

**Министерство образования и науки
Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра гидравлики, водоснабжения и водоотведения

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся
по направлению 08.03.01 «Строительство»
профиля «Водоснабжения и водоотведения»*

Воронеж - 2015

УДК 628.2/1: 681.3(07)
ББК 38.761: 32.973 я 7

Составитель И.В. Журавлева

Компьютерное моделирование технологических процессов систем водоснабжения и водоотведения: метод. указания к выполнению лабораторных работ для студ., обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжения и водоотведения»/ Воронежский ГАСУ; И.В. Журавлева. - Воронеж, 2015. - 34 с.

Даёт возможность студентам самостоятельно выполнить расчёты сетей водоснабжения и водоотведения, основных элементов станции очистки сточных вод с использованием прикладных программ для ЭВМ.

Предназначены для студентов по направлению 08.03.01 «Строительство», профиля «Водоснабжения и водоотведения» всех форм обучения

Ил. 25, табл. 61. Библиогр. 19 назв.

УДК 628.2/1(07)
ББК 38.761:32.973 я 7

*Печатается по разрешению учебно-методического совета
Воронежского ГАСУ*

Рецензент – Д. Н. Китаев, к.т.н., доцент кафедры теплогасоснабжения и нефтегазового дела Воронежского ГАСУ

ВВЕДЕНИЕ

Согласно образовательной программе по направлению 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение» по дисциплине «Компьютерное моделирование технологических процессов систем водоснабжения и водоотведения» предусмотрено на 4 курсе выполнение лабораторных работ – 4 зачётные единицы очной формы обучения и 2 – заочной и дистанционной форм обучения, который следуют за изложением материала по очистке, эксплуатации и реконструкции сооружений систем водоснабжения и водоотведения.

К этому времени студенты в основном уясняют алгоритмы расчёта сетей водоснабжения и водоотведения, расчёт сооружений по очистке сточных вод и водоподготовки (фильтры, барабанные и микрофильтры), которые были рассчитаны вручную на младших курсах.

Задача данного курса ускорить, автоматизируя инженерные расчёты систем водоснабжения и водоотведения, что позволит студентам вовремя выполнить курсовые проекты и выпускную квалификационную работу.

Расчёты водоотводящих сетей рассматриваются в главе 1, водопроводных сетей – в гл. 2; основных элементов станции очистки сточных вод – в гл. 3.

Основные пояснения к расчётам следует изучать по методическим указаниям и пособиям, на которые приведены ссылки в данном методическом указании.

Глава 1. Расчёты водоотводящих сетей

Программа для персонального компьютера (ПК) расчета параметров всех основных элементов водоотводящей сети [2] предусмотрена для определения средних расходов с кварталов или их частей, сбора расходов по участкам сети, расчёта начальных заглублений лотков в начальных (висячих) колодцах сети и гидравлического расчёта сети.

Для начала работы с программой необходимо открыть файл «Таблицы водоот сети», лист «расх квартала» (рис. 1.1) и заполнить по предложенной форме. Эта форма удобна для идентичных площадей кварталов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Расходы по кварталам									
2	№№ кв.	Количество одинаковых кварталов	Площадь одного кв., га	модуль стока, л/(с*га)	Средний расход с одного кв., л/с	Примечание				
3		бассейн								
4	1-10	10	5	1,2	6					
5	Итого по бас 1		50		60	60				
6										

Рис. 1.1. Лист «расх квартала» программы для ввода исходных данных кварталов, их площадей и модуля стока

Если площади кварталов разные, районов больше одного и для каждого известны плотность населения и норма водоотведения, то целесообразно воспользоваться листом «qsek по кв.» (рис. 1.2). Модули стока зависят от плотности населения и нормы водоотведения по районам города (яч. L5 – L7). Коэффициент неравномерности для каждого квартала определяется из условия: если средний расход меньше или равен 5 л/с, то значение $K_{gen\ max}=2,5$.

№ кв.	Принадл. к району	Принадл. к бассейну	Площадь одного кв., га	модуль стока, л/(с*га)	Средний расход с одного кв., л/с	Примечание Kgen max
1	1	1	7,4	0,250	1,850	2,5
2	1	2	6	0,250	1,500	2,5
3	1	2	4	0,250	1,000	2,5
4	1	2	5,5	0,250	1,380	2,5
5	1	2	4,7	0,250	1,180	2,5
6	1	1	5	0,250	1,250	2,5
7	1	1	4,3	0,250	1,080	2,5
8	2	1	3,5	0,451	1,580	2,5
9	2	1	4,5	0,451	2,030	2,5
10	2	1	5,6	0,451	2,530	2,5
11a	2	1	2	0,451	0,900	2,5
116	2	2	3	0,451	1,350	2,5
12a	2	1	3	0,451	1,350	2,5
126	2	2	2	0,451	0,900	2,5
13a	2	1	2,5	0,451	1,130	2,5
136	2	2	2,6	0,451	1,170	2,5
13в	2	1	2,9	0,451	1,310	2,5
14	3	3	5,5	0,681	3,740	2,5
15	3	3	4,5	0,681	3,080	2,5
16a	2	2	2,5	0,451	1,130	2,5
166	2	2	3	0,451	1,350	2,5
17	2	2	3,5	0,451	1,580	2,5
18	2	2	4,6	0,451	2,080	2,5
19	2	2	4,7	0,451	2,120	2,5
20a	2	2	1,6	0,451	0,720	2,5
206	2	2	2,4	0,451	1,080	2,5
21a	2	2	1,4	0,451	0,630	2,5
216	2	2	2,6	0,451	1,170	2,5
22	3	3	5	0,681	3,400	2,5
23	3	3	5,5	0,681	3,740	2,5
24	3	3	6,1	0,681	4,150	2,5
25	3	3	3,8	0,681	2,590	2,5
26	3	3	3,9	0,681	2,650	2,5
27	3	3	4,2	0,681	2,860	2,5
28	3	3	4,3	0,681	2,930	2,5
29	1	2	4,4	0,252	1,110	2,5
30	2	1	5	0,451	2,260	2,5
Итого по бассейну 1			45,70		17,27	1,518
Итого по бассейну 2			58,5		21,45	1,890
Итого по бассейну 3			42,8		29,12	1,839

№ р-она	плот. нас. чел/га	Норма водоотв. л/(сут*чел)	модуль стока, л/(с*га)
1	145	150	0,25
2	195	200	0,45
3	210	280	0,68

Рис.1.2. Лист «qsek по кв.» программы для ввода исходных данных кварталов, их площадей и модуля стока

Во всех других случаях коэффициент следует определять интерполяцией, в зависимости от среднего расхода [1, табл. 2]. Для этого можно воспользоваться программой на листе «интерполяция» (рис. 1.3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	qср	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000	
2	Kgen max	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44	
3	7	2,34									
4	17,27		1,5184								
5	29,12			1,8392							
6	67,84				1,66432						
7	101					1,59975					
8	301						1,54975				
9	600							1,494			
10	2000								1,4625		
11	5001									1,44	
12											

Рис.1.3. Лист «интерполяция» программы для расчёта коэффициента неравномерности

В яч. А4 и А5 занесены средние расходы по бассейнам 1 и 3, а в яч. А6 – расход по городу. Коэффициенты неравномерности рассчитываются соответственно в яч. С4, D5 и Е6. Полученные значения требуется перенести на лист «qsek по кв.» в яч. G40, G42 и G43 (рис. 1.2). Используйте копирование и вставку по значению.

