - v)$, м/с	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Потери на выходе h_2 , м	0,0103	0,0128	0,0154	0,0184	0,0215	0,025
Разность скоростей в дюкере и трубе за дюкером $(v_1 - v)$, м/с	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
Потери на выходе h_2 , м	0,0287	0,0327	0,0368	0,0413	0,046	0,051

Потери на повороте трубы h_3 , м, определяют по формуле:

$$h_3 = \xi_{90} \sin \alpha \frac{v_1^2}{2g} = \xi_3 \frac{v_1^2}{2g}, \quad (1.5)$$

где ξ_{90} – сопротивление на повороте трубы на $\alpha=90^\circ$ ($\xi_{90}=0,23$) [10];

α – угол поворота;

ξ_3 – сопротивление на повороте трубы на $\alpha=30^\circ$.

Сопротивление на повороте трубы на $\alpha=30^\circ$:

$$\xi_{30} = 0,23 \sin 30^\circ = 0,23 \cdot 0,5 = 0,115.$$

Сопротивление на повороте трубы на $\alpha=20^\circ$:

$$\xi_{20} = 0,23 \sin 20^\circ = 0,23 \cdot 0,34 = 0,078.$$

Тогда потери напора в углах поворота нисходящей линии h'_3 , м (2 поворота на $\alpha = 30^\circ$) составят:

$$h'_3 = \xi_{30} \frac{v_1^2}{2g}. \quad (1.6)$$

Потери напора в углах поворота восходящей линии h_3'' , м (2 поворота на $\alpha=20^\circ$) составят:

$$h_3'' = \xi_{20} \frac{v_1^2}{2g}. \quad (1.7)$$

Значения потерь напора h_3' , h_3'' , м, на поворотах в зависимости от скорости в дюкере v_1 и угла поворота α даны в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Потери на поворотах дюкера

Скорость v_1 , м/с	Потери напора в углах поворота, м		Скорость v_1 , м/с	Потери напора в углах поворота, м	
	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 20^\circ$
1,0	0,0059	0,0040	1,6	0,015	0,0102
1,1	0,0071	0,0048	1,7	0,0169	0,0115
1,2	0,0084	0,0057	1,8	0,019	0,0129
1,3	0,0099	0,0067	1,9	0,0212	0,0144
1,4	0,0115	0,0078	2,0	0,0235	0,016
1,5	0,0132	0,0090	2,5	0,0367	0,0249

Сумма местных потерь напора h_m , в дюкере:

$$h_m = h_1 + h_2 + 2h_3' + 2h_3''. \quad (1.8)$$

7. Вычисляют общие потери напора h , м:

$$h = h_{np} + h_m. \quad (1.9)$$

8. Находят отметку воды $Z_6^{НКД}$, м, в НКД:

$$Z_6^{НКД} = Z_6^{БКД} - h, \quad (1.10)$$

где $Z_6^{БКД}$ – отметка воды в верхней камере дюкера (БКД), м.

9. Определяют отметку лотка $Z_l^{НКД}$, м, в НКД:

$$Z_l^{НКД} = Z_6^{НКД} - h_\omega, \quad (1.11)$$

где h_ω – слой воды в трубе на отводящем участке от дюкера, м.

10. Проверяют дюкер в режиме аварии, то есть когда одна линия полностью отключена, а другая – пропускает весь расчетный расход. В этом случае увеличивается скорость и возрастают потери напора. В БКД возникает подтопление (подпор) Δh , м:

$$\Delta h = h_{ab} - h, \quad (1.12)$$

где h_{ab} – потери напора при аварии, определяемые аналогично вышеприведенной методике расчета, м.

При подтоплении не должно происходить излива сточных вод из ВКД и смотровых колодцев.

11. Определяют длину L , м, подтопленного участка:

$$L = \frac{\Delta h}{i_c (1 - K_i)}, \quad (1.13)$$

где i_c – гидравлический уклон на подводящем самотечном трубопроводе;

K_i – величина, зависящая от наполнения [4], принимается в следующих пределах:

h/D	0,6	0,7	0,8
K_i	0,43	0,67	0,87

Подпор не должен вызывать подтопление трубопроводов большой протяженности. Для уменьшения величины подпора расчет дюкера следует начинать с предположения о необходимости пропуска, по одной линии ранее подобранного на нормальный режим работы диаметра d_y 75 % общего расхода. Увеличивается величина общих потерь h , НКД опускается, а подпор Δh уменьшается. Если подтопление вообще недопустимо, то расчет величины h ведется при условии пропуска всего расхода q_p , но одной линии дюкера.

При большой глубине заложения подводящего самотечного коллектора (более 4 м) для переброски сточных вод через водную преграду целесообразно устройство канализационной насосной станции (КНС). Место расположения КНС относительно дюкера уточняют расчетом. Дюкер в этом случае будет напорным (рис. 4, 5), состоящим из следующих элементов: верхней (ВКД), нижней (НКД) камер и напорных трубопроводов. В камерах дюкера размещаются напорные трубы с задвижками, с помощью которых можно отключать любой из трубопроводов дюкера. В отдельных случаях допускается устройство камер из местных материалов (кирпича или бетона). В зависимости от числа и диаметра труб, фасонных частей и задвижек камеры могут быть круглыми и прямоугольными. Размеры камер определяются по СНиП 2.04.02–84. Минимальная высота рабочей части $H_p = 1800$ мм.

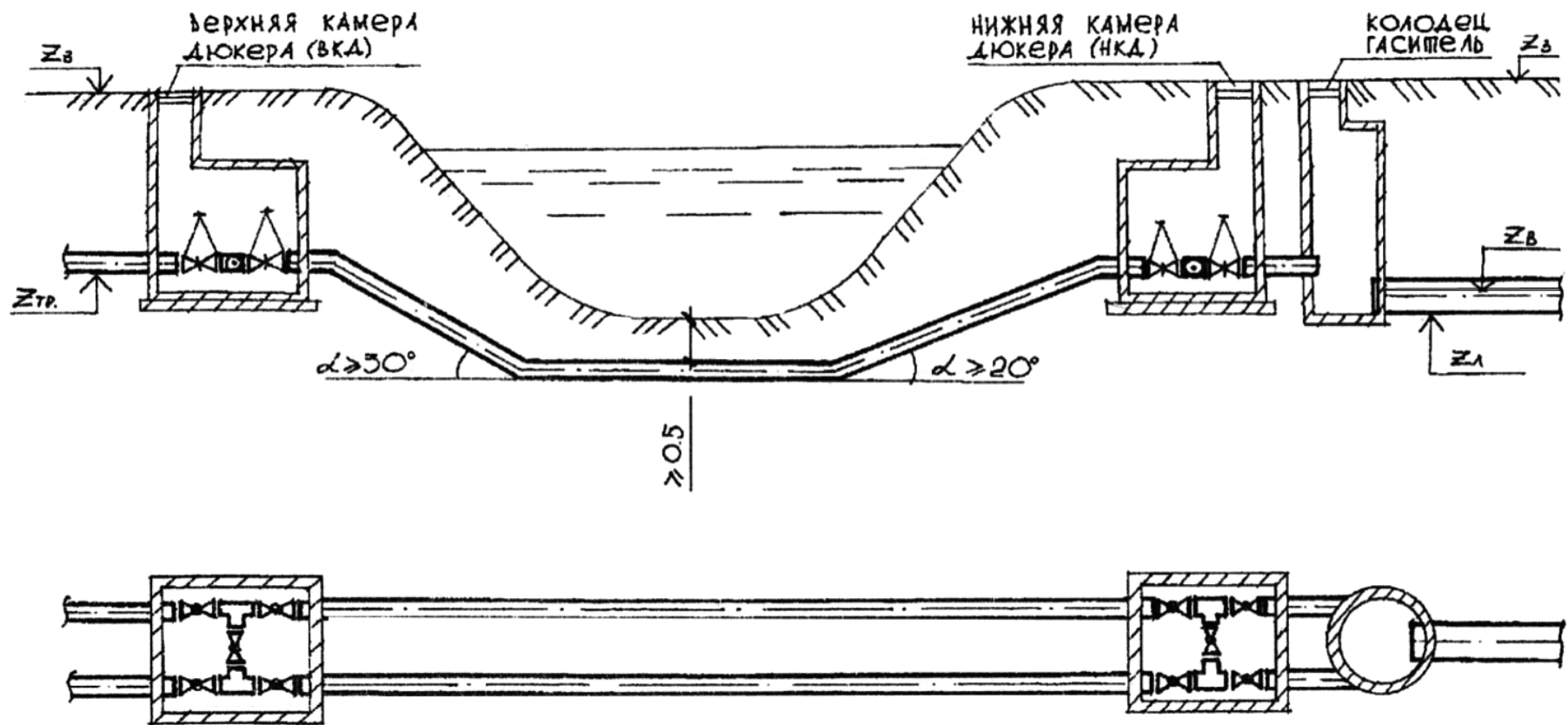


Рис. 4. Схема напорного дюкера

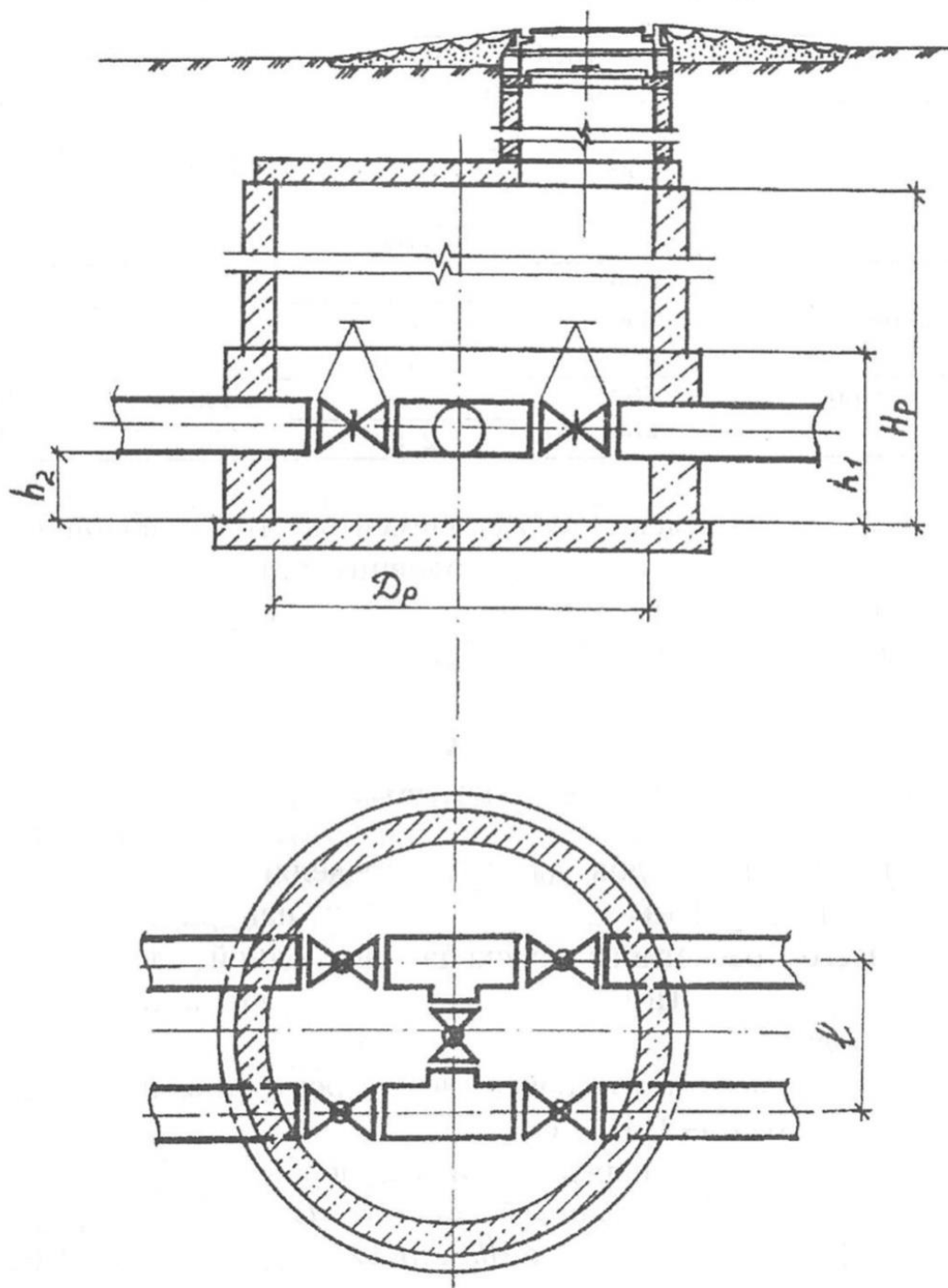


Рис. 5. Верхняя и нижняя камеры дюкера при напорном режиме

Основные размеры, мм, ВКД и НКД представлены в табл. 5.