Если главная насосная станция принимает стоки от города и промышленного предприятия, то её удобно рассчитать на листе «Насосная станция» (рис. 1.4). В яч.С32 заносится средний суточный расход от города. В столбец В записываются проценты распределения поступления сточных вод в городскую сеть при известном коэффициенте неравномерности [5, табл. 7]. В ячейках С5 – С 31 выполняется расчёт часовых расходов хозяйственно-бытовых стоков.

Промышленное предприятие при 3-х сменной работе рассчитывается в ячейках D5 – G32 (см. [3, табл. 6] и комментарии к ней в тексте).

Суммарный расход, поступающий на насосную станцию, складывается из суммы часовых расходов по каждой строке (яч. K5 – K12, K14-K21, K23-K31). В яч. K13, K22 и K31 подсчитываются промежуточные значения расходов по сменам. В яч. K32 – сумма расходов за сутки. Затем подсчитывается процент суммарного расхода по каждому часу (яч. L5 – L12, L14-L21, L23-L31), смене – яч. L13, L22, L31; и в сутки – L32.

В яч. M5 – M32 выбирается режим работы насосных агрегатов на станции.

P32		fx =K32*P31/L32																		
	A	B	C	Расход промышленного предприятия								Суммарный расход		М	Бак			Q		
1	Часы суток	Хоз.-быт вода от города		по цехам						Душевые		Производственные	Суммарный расход	Режим насосной станции	Бак					
2				холодный			горячий			м3	%				м3	%	%		%	%
3				%	м3	%	м3	%	м3											
4		%	м3	%	м3	%	м3	м3	%	м3	%	%	%	%						
5	0-1	1,55	90,8513	12,5	0,24838	12,5	4,03588	56,825	3,43611	154,625	306,586	2,867	3,00		0,133	2,685				
6	1-2	1,55	90,8513	6,2	0,12319	7,5	2,42153		3,43611	154,625	248,021	2,320	3,00		0,680	2,005				
7	2-3	1,55	90,8513	6,2	0,12319	7,5	2,42153		3,43611	154,625	248,021	2,320	3,00		0,680	1,324				
8	3-4	1,55	90,8513	6,2	0,12319	7,5	2,42153		3,43611	154,625	248,021	2,320	3,00		0,680	0,644				
9	4-5	1,55	90,8513	18,8	0,37356	18,8	6,06996		3,43611	154,625	251,92	2,356	3,00		0,644	0,000				
10	5-6	4,35	254,97	6,3	0,12518	7,5	2,42153		3,43611	154,625	412,142	3,854	3,00	0,854		0,854				
11	6-7	5,95	348,752	6,3	0,12518	7,5	2,42153		3,43611	154,625	505,924	4,731	4,00	0,731		1,586				
12	7-8	5,8	339,96	37,5	0,74513	31,2	10,0735		3,43611	154,625	505,403	4,727	6,00		1,273	0,313				
13	3 смена	23,85	1397,94	100	1,987	100	32,287	56,825	27,4889	1237	2726,04	25,494	28,00	1,59	4,09	9,41				
14	8-9	6,7	392,712	12,5	0,40938	12,5	6,60938	56,82	5,625	253,125	709,676	6,637	6,00	0,637		0,950				
15	9-10	6,7	392,712	6,2	0,20305	7,5	3,96563		5,625	253,125	650,006	6,079	6,00	0,079		1,029				
16	10-11	6,7	392,712	6,2	0,20305	7,5	3,96563		5,625	253,125	650,006	6,079	6,00	0,079		1,107				
17	11-12	4,8	281,346	6,2	0,20305	7,5	3,96563		5,625	253,125	538,64	5,037	6,00		0,963	0,145				
18	12-13	3,95	231,524	18,8	0,6157	18,8	9,9405		5,625	253,125	495,206	4,631	3,00	1,631		1,776				
19	13-14	5,55	325,306	6,3	0,20633	7,5	3,96563		5,625	253,125	582,603	5,449	6,00		0,551	1,225				
20	14-15	6,05	354,613	6,3	0,20633	7,5	3,96563		5,625	253,125	611,91	5,723	6,00		0,277	0,947				
21	15-16	6,05	354,613	37,5	1,22813	31,2	16,497		5,625	253,125	625,463	5,849	6,00		0,151	0,797				
22	1 смена	46,5	2725,54	100	3,275	100	52,875	56,82	45	2025	4863,51	45,484	45,00	2,43	1,94					
23	16-17	5,6	328,237	12,5	0,2485	12,5	4,036	92,98	3,43889	154,75	580,252	5,427	6,00		0,573	0,224				
24	17-18	5,6	328,237	6,2	0,12326	7,5	2,4216		3,43889	154,75	485,532	4,541	3,00	1,541		1,764				
25	18-19	4,3	252,039	6,2	0,12326	7,5	2,4216		3,43889	154,75	409,334	3,828	3,00	0,828		2,592				
26	19-20	4,35	254,97	6,2	0,12326	7,5	2,4216		3,43889	154,75	412,265	3,856	3,00	0,856		3,448				
27	20-21	4,35	254,97	18,8	0,37374	18,8	6,07014		3,43889	154,75	416,164	3,892	3,00	0,892		4,340				
28	21-22	2,35	137,742	6,3	0,12524	7,5	2,4216		3,43889	154,75	295,039	2,759	3,00		0,241	4,099				
29	22-23	1,55	90,8513	6,3	0,12524	7,5	2,4216		3,43889	154,75	248,148	2,321	3,00		0,679	3,420				
30	23-24	1,55	90,8513	37,5	0,7455	31,2	10,0739		3,43889	154,75	256,421	2,398	3,00		0,602	2,818				
31	2 смена	29,65	1737,9	100	1,988	100	32,288	92,98	27,5111	1238	3103,15	29,021	27,00	4,12	2,10	4,340				
32	сутки	100	5861,38		7,25		117,45	206,625	100	4500	10692,7	100,000	100,00	8,13	8,13	464,072				
33	проверка	100	5861,38	300	7,25	300	117,45	206,625	100	4500	10692,7	100								

Рис. 1.4. Лист «Насосная станция» программы для расчёта режима работы насосной станции и резервуара на ней

В яч. N5 –P30 ведётся расчёт процента сточных вод в баке. В яч. P31 определяется максимальное значение остатка воды в баке. И далее, по нему рассчитывается объём бака (яч. P32). По результатам расчёта насосной станции известны максимальный, средний и минимальный притоки на очистную станцию.