Камеры дюкера имеют те же элементы, что и водопроводные колодцы: днище, рабочую часть, горловину с люком и крышкой.

Рабочую часть и горловину набирают по тому же методу, что и канализационные колодцы. Перед отключением к самотечной водоотводящей сети после НКД обязательно устройство колодца-гасителя,

место расположения которого уточняется расчетом. Расчет напорного дюкера ведется по вышеизложенной методике.

Т а б л и ц а 5

Размеры верхней и нижней камер дюкера

Размер колодца в плане D_k или $B \times L$, мм	Диаметр труб d_y , мм	Высота рабочей части H_p , мм	h_2 , мм	Размер между осями труб l , мм
2000	150		250	500
	200	1800	250	600
	250	2100	250	625
2500	300		250	970
	350		250	1040
	400	2400	250	1120
3000×2500	500		300	1330
	600	2700	300	1490

Диаметр трубопроводов дюкера определяют по справочному пособию [8] при нормальном режиме работы дюкера. Потери напора вычисляют на пропуск всего расчетного расхода по одной линии дюкера (аварийный режим). Потери напора учитывают при определении напора насосов КНС.

Пример 1. Рассчитать дюкер через реку для пропуска максимального расхода $q = 214$ л/с.

Водоотводящая сеть перед верхней камерой дюкера (ВКД) имеет следующие исходные данные: диаметр $D_y = 600$ мм; наполнение $h/D = 0,7$; слой воды в трубе $h_w = 0,42$ м; скорость $v = 1,02$ м/с; уклон трубопровода $i = 0,002$.

Геодезические отметки: отметка земли $Z_{п.з.}^{ВКД} = 62,600$ м; отметка лотка $Z_{л}^{ВКД} = 59,300$ м; отметка уровня воды в подводящем трубопроводе $Z_{в}^{ВКД} = 59,720$ м; отметка земли нижней камеры дюкера (НКД) $Z_{п.з.}^{НКД} = 61,500$ м. Расстояние между верхней и нижней камерами дюкера $l = 75$ м (определяется по генплану).

Расчет и конструирование

1. Принимаем две рабочие линии дюкера из стальных труб.
2. Определяем расход q_1 , л/с, по одной линии дюкера по формуле (1.1):

$$q_1 = \frac{q}{n};$$

$$q_1 = \frac{214}{2} = 107 \text{ л/с}.$$

3. Производим подбор диаметров труб d_y , мм, дюкера, исходя из условия обеспечения самоочищающихся скоростей. По работе [8] при пропуске расхода $q_1 = 107$ л/с и скорости в водоотводящей сети перед ВКД $v = 1,02$ м/с принимаем: диаметр труб $d_y = 350$ мм; гидравлический уклон $i = 0,00436$; уточненную скорость $v_1 = 1,03$ м/с.

4. Определяем потери напора на трение по длине $h_{тр}$, м, по формуле (1.2):

$$h_{тр} = i \cdot l;$$

$$h_{тр} = 0,00436 \cdot 75 = 0,327 \text{ м}.$$

5. Уточняем количество местных сопротивлений по схеме (см. рис. 1). На дюкере имеются следующие местные сопротивления: на входе в трубу; на двух поворотах (на нисходящей и восходящей линиях дюкера); на выходе из трубы. Сопротивление в задвижке при полном открытии $\xi_{зад} = 0$.

6. Определяем местные потери:

– при входе в трубу дюкера h_1 , м, в зависимости от сопротивления $\xi_1 = 0,2$ и скорости $v_1 = 1,03$ м/с – по табл. 2 путем интерполяции $h_1 = 0,0114$ м;

– при выходе из дюкера h_2 , м, – по табл. 3. в зависимости от разности скоростей в дюкере v_1 , м/с, и за дюкером v , м/с:

$$1,03 - 1,02 = 0,07 \text{ м/с}.$$

Такого значения в таблице нет.

Потери на выходе из дюкера находим по формуле (1.4):

$$h_2 = \frac{(v_1 - v)^2}{2g};$$

$$h_2 = \frac{(1,03 - 1,02)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0005 \text{ м};$$

– в углах поворота нисходящей линии h'_3 (два поворота) – по табл. 5, в зависимости от скорости $v_1 = 1,03$ м/с и угла $\alpha = 30^\circ$ $h'_3 = 0,0063$ м.

– в углах поворота восходящей линии h''_3 (два поворота) – по табл. 4, в зависимости от скорости $v_1 = 1,03$ м/с и угла $\alpha = 20^\circ$ $h''_3 = 0,0043$ м.

Сумма местных потерь напора h_m , м, в дюкере вычисляется по формуле (1.8):

$$h_m = h_1 + h_2 + 2h'_3 + 2h''_3;$$

$$h_m = 0,0114 + 0,0005 + 2 \cdot 0,0063 + 2 \cdot 0,0043 = 0,033 \text{ м}.$$

7. Определяем общие потери напора h , м, по формуле (1.9):

$$h = h_{тр} + h_m;$$

$$h = 0,327 + 0,033 = 0,36 \text{ м}.$$

8. Определяем отметку воды $Z_г^{НКД}$, м, в НКД по формуле (1.10):

$$Z_г^{НКД} = Z_г^{БКД} - h;$$
$$Z_г^{НКД} = 59,720 - 0,36 = 59,360 \text{ м.}$$

9. Определяем отметку лотка $Z_л^{НКД}$, м, в НКД по формуле (1.12):

$$Z_л^{НКД} = Z_г^{НКД} - h_ω;$$
$$Z_л^{НКД} = 59,360 - 0,42 = 58,940 \text{ м.}$$

10. Проверяем работу дюкера в режиме аварии, то есть когда одна линия полностью отключена, а другая пропускает весь расчетный расход. По работе [9] при $q = 214$ л/с $d_y = 350$ мм принимаем: $v_{ab} = 2,07$ м/с; $i_{ab} = 0,0171$.

11. Вычисляем потери напора h_{ab} , м, по длине по формуле (1.2):

$$h_{ab} = i_{ab} \cdot l;$$
$$h_{ab} = 0,0171 \cdot 75 = 1,28 \text{ м.}$$

12. Находим местные потери при аварии:

– при входе в трубу дюкера h_{ab1} – по табл. 2, в зависимости от сопротивления $\xi_{ab} = 0,5$ и скорости $v_{ab} = 2,07$ м/с $h_{ab1} = 0,115$ м;

– при выходе из дюкера h_{ab2} – по табл. 3, в зависимости от разности скоростей v_{ab} , м/с, и за дюкером v , м/с:

$$(v_{ab} - v) = 2,07 - 1,02 = 1,05 \text{ м/с.}$$

Такого значения в таблице нет.

Потери на выходе определяем согласно формуле (1.4):

$$h_2 = \frac{(v_1 - v)^2}{2g};$$
$$h_2 = \frac{(2,07 - 1,02)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,056 \text{ м.}$$

– в углах поворота нисходящей линии h'_{ab3} (два поворота) – табл. 4, в зависимости от скорости $v_{ab} = 2,07$ м/с и угла $\alpha = 30^\circ$; $h'_{ab3} = 0,0253$ м;

– в углах поворота нисходящей линии h''_{ab3} (два поворота) – табл. 4, в зависимости от скорости $v_{ab} = 2,07$ м/с и угла $\alpha = 20^\circ$; $h''_{ab3} = 0,0160$ м;

Сумма местных потерь напора h_{abM} , м, в дюкере:

$$h_{abM} = 0,115 + 0,056 + 2 \cdot 0,0253 + 2 \cdot 0,016 = 0,254 \text{ м.}$$

13. Определяем общие потери напора h_{ab} , м, в режиме аварии:

$$h_{ab} = 1,28 + 0,254 = 1,534 \text{ м.}$$

14. Вычисляем подпор Δh , м, по формуле (1.12):

$$\Delta h = h_{ab} - h;$$
$$\Delta h = 1,534 - 0,36 = 1,174 \text{ м.}$$

15. Находим длину подтопленного участка L , м, по формуле (1.13):

$$L = \frac{\Delta h}{i_c (1 - K_i)};$$

$$L = \frac{1,174}{0,002(1 - 0,67)} = 1726 \text{ м.}$$

Длина подтопленного участка имеет большую протяженность, что недопустимо. Следовательно, НКД необходимо понизить на величину подтопления Δh , м.