Следующим этапом определяются расчётные расходы на участках сети. Для этого открывается лист «сбор рас. по уч.» (рис. 1.5).

1	2	Средние расходы				G	H	сосредоточенный расход, л/с		K	L	M	N	O
		получителе	транзитные		q сред, л/с			местный	транзит					
3	участков	номера кварталов	q поп., л/с	транзитные участки	qтр, л/с	К. транзит	максимальный расход	средний расход	местный	транзит	суммарный расход	расчетный расход	л/с	
4	17-2	1	1,87	-	-	1,87	2,50	4,66				4,66		
5	9-3	6	1,25	-	-	1,25	2,50	3,13				3,13		
6	4a-4	7a	0,54	-	-	0,54	2,50	1,35				1,35		
7	1-2	-	1,85	-	-	1,85	2,50	4,63				4,63		
8	2-3	-	-	17-2, 1-2	3,72	3,72	2,50	9,29				9,29		
9	3-4	7b	0,54	9-3, 2-3	4,97	5,51	2,46	13,54				13,54		
10	5-6	8	1,58	4a-4, 3-4	6,05	7,63	2,29	17,46				17,46	в к 4 установлена шнековая НС. Она не меняет коэф. Неравномерности.	
11	10-11	11a	0,90	-	-	0,90	2,50	2,25				2,25		
12	11-6	-	-	10-11	0,90	0,90	2,50	2,25				2,25		
13	12-12a	13a, 12a	2,48	-	-	2,48	2,50	6,20				6,20		
14	12a-7	-	-	12-12a	2,48	2,48	2,50	6,20				6,20		
15	6-7	9	2,03	11-6, 5-6	8,53	10,56	2,06	21,70				21,70		
16	16-15	30	2,26	-	-	2,26	2,50	5,65				5,65		
17	13-14	13a	1,31	-	-	1,31	2,50	3,28				3,28		
18	14-15	-	-	13-14	1,31	1,31	2,50	3,28				3,28		
19	15-7	10	2,53	16-15	2,26	4,79	2,50	11,98				11,98		
20	7-8	-	-	15-7, 12a-7, 6-7	17,83	17,83	1,47	26,27				26,27	средний расход по бас 1	
21	32-20	11b	1,35	-	-	1,35	2,50	3,38				3,38		
22	31-21	19	2,12	-	-	2,12	2,50	5,30				5,30		
23	23a-23	20b	1,08	-	-	1,08	2,50	2,70				2,70		
24	29-30	16b	1,35	-	-	1,35	2,50	3,38				3,38		
25	30-23	-	-	29-30	1,35	1,35	2,50	3,38				3,38		
26	33-34	16a	1,13	-	-	1,13	2,50	2,83				2,83		
27	34-22	17	1,88	33-34	1,13	2,71	2,50	6,78				6,78		
28	18-19	13b	1,17	-	-	1,17	2,50	2,93				2,93		
29	19-20	12b	0,90	18-19	1,17	2,07	2,50	5,18				5,18		
30	20-21	-	-	19-20, 32-20	3,42	3,42	2,50	8,55				8,55		
31	21-22	18	2,08	20-21, 31-21	5,54	7,62	2,29	17,45				17,45		
32	22-23	20a	0,72	21-22, 34-22	10,33	11,05	2,02	22,28				22,28		
33	23-24	21a	0,63	22-23, 30-23, 23a-23	13,48	14,11	1,94	27,36				27,36		
34	26-55	2	1,50	-	-	1,50	2,50	3,75				3,75		
35	55-56	3	1,00	26-55	1,50	2,50	2,50	6,25				6,25		
36	56-57	4	1,38	55-56	2,50	3,88	2,50	9,70				9,70		
37	57-27	5	1,18	56-57	3,88	5,06	2,50	12,63				12,63		
38	27-28	29	1,11	57-27	5,06	6,17	2,41	14,85				14,85		
39	28-24	21b	1,17	27-28	6,17	7,34	2,31	16,98				16,98		
40	24-25	-	-	23-24, 28-24	21,45	21,45	1,89	40,55				40,55	проверить сред расход по бас 2	
41	43-39	15	3,06	-	-	3,06	2,50	7,65				7,65		
42	49-46	24	4,15	-	-	4,15	2,50	10,38				10,38		
43	44-45	23	3,74	-	-	3,74	2,50	9,35				9,35		
44	47-48	22	3,40	-	-	3,40	2,50	8,50				8,50		
45	48-45	-	-	47-48	3,40	3,40	2,50	8,50				8,50		
46	45-46	-	-	44-45, 48-45	7,14	7,14	2,33	16,63				16,63		
47	46-40	-	-	49-46, 45-46	11,29	11,29	2,00	22,54				22,54		
48	50-51	26	2,65	-	-	2,65	2,50	6,63				6,63		
49	51-41	-	-	50-51	2,65	2,65	2,50	6,63				6,63		
50	52-53	-	-	-	0,00	0,00	2,50	0,00	7,43			7,43	КНС	
51	53-54	-	-	52-53	0,00	0,00	2,50	0,00	7,43			7,43		
52	54-41	28	2,93	53-54	0,00	2,93	2,50	7,33				7,43		

Рис. 1.5. Лист «сбор рас. по уч.» программы для определения расчётных расходов по участкам водоотводящей сети

При сборе расходов следуйте правилу: сначала перечисляются участки самого дальнего бассейна боковые, затем коллектор бассейна; тоже самое распространяется на следующий бассейн; и в конце перечисляются боковые участки и коллектор бассейна ближайшего к главной канализационной насосной станции. Этот порядок необходим чтобы были предварительно известны средние расходы на участках, присоединяемых к главным коллекторам. В качестве сосредоточенных расходов принимаются расходы от промышленных предприятий и

насосных станций. Подробно познакомиться с алгоритмом можно в литературе [3, 4]. Правильность сбора расходов можно проверять на последних участках бассейнов. Средний расход должен совпасть с расходом по бассейну из первой таблицы. Например, F40 рис. 1.5 и F41 рис. 1.2.