Тогда отметка лотка $Z_{л'}^{НКД}$, м, будет следующей:

$$Z_{л'}^{НКД} = Z_{л}^{НКД} - \Delta h;$$

$$Z_{л'}^{НКД} = 58,940 - 1,174 = 57,766 \text{ м.}$$

Глубина НКД составит:

$$H^{НКД} = Z_{нз}^{НКД} - Z_{л'}^{НКД};$$

$$H^{НКД} = 61,500 - 57,766 = 3,73 \text{ м.}$$

16. Конструирование верхней и нижней камер дюкера.

16.1. Определяем глубину ВКД:

$$H = Z_{нз}^{ВКД} - Z_{л'}^{ВКД};$$

$$H = 62,600 - 59,300 = 3,30 \text{ м} = 3300 \text{ мм.}$$

ВКД и НКД находятся вне проезжей части, поэтому люки камер располагаются на 50 мм выше поверхности земли.

Общая глубина $H^{ВКД}$, мм, ВКД составит:

$$H^{ВКД} = H + 50;$$

$$H^{ВКД} = 3300 + 50 = 3350 \text{ мм.}$$

16.2. Размеры ВКД, мм, зависят от диаметра подводящего самотечного коллектора $D_y = 600$ мм и определяются по табл. 1:

диаметр каждого отделения ВКД $D_k = 2000$ мм;

глубина лотка $h_1 = 700$ мм;

высота рабочей части $H_p = 1800$ мм.

Днище проектируем общее для мокрого и сухого отделений ВКД из монолитного бетона с размерами 4550×2400 мм (см. рис. 2). Высоту рабочей части считаем от верха лотка с учетом одного растворного слоя до плиты перекрытия.

Рабочую часть набираем с помощью двух колец марки КС20.9 высотой по 890 мм каждое.

16.3. Определяем высоту горловины.

Расчет горловины h_r , мм, ведем от плиты перекрытия (включительно) до верха люка:

$$h_r = H^{ВКД} - (H_p + h_1 + h_{pc});$$

$$h_r = 3350 - (2 \cdot 890 + 700 + 3 \cdot 10) = 840 \text{ мм.}$$

16.4. Производим набор элементов горловины. Горловина состоит: из плиты перекрытия – 1ПП20 (высота плиты – 150 мм); стеновых колец с внутренним диаметром 700 мм; опорного кольца К06 (высота кольца 70 мм); люка высотой 100 мм.

На кольце горловины остается:

$$h'_2 = h_2 - (h_{1ПП20} + h_{К06} + h_{люка} + h_{рс});$$

$$h'_2 = 840 - (150 + 70 + 100 + 2 \cdot 10) + 500 \text{ мм.}$$

Принимаем одно кольцо марки КС7.3 высотой 290 мм. С учетом растворного слоя в 10 мм остается 200 мм. Недостаточную высоту набираем с помощью трех рядов кирпичной кладки:

$$3 \cdot 65 + 3 \cdot 10 = 225 \text{ мм.}$$

Излишек составляет: $225 - 200 = 25$ мм. Тогда люки ВКД будут располагаться выше поверхности земли на $50 + 25 = 75$ мм, что допустимо [1, п. 4.21]. Общая глубина мокрого отделения составит:

$$H_{(м)}^{ВКД} = 3350 + 25 = 3375 \text{ мм.}$$

16.5. Производим конструирование мокрого отделения ВКД по высоте (поверочный расчет).

$H = 3375 \text{ мм}$	$h_{г} = 865$	Люк	100
		Растворный слой	10
		Ряд кирпичной кладки	65
		Растворный слой	10
		Ряд кирпичной кладки	65
		Растворный слой	10
		Ряд кирпичной кладки	65
		Растворный слой	10
		Кольцо опорное К06	70
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС7.3	290
		Растворный слой	10
	Плита перекрытия 1ПП15	150	
	$H_{р} = 1800$	Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС20.9	890
Растворный слой		10	
$h_{д} = 710$	Кольцо стеновое КС20.9	890	
	Растворный слой	10	
	лоток	7000	
	Плита днища	Итого 3375 мм	

16.6. Производим конструирование сухого отделения дюкера. Рабочая часть и горловина набираются из тех же элементов, что и мокрое

отделение ВКД. Дно сухого отделения ВКД располагается ниже рабочей части, согласно табл. 1 на $h_2 = 1100$ мм. Тогда общая глубина сухого отделения ВКД составит:

$$H_{сух}^{ВКД} = H_p + h_2 + h_2 + h_{pc};$$

$$H_{сух}^{ВКД} = 1800 + 865 + 1100 + 10 = 3775 \text{ мм.}$$

16.7. Конструирование НКД (см. рис. 3) производим аналогично канализационным колодцам и согласно табл. 1.