Следующим этапом определяются начальные заглубления начальных (висячих) участков [4]. Для этого следует открыть лист «Начальные заглубления» и заполнить таблицу рис. 1.6.

J18		$f_x = 1,2 + (I18 * (C18 + D18)) - (E18 - F18) + 0,05$								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Начальные заглубления в тупиковых колодцах сети										
№ колодцев	d внутриквартальной сети дв/кв, м	Длина внутриквартальной сети по кварталу L, м	Длина сети от контрольного колодца до уличного l/2 м	Абсолютная отметка земли в начале внутриквартальной сети, z2 м	Абсолютная отметка земли около уличного колодца z1 м	Минимальное заглубление hmin, м	Уклон пов. Земли от начального до уличного колодца iзем,	уклон внутриквартальной трубы imin	начальное заглубление лотка уличного колодца H, м	
1	0,150	90		232,000	231,400	1,2	0,007	0,008	1,370	
12	0,150	80		231,800	231,000	1,2	0,010	0,0094	1,202	
16	0,150	80		230,700	230,300	1,2	0,005	0,008	1,490	
20	0,150	80		230,000	229,800	1,2	0,002	0,008	1,690	
24	0,150	100		227,700	227,000	1,2	0,007	0,008	1,350	
29	0,150	65		226,900	226,150	1,2	0,012	0,011	1,215	
35	0,150	80		228,800	228,450	1,2	0,004	0,008	1,540	
45	0,150	80		228,300	228,000	1,2	0,004	0,008	1,590	
50	0,150	80		227,600	227,000	1,2	0,007	0,0080	1,290	
55	0,150	80		226,900	226,200	1,2	0,009	0,0082	1,206	
60	0,150	80		225,700	225,200	1,2	0,006	0,008	1,390	
65	0,150	100		228,900	228,650	1,2	0,003	0,008	1,800	
80	0,150	90		227,800	227,500	1,2	0,003	0,008	1,670	
87	0,150	80		227,400	226,800	1,2	0,007	0,008	1,290	
96	0,150	80		227,000	226,300	1,2	0,009	0,0082	1,206	
104	0,150	80		226,000	225,450	1,2	0,007	0,008	1,340	

Рис. 1.6. Лист «Начальные заглубления» программы для расчёта начальных заглублений лотков уличных колодцев

В столбце А перечисляются номера висячих колодцев; в столбцах С и D проставляются длины от колодца внутриквартальной сети до рассматриваемого уличного колодца; в столбце Е – отметки земли около начального колодца внутриквартальной сети; в столбце F - отметки земли около соответствующего колодца уличной сети. В столбце G рассчитывается минимальное заглубление лотка трубы около начального внутриквартального колодца. Это значение не должно быть меньше 0,9 м (глубины обеспечивающей нераздавливание трубы d=200 мм наружными нагрузками). В столбце H рассчитывается уклон земли. Если он больше минимального допустимого для внутриквартальной сети 0,008, то уклон трубы принимаем равным уклону земли, иначе – принимаем уклон трубы по нормативу и считаем глубину заложения (см. яч. J18).

Теперь можно приступать к гидравлическому расчёту уличной сети (рис. 1.7). В столбец А заносятся расчётные участки (можно перенести столбец из табл. рис. 1.5), в столбец В – длины участков, которые определяются по плану города с трассой сети. Расчётный расход переносится из таблиц по сбору расходов по участкам (последний столбец с рис. 1.5). Отметки поверхности земли определяются по плану города. Для висячих колодцев из таблиц рис. 1.6 переносятся начальные заглубления в столбец Р для соответствующих колодцев.

Предварительно проверяется уклон земли. Дальнейший расчёт выполняется последовательно: сначала полностью просчитывается один участок и только потом переходят к расчёту следующего участка. *Сразу для всех участков подбирать диаметры и другие параметры не следует.* Так как в зависимости от заглубления данного участка будет выбран уклон и диаметр на последующем участке.

После подбора диаметра, по таблицам [13, 14], выписываются скорость, наполнение h/d , уклон. Далее рассчитывается наполнение h , м (см. яч. Iб на рис. 1.7). Зная начальное заглубление, рассчитывается абсолютная отметка лотка в начале сети на расчётном участке и далее по алгоритму [9, С. 34] находятся абсолютные значения лотка в конце участка, отметки воды в начале и конце участка. Определяется заглубление лотка в конце участка.

В конечном (для расчётного участка) колодце необходимо выполнить сопряжение лотков [4, табл. 7 и рис. 15]. Условие сопряжения традиционно отмечается в столбце R.

Если к расчётному участку подходит два или три участка, то следует проверять отметку воды при сопряжении с каждым участком, прилегающим к рассматриваемому. Абсолютная отметка воды всё время должна уменьшаться или находиться на том же уровне. Недопустимо превышение уровня воды. Это может привести к обратным гидравлическим уклонам в трубе и подпорам.

Не забывайте проверять значения скоростей на предыдущих участках и на самом участке. Если по какой-то причине скорость понижается, следует выполнить перепад воды на 10- 20 см, чтобы компенсировать гидравлический прыжок. Например, строки 24 и 25 (рис. 1.7). В яч. G24 скорость равна 1 м/с, а в яч. G25 - 0,9 м/с. В яч. M24 абсолютная отметка воды на 0,1 м выше, чем абсолютная отметка воды в том же колодце 28 в яч. L25. В яч. R25 в комментарии отмечен перепад по воде. Аналогично в строке 29 в колодце 31.

При расчёте главного коллектора, в зависимости от рельефа местности, боковые подсоединения могут оказаться диктующими. Например, строка 39. Для колодца 6 диктующим оказалось боковое подсоединение 19-6. С ним и выполнено сопряжение. Аналогичны строки 40 и 41 для колодцев 7 и 8.

После гидравлических расчётов можно приступить к построению профиля сети, на котором боковые присоединения указываются с отметкой лотка.