Пример 2. Рассчитать дюкер через реку для пропуска максимального расхода $q = 148$ л/с. Водоотводящая сеть перед верхней камерой дюкера (ВКД) имеет следующие исходные данные: диаметр $D_y = 500$ мм, наполнение $h/D = 0,7$, слой воды в трубе $h_{\omega} = 0,35$ м, скорость $v = 1,01$ м/с, уклон трубопровода $i = 0,0025$.

Геодезические отметки: отметка земли $Z_{нз}^{ВКД} = 84,550$ м, отметка лотка $Z_l^{ВКД} = 81,150$ м, отметка уровня воды в подводящем трубопроводе $Z_в^{ВКД} = 81,500$ м, отметка земли нижней камеры дюкера (НКД) $Z_{нз}^{НКД} = 84,500$ м.

Расстояние между ВКД и НКД $l = 96$ м (определяется по генплану).

Расчет и конструирование

1. Принимаем две рабочие линии дюкера из стальных труб.
2. Определяем расход q_1 , л/с, по одной линии дюкера по формуле (1.1):

$$q_1 = \frac{q}{n};$$

$$q_1 = \frac{148}{2} = 74 \text{ л/с.}$$

3. Производим подбор диаметров труб d_y , мм, дюкера, исходя из условия обеспечения самоочищающихся скоростей. По работе [9] при пропуске расхода $q_1 = 74$ л/с и скорости водоотводящей сети перед ВКД $v = 1,01$ м/с, принимаем: диаметр труб $d_y = 250$ мм, гидравлический уклон $i = 0,012$, скорость $v_1 = 1,39$ м/с.

4. Определяем потери напора на трение по длине $h_{тр}$, м, по формуле (1.2):

$$h_{тр} = i \cdot l;$$

$$h_{тр} = 0,012 \cdot 96 = 1,15 \text{ м.}$$

5. Уточняем количество местных сопротивлений по схеме и определяем местные потери напора в них:

– при входе в трубу дюкера h_1 – по табл. 2, в зависимости от сопротивления $\xi_1 = 0,2$ и скорости $v_1 = 1,39$ м/с $h_1 = 0,020$ м;

– при выходе из дюкера h_2 – по табл. 3, в зависимости от разности скоростей в дюкере v_1 , м/с, и за дюкером v , м/с ($1,39 - 1,01 = 0,38$ м/с) путем интерполяции $h_2 = 0,0074$ м.

– в углах поворота нисходящей линии h'_3 (два поворота по 30°) и восходящей линии h''_3 (два поворота по 20°) – табл. 4, в зависимости от скорости $v_1 = 1,39$ м/с $h'_3 = 0,0113$ м, $h''_3 = 0,0076$ м.

Сумма местных потерь напора h в дюкере:

$$h_m = h_1 + h_2 + 2 h'_3 + 2 h''_3;$$

$$h_m = 0,020 + 0,0074 + 2 \cdot 0,0113 + 2 \cdot 0,0076 = 0,065 \text{ м.}$$

6. Вычисляем общие потери напора h , м, по формуле (1.9):

$$h = h_{np} + h_m;$$

$$h = 1,15 + 0,065 = 1,215 \text{ м.}$$

7. Находим отметку воды $Z_6^{НКД}$, м, в НКД по формуле (1.10):

$$Z_6^{НКД} = Z_6^{ВКД} - h;$$

$$Z_6^{НКД} = 81,500 - 1,215 = 80,285 \text{ м.}$$

8. Определяем отметку лотка $Z_l^{НКД}$, м, в НКД по формуле (3.13):

$$Z_l^{НКД} = Z_6^{НКД} - h_w;$$

$$Z_l^{НКД} = 80,285 - 0,35 = 79,935 \text{ м.}$$

9. Проверяем работу дюкера на пропуск всего расхода по одной нитке (аварийный случай). Трубопровод диаметром $d_y = 250$ мм не может пропустить сточные воды с расходом $q = 148$ л/с [9], то есть не выполняются условия [1, п. 4.37]. В таком случае подбираем дюкер с одной рабочей и одной резервной трубами на пропуск всего расчетного расхода. По работе [9] при $q = 148$ л/с и скорости в водоотводящей сети перед ВКД $v = 1,01$ м/с принимаем: диаметр трубы $d_y = 400$ мм, гидравлический уклон $i = 0,00423$, скорость $v_1 = 1,11$ м/с.

10. Вычисляем потери напора на трение по длине по формуле (1.2):

$$h_{np} = i \cdot l;$$

$$h_{np} = 0,00423 \cdot 96 = 0,41 \text{ м.}$$

11. Находим местные потери напора:

– при входе в трубу дюкера h_1 – по табл. 2, в зависимости от сопротивления $\xi_1 = 0,2$ и скорости $v_1 = 1,11$ м/с $h_1 = 0,0136$ м;

– при выходе из дюкера h_2 – по табл. 3.12, в зависимости от разности скоростей в дюкере v_1 , м/с, и за дюкером v , м/с ($1,11 - 1,01 = 0,10$ м/с).

При такой разности скоростей значения h_2 в табл. 3 нет, значит вычисляем по формуле (1.4).

$$h_2 = \frac{(v_1 - v)^2}{2g};$$

$$h_2 = \frac{(1,11 - 1,01)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0005 \text{ м.}$$

– в углах поворота нисходящей линии h'_3 (два поворота по 30°) и восходящей линии h''_3 (два поворота по 20°) – табл. 4, в зависимости от скорости $v_1 = 1,11$ м/с, $h'_3 = 0,0072$ м, $h''_3 = 0,0049$ м.

Сумма местных потерь напора h_m , м, в дюкере:

$$h_m = h_1 + h_2 + 2 h'_3 + 2 h''_3;$$

$$h_m = 0,0136 + 0,0005 + 2 \cdot 0,0072 + 2 \cdot 0,0049 = 0,0383 \text{ м.}$$

12. Определяем общие потери напора h , м, по формуле (1.9):

$$h = 0,41 + 0,0383 = 0,448 \text{ м.}$$

13. Находим отметку воды $Z_g^{\text{НКД}}$, м, в НКД по формуле (1.10):

$$Z_g^{\text{НКД}} = Z_g^{\text{ВКД}} - h;$$

$$Z_g^{\text{НКД}} = 81,500 - 0,448 = 81,052 \text{ м.}$$

14. Вычисляем отметку лотка $Z_l^{\text{ВКД}}$, м, в НКД по формуле (1.11):

$$Z_l^{\text{НКД}} = Z_g^{\text{НКД}} - h_w;$$

$$Z_l^{\text{НКД}} = 81,052 - 0,35 = 80,702 \text{ м.}$$

15. Определяем глубину $H^{\text{НКД}}$, м, НКД:

$$H = Z_{nz}^{\text{НКД}} - Z_l^{\text{НКД}};$$

$$H = 84,500 - 80,702 = 3,798 \text{ м.}$$

16. Конструирование ВКД и НКД производим аналогично примеру 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения.- М.: Стройиздат, 1986.
2. ГОСТ 8020–90. Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей.
3. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст]: учеб. для вузов / Ю.В. Воронов. – М.: Изд-во АСВ, 2009.
4. Федоров, Н.Ф. Канализационные сети. Примеры расчета: [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н.Ф. Федоров, А.М.Курганов, Н.И. Алексеев. – М.: Стройиздат, 1985. – 223 с.
5. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения [Текст]: справочник / под ред. Б.Н. Репина. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 431 с.
6. Лукиных, А.А., Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского [Текст] / А.А. Лукиных, Н.А. Лукиных. – М.: ООО «ИД БАСТЕТ», 2011.
7. Шевелев, Ф.А., Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб [Текст]: справочное пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: ООО «ИД БАСТЕТ», 2009.– 352 с.
8. Алексеев, М.И. Городские инженерные сети и коллекторы [Текст]: учеб. для вузов / М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 384 с.
9. Дикаревский, В.С. Отведение и очистка поверхностных сточных вод [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Практическое занятие. Расчет и конструирование дюкера.....	4
1.1. Дюкеры.....	4
1.2. Расчёт и конструирование дюкера.....	8
Библиографический список.....	.23

Учебное издание

Ишева Наталья Игоревна
Гришин Борис Михайлович
Бикунова Марина Викторовна

ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ. РАСЧЁТ ДЮКЕРА

Методические указания к практическим занятиям

Подготовлено на кафедре
«Водоснабжение, водоотведение и гидротехника».
В авторской редакции

Усл. печ. л. 1,454. Уч.-изд. л. 1,563.