16		f _с =H6*D6/1000																
№ расчёт н.уч-ков	A	B Диаметр участка, L,м	C Q _{расч} , л/с	D d _{пр} , мм	E K _п	F HГ ¹ , м	G Скорость V, м/с	H высота наполнения		J-O Этикетки по расчетным участкам					P-Q Глубина заложения трубы		R	
								h/d	h, м	Поверхности земли Z _з		Поверхности воды Z _в		Лотка трубы		hн		hk
										Z.з.н.	Z.з.к.	Z.в.н.	Z.в.к.	Z.л.н.	Z.л.к.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Боковые присоединения бассейна 3																		
6	12-13	175	19,145	315	0,0030	0,5250	0,9	0,4	0,110	231,000	230,500	229,908	229,383	229,798	229,273	1,202	1,227	пнд
7	13-14	190	33,901	355	0,0031	0,5890	1	0,4	0,146	230,500	229,860	229,383	228,794	229,238	228,649	1,262	1,211	по воде
8	14-15	140	33,901	355	0,0041	0,5740	1	0,4	0,146	229,860	229,280	228,794	228,220	228,649	228,075	1,211	1,205	по воде
9	15-5	100	33,901	355	0,0048	0,4800	1	0,4	0,146	229,280	228,800	228,220	227,740	228,075	227,595	1,205	1,205	по воде
11	16-17	170	19,145	315	0,0030	0,5100	0,9	0,4	0,110	230,300	229,750	228,920	228,410	228,810	228,300	1,490	1,450	
12	17-18	175	33,901	355	0,0028	0,4900	1	0,4	0,146	229,750	229,400	228,410	227,920	228,285	227,775	1,485	1,625	по воде
13	18-19	150	33,901	355	0,0028	0,4200	1,6	0,4	0,131	229,400	228,700	227,920	227,500	227,789	227,369	1,611	1,331	по воде
14	19-6	110	33,901	355	0,0028	0,3080	1,6	0,4	0,131	228,700	228,350	227,500	227,192	227,369	227,061	1,331	1,289	по воде
Боковой приток участок 20-7																		
16	20-21	130	18,457	315	0,0035	0,4550	1	0,4	0,117	229,800	229,400	228,227	227,772	228,110	227,655	1,690	1,745	
17	21-22	170	18,457	315	0,0035	0,5950	1	0,4	0,117	229,400	229,150	227,772	227,655	227,655	227,060	1,745	2,090	по воде
18	22-23	150	18,457	315	0,0035	0,5250	1	0,4	0,117	229,150	228,600	227,655	227,538	227,538	227,013	1,612	1,587	по воде
19	23-7	110	33,901	355	0,0028	0,3080	1,6	0,4	0,131	228,600	228,460	227,105	226,797	226,973	226,665	1,627	1,795	по шельге
Боковой приток участок 24-8																		
21	24-25	100	19,145	315	0,0030	0,3000	0,9	0,4	0,110	227,000	226,850	225,760	225,460	225,650	225,350	1,350	1,500	
22	25-26	140	33,901	355	0,0028	0,3920	1	0,4	0,146	226,850	226,690	225,460	225,068	225,315	224,923	1,535	1,767	по воде
23	26-27	125	33,901	355	0,0028	0,3500	1	0,4	0,146	226,690	226,560	225,068	224,718	224,923	224,573	1,767	1,987	по воде
24	27-28	125	33,901	355	0,0028	0,3500	1	0,4	0,146	226,560	226,480	224,718	224,368	224,573	224,223	1,987	2,257	по воде
25	28-8	140	36,914	450	0,0020	0,2800	0,9	0,4	0,171	226,480	226,300	224,268	223,988	224,097	223,817	2,383	2,483	по воде-0,1
участок 29-11																		
27	29-30	110	19,145	315	0,0030	0,3300	0,9	0,4	0,110	226,150	226,050	225,045	224,715	224,935	224,605	1,215	1,445	
28	30-31	125	33,901	355	0,0028	0,3500	1	0,4	0,146	226,050	226,000	224,715	224,365	224,570	224,220	1,480	1,780	по воде
29	31-32	120	36,914	450	0,0020	0,2400	0,9	0,4	0,171	226,000	225,900	224,265	224,025	224,094	223,854	1,906	2,046	по воде-0,1
30	32-33	110	33,901	355	0,0028	0,3080	1	0,4	0,146	225,900	225,800	224,025	223,717	223,880	223,572	2,020	2,228	по воде
31	33-34	215	33,901	355	0,0028	0,6020	1	0,4	0,146	226,200	226,100	223,717	223,115	223,572	222,970	2,628	3,130	по воде
32	34-11	150	33,901	355	0,0028	0,4200	1	0,4	0,146	226,100	226,000	223,115	222,695	222,970	222,550	3,130	3,450	по воде
Коллектор 3 бассейна																		
34	1-2	180	19,145	315	0,0030	0,5400	0,9	0,4	0,110	231,500	231,100	230,240	229,700	230,130	229,590	1,370	1,510	пнд
35	2-3	190	33,901	355	0,003	0,5320	1	0,4	0,146	231,100	230,580	229,700	229,168	229,555	229,023	1,545	1,557	по-воде
36	3-4	230	33,901	355	0,003	0,6900	1	0,4	0,146	230,580	229,550	229,168	228,478	229,023	228,333	1,557	1,217	по-воде
37	4-5	150	19,145	315	0,0048	0,7200	1	0,3	0,107	229,550	228,790	228,478	227,758	228,371	227,651	1,179	1,139	
38	5-6	120	33,901	355	0,0028	0,3380	1	0,4	0,146	228,790	228,500	227,740	227,404	227,595	227,259	1,195	1,241	по-воде
39	6-7	110	48,427	400	0,0020	0,2200	1	0,4	0,168	228,500	228,380	227,192	226,972	227,024	226,804	1,476	1,576	сопр с 19-6
40	7-8	425	62,561	450	0,0030	1,2750	1	0,3	0,144	228,380	228,690	226,797	225,522	226,653	225,378	1,727	1,312	сопр с 23-7
41	8-9	50	82,787	450	0,0020	0,1000	1,1	0,5	0,230	226,690	226,550	223,988	223,888	223,759	223,659	2,931	2,891	сопр с 28-8
42	9-10	150	95,417	450	0,0020	0,3000	1,1	0,8	0,279	226,550	226,400	223,888	223,588	223,609	223,309	2,941	3,091	

Рис. 1.7. Лист «Гидравл расчет» программы для гидравлического расчёта водоотводящей сети

Глава 2. Расчёты водопроводных сетей

При расчёте водопроводных сетей для подготовки к гидравлическому расчёту можно использовать программу V_setu.exe [4, п. 3.3] или таблицы Excel «Таблицы расчёта водопроводной сети города» [19].

Исходные данные по районам города заносятся в яч. В2-Е3, С7, С8, С14, С15, Е7, Е8, F14, F15 листа «табл 1-3» (рис. 2.1) и рассчитываются с учётом требований СНиП 2.04.02-84 [15] в яч. D7, D8, F7, F8, H7, H8, D14, D15, G14, G15, H14 и H15.

D7		fx		=B7*C7					
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Район города	Общая площадь, га	Площадь жилой застройки, га	Площадь улиц, га	Площадь зелёных насаждений, га				
2	1	222,09	111,64	63,45	47,00				
3	2	135,03	61,30	42,73	31,00				
4									
5	Хоз-питьевое водопотребление населением города								
6	Район города	Площадь жилой застройки, га	Плотность населения P, чел/га	Количество жителей N, чел	Норма водопотребления, л/сут на чел	Ср. сут водопотребление, м3/сут	Кэф-т неравномерности	Водопотребление макс, м3/сут	
7	1	111,64	250	27910	160	4465,6	1,2	5358,72	
8	2	61,30	170	10421	200	2084,2	1,20	2501,04	
9									
10	Расход воды на полив улиц и зелёных насаждений								
11									
12	Район города	Полив улиц			Полив зелёных насаждений			Общий расход воды на полив, м3/сут	
13		Площадь улиц, га	Норма расхода воды, м3/га	расход воды на полив, м3/сут	Площадь зелёных насаждений, га	Норма расхода воды, м3/га	расход воды на полив, м3/сут		
14	1	63,45	5	317,25	47,00	5	235	552,25	
15	2	42,73	5	213,65	31,00	30	930	1143,65	
16									
17									
18									
19									
20									

Рис. 2.1. Лист «табл 1-3» программы «Расчёт водопроводной сети города» - исходные данные по районам города

Исходные данные по коммунально-бытовым предприятиям и административным зданиям [4, с.40] сводятся в таблицу листа «табл 4 – 5» (рис. 2.2) с учётом требований СНиП 2.04.01-85 [16, прил. 3] – столбец Е. В столбце «А» перечисляются наименования коммунально-бытовых предприятий и административных зданий из задания на проектирование; количество водопотребителей или производительность заносится в столбец «С», результат «Суточный объём водопотребления, м³/сут» рассчитывается и выводится в ячейках столбца «F». Эти расчёты могут не предусматриваться при разработке проекта.

Данные по промышленным предприятиям вносятся в яч. A15-D16 рис. 2.2 (из задания). Суточные расходы рассчитываются в яч. E15 и E16. Методика расчёта принята по [17, 6].

F9 fx =C9*E9/1000						
	A	B	C	D	E	F
1						
2			Расход воды КБП и АЗ			
3						
4	Наименование КБП АЗ	Время работы, часы сут	Количество водопотребителей или производительность	Единица измерения	Норма водопотребления на л/ед. измерения	Суточный объём водопотребления, м3/сут
5	Баня	16	50 чел/ч		180	144
6	Гостиница	24	250 чел/ч		250	62,5
7	Д/сад	16	250 ребенок		30	7,5
8	Поликлиника	12	500 больных		13	6,5
9	Школа	12	500 учащихся		11,5	5,75
10	Адм здание	10	500 работников		16	8
11						
12		Водопотребление на производственные нужды				
13						
14	Наименование предприятия	Ед. выпускаемой продукции	Кол-во выпускаемой продукции	Норма расхода воды на ед. измерения, м3	Суточный расход, м3/сут	
15	Тракторный	трактор	25	18	450	
16	Шинный	тонн	700	3,5	2450	
17						
18						

Рис. 2.2. Лист «табл 4-5» программы «Расчёт водопроводной сети города» - данные по коммунально-бытовым предприятиям, административным зданиям и производственным нуждам промышленных предприятий

Расходы воды на хозяйственно-бытовые нужды промышленных предприятий по цехам (горячему и холодному) и расход воды на приём душа в каждом из цехов по сменам рассчитываются на листе «табл 6» (рис. 2.3) по методике [6].

В столбец «А» (рис. 2.3) вносится наименование предприятий, в столбец «В» - смены предприятия, в столбцы «С» и «F» - количество работающих рабочих в каждой смене и в целом за сутки. Нормы расхода воды для всех предприятий неизменны (столбцы «D» и «G»). Расходы хозяйственно-питьевой воды рассчитываются в столбцах «E» и «H».

K10																	fx	=ОКРУГЛ(I10/3;0)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	Хозяйственно-бытовые нужды промышленных предприятий																	
2																		
3																		
4	Наименование предприятия	Смена	Хоз-питьевые нужды						Душевые расходы						Общ. объём водопот., м3/ч			
5			горячие цаха			холодные цеха			горячие цаха			холодные цеха						
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
7	тракторный	1	1375	0,045	61,875	825	0,025	20,625	619	0,375	88	33,00	165	0,375	24	9,00	124,50	
8		2	1125		50,625	675		16,875	506		72	27,00	135		19	7,13	101,63	
9	сутки		2500		112,5	1500		37,5	1125		160	60,00	300		43	16,13	226,13	
10	шинный	1	150	0,045	6,75	750	0,025	18,75	60	0,375	20	7,50	300	0,375	100	37,50	70,50	
11		2	125		5,625	625		15,625	50		17	6,38	250		83	31,13	58,75	
12		3	125		5,625	625		15,625	50		17	6,38	250		83	31,13	58,75	
13	сутки		400		18	2000		50	160		54	20,25	800		266	99,75	188,00	
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		

Рис. 2.3. Лист «табл 6» программы «Расчёт водопроводной сети города» - хозяйственно-бытовые нужды промышленных предприятий

Расход воды на приём душа рабочими промышленных предприятий рассчитывается исходя из количества человек принимающих душ, степени загрязнённости предприятия по санитарным характеристикам. Норма расхода воды на одну душевую сетку принимается из условия приёма душа 45 мин в час после окончания смены. Сменные и суточные расходы воды на приём душа рассчитываются в столбцах «L» и «P» (рис. 2.3).

Значения часовых расходов для всех водопотребителей рассчитываются на листе «табл 7» (рис. 2.4).

Хозяйственно-бытовые по двум районам, а также технологические, хозяйственно-бытовые и душевые расходы воды рассчитываются аналогично сточным водам подобных потребителей (см. пояснения к рис. 1.4). Полив зелёных насаждений и улиц, если они приняты из городского водопровода, следует производить в часы минимального водопотребления. Поэтому сначала в столбце «R» ведётся подсчёт часовых расходов по основным потребителям, и только потом назначаются часы полива – столбцы «T»-«W». В этом случае сглаживается неравномерность водопотребления – столбцы «X» и «Y», режим работы насосной станции второго подъёма в этом случае допускается равномерный! Когда насосы подают воды больше, чем потребляет сеть, то разница расходов поступает в бак (яч. АА7-АА33). Если же сеть потребляет больше, чем подают насосы, то расход воды дополнительно поступает из бака (яч. АВ7-АВ33). Остаток в баке рассчитывается аналогично канализационной насосной станции (яч. АС7-АС33). В яч. АС35 подсчитывается максимальное значение расхода воды в баке. В яч. АС36 рассчитывается объём баке в кубических метрах.

Расходы воды на нужды пожаротушения города определяются по [17, формула (8), с. 8]. На лист «пожар» (рис. 2.5) вносятся данные по количеству пожаров, расходам воды на наружное и внутреннее пожаротушение (яч. С7, D7), минимальные расходы воды на тушение пожара на территории промышленных предприятий (яч. G7, H7, J7, K7 рис. 2.5).

При подготовке к гидравлическому расчёту определяют удельные расходы по районам города (рис. 2.5), путевые и узловые расходы для основных расчётных режимов (рис. 2.6).

В табл. удельных расходов (рис. 2.5) часовые расходы переносятся для режима максимального водопотребления с листа «табл 7»; в примере это строка 25 (рис.2.4) для 1-го района из яч. В25, для 2-го района – из яч. D25. Для режима максимального транзита в примере строка 30 (рис.2.4) для 1-го района из яч. В30, для 2-го района – из яч. D30.

Сосредоточенные узловые расходы от промышленных предприятий в узле 6 от ПП2 принимаются для режима максимального водопотребления в яч. Н19 (рис. 2.6) из яч. L25, N25, P25, Q25 рис. 2.4 и в узле 10 от ПП1 (яч. H28 рис. 2.6) из яч. F25, H25, J25, K25 рис.2.4. Аналогично для режима максимального транзита: для ПП1 яч. K27 рис. 2.6 из яч. F30, H30, J30 рис. 2.4; ПП2 - яч. K19 рис. 2.6 из яч. L30, N30, P30, Q30 рис. 2.4.

R25																														
=B25+D25+F25+H25+J25+K25+L25+N25+P25+Q25																														
№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
1	Сводная таблица работы насосной станции																													
2	Хоз-бытовые нужды населения					Промышленное предприятие 1					Промышленное предприятие 2					Сумма почасовых расходов				Полив				Сумма почасовых расходов		Работа НС II	Поступл.	Расход	Остаток	
3	1 район		2 район			техничес кое вод.		хозяйственно-бытовая			душ		техничес кое вод.		хозяйственно-бытовая			душ		улиц		зеленых насаждений		Сумма почасовых расходов		НС II под. Рнс	в бак	из бака	в баке	
4	Кч=1,5		Кч=1,7					горячий цех		холодный цех				горячий цех		холодный цех				1 р-он		2 р-он								
5	сутки	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	%	М3/ч	М3/ч	М3/ч	М3/ч	М3/ч	М3/ч	%	%	%	%	
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
7	0-1	25,32	1,5	25,01	1						34,13	102,08	12,5	0,70	12,5	1,95	37,50	226,70	3,02	39,66	26,71	29,38	116,25	438,68	4,77	4,17		0,60	0,87	
8	1-2	25,32	1,5	25,01	1							102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		153,85	2,05	39,66	26,71	29,38	116,25	365,84	3,98	4,16	0,18		1,05	
9	2-3	25,32	1,5	25,01	1							102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		153,85	2,05	39,66	26,71	29,38	116,25	365,84	3,98	4,16	0,18		1,23	
10	3-4	25,32	1,5	25,01	1							102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		153,85	2,05	39,66	26,71	29,38	116,25	365,84	3,98	4,16	0,18		1,41	
11	4-5	42,20	2,5	50,02	2							102,08	15,65	0,88	18,75	2,93		198,12	2,64	39,66	26,71	29,38	116,25	410,10	4,46	4,17		0,29	1,12	
12	5-6	59,08	3,5	75,03	3							102,08	31,25	1,76	37,5	5,86		243,81	3,25	39,66	26,71	29,38	116,25	455,80	4,95	4,17		0,78	0,34	
13	6-7	75,96	4,5	125,05	5							102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		304,53	4,06					304,53	3,31	4,16	0,85		1,19	
14	7-8	92,84	5,5	162,57	6,5							102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		358,93	4,78					358,93	3,90	4,16	0,26		1,45	
15	см3	371,37	22	512,71	20,5						34,13	816,67	100	5,625	100	15,625	37,50	1793,62	23,90	237,94	160,24	176,25	697,50	3065,55	33,33	33,31	1,65	1,67		
16	8-9	105,50	6,25	162,57	6,5	28,125	12,5	7,73438	12,5	2,58		102,08	12,5	0,84	12,5	2,34	37,50	449,28	5,99					449,28	4,88	4,17		0,71	0,73	
17	9-10	105,50	6,25	137,56	5,5	28,125	8,12	5,02425	6,25	1,29		102,08	8,12	0,55	6,25	1,17		381,30	5,08					381,30	4,14	4,17	0,03		0,76	
18	10-11	105,50	6,25	112,55	4,5	28,125	8,12	5,02425	6,25	1,29		102,08	8,12	0,55	6,25	1,17		356,29	4,75					356,29	3,87	4,17	0,30		1,06	
19	11-12	105,50	6,25	137,56	5,5	28,125	8,12	5,02425	6,25	1,29		102,08	8,12	0,55	6,25	1,17		381,30	5,08					381,30	4,14	4,17	0,03		1,08	
20	12-13	84,40	5	175,07	7	28,125	15,65	9,68344	18,75	3,87		102,08	15,65	1,06	18,75	3,52		407,81	5,44					407,81	4,43	4,17		0,26	0,82	
21	13-14	84,40	5	175,07	7	28,125	31,25	19,3359	37,5	7,73		102,08	31,25	2,11	37,5	7,03		425,89	5,68					425,89	4,63	4,17		0,46	0,36	
22	14-15	92,84	5,5	137,56	5,5	28,125	8,12	5,02425	6,25	1,29		102,08	8,12	0,55	6,25	1,17		368,64	4,91					368,64	4,01	4,17	0,16		0,52	
23	15-16	101,28	6	112,55	4,5	28,125	8,12	5,02425	6,25	1,29		102,08	8,12	0,55	6,25	1,17		352,07	4,69					352,07	3,83	4,17	0,34		0,86	
24	см 1	784,94	46,5	1150,48	46	225	100	61,875	100	20,625	0	816,67	100	6,75	100	18,75	37,50	3122,58	41,62					3122,58	33,94	33,36	0,85234	1,43677		
25	16-17	101,28	6	125,05	5	28,125	12,5	6,32813	12,5	2,11	42,00	102,08	12,5	0,70	12,5	1,95	45,00	454,64	6,06					454,64	4,94	4,17		0,77	0,09	
26	17-18	92,84	5,5	162,57	6,5	28,125	8,12	4,11075	6,25	1,05		102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		392,22	5,23					392,22	4,26	4,17		0,09	0,00	
27	18-19	84,40	5	162,57	6,5	28,125	8,12	4,11075	6,25	1,05		102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		383,78	5,11					383,78	4,17	4,17		0,00	0,00	
28	19-20	75,96	4,5	125,05	5	28,125	8,12	4,11075	6,25	1,05		102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		337,82	4,50					337,82	3,67	4,16	0,49		0,49	
29	20-21	67,52	4	112,55	4,5	28,125	15,65	7,92281	18,75	3,16		102,08	15,65	0,88	18,75	2,93		325,17	4,33					325,17	3,53	4,16	0,63		1,11	
30	21-22	50,64	3	75,03	3	28,125	31,25	15,8203	37,5	6,33		102,08	31,25	1,76	37,5	5,86		285,65	3,81					285,65	3,11	4,16	1,05		2,17	
31	22-23	33,76	2	50,02	2	28,125	8,12	4,11075	6,25	1,05		102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		220,59	2,94	39,66	26,71	29,38	116,25	432,58	4,70	4,17		0,53	1,64	
32	23-24	25,32	1,5	25,01	1	28,125	8,12	4,11075	6,25	1,05		102,08	8,12	0,46	6,25	0,98		187,14	2,49	39,66	26,71	29,38	116,25	399,13	4,34	4,17		0,17	1,47	
33	2 см	531,73	31,5	837,85	33,5	225	100	50,625	100	16,875	42,00	816,67	100	5,625	100	15,625	45,00	2587,00	34,48	79,31	53,41	58,75	232,50	3010,97	32,73	33,33	2,17	1,57		
34	сут.	1688,04	100,00	2501,04	100,00	450		112,5		37,5	76,125	2450		18		50	120,00	7503,21	100,00	317,25	213,65	235	930	9199,11	100,00	100,00		Рбака=	2,17	%
35		1688,04		2501,04		450	200	112,5	200		76,13	2450,00	300,00	18,00	300,00	50,00	120,00	7503,21		317,25	213,65	235,00	930,00	9199,11	100,00		Wпрез=	199,407	мл	
36		1688,04	100,00	2501,04	100,00	450,00	200,00	112,50	200,00	37,50	76,13	2450,00	300,00	18,00	300,00	50,00	120,00	7503,21												
37																									106,471	л/с				
38																														
39																														
40																														
41																														
42																														

Рис. 2.4. Лист «табл 7» программы «Расчёт водопроводной сети города» - сводная таблица работы насосной станции второго подъема, водопроводной сети и башни

D14 fx =B14/3,6/A14														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	Пожаротушение города					Пожаротушение на промпредприятиях						Расчётный расход общий		
3	Число жителей в городе	число пожаров	расход воды на пожаротушение			1-е предприятие		2-е предприятие			всего			
4						расход воды на		расход воды на						
5			наружное	внутреннее	всего	объём зданий	внутреннее тушение	наружное тушение	объём зданий	внутреннее тушение				наружное тушение
6	человек	шт.	л/с	л/с	л/с	тыс. м3	л/с	л/с	тыс. м3	л/с	л/с	л/с	л/с	м3/ч
7	38331	2	25	2,5	55	200	10	30	65	5	35	40	95	342
8														
9	Определение удельных расходов воды по районам города													
10	1 район города					2 район города								
11	Суммарная	расходы при режимах		удельный расход		Суммарная	расходы при режимах		удельный расход					
12	длина сети	тах в/п	транзит	тах и/п	транзит	длина сети	тах в/п	транзит	тах и/п	транзит				
13	м	м3/ч	м3/ч	л/(с.м)	л/(с.м)	м	м3/ч	м3/ч	л/(с.м)	л/(с.м)				
14	4565	101,28	50,64	0,006	0,003	3455	125,05	75,03	0,010	0,006				
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														

Рис. 2.5. Лист «пожар» программы «Расчёт водопроводной сети города» - таблицы расчёта расходов воды на пожаротушение города и промышленных предприятий, и удельных расходов воды по районам города

2	A	B	C	Удельные расходы		Путевые расходы		Условные расходы					Условные расходы после узла			
				для режима		для режима		Час так а/п			Час так транзита		Час так а/п		Час так транзита	
				Час так а/п	Час так транзита	Час так а/п	Час так транзита	сосред.	путевой, приа. к условному	суммарный расход	сосред.	путевой, приа. к условному	суммарный расход	Час так а/п	Час так транзита	
3	Номер узла	Номера участков	Длина участка	л/с.м	л/с.м	л/с	л/с	л/с	л/с	л/с	л/с	л/с	л/с	л/с	л/с	
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
7	1	1-2	310	0,010	0,00605	5,117	1,670									
8		1-16	590			5,932	3,559			4,524	4,52		2,715	2,7	4,52	2,72
9	2	2-1	310	0,010	0,00605	5,117	1,670			2,916	2,92		1,749	1,7	2,92	1,75
10		2-3	270			2,715	1,629									
11		3-2	270			2,715	1,629									
12	3	3-22	270	0,010	0,00605	2,715	1,629			4,072	4,1		2,445	2,4	4,07	2,44
13		3-4	270			2,715	1,629									
14	4	4-3	270	0,010	0,00605	2,715	1,629			2,465	2,5		1,476	1,5	2,5	1,5
15		4-5	220			2,212	1,527									
16	5	5-4	220	0,010	0,00605	2,212	1,527			3,167	3,2		1,900	1,9	3,17	1,9
17		5-6	410			4,122	2,475									
18	6	6-5	410	0,010	0,00605	4,122	2,475	n/n2		2,916	44,51	30,472	1,749	32,2	44,51	32,2
19		6-7	170			1,709	1,026	41,594								
20	7	7-6	170	0,010	0,00605	1,709	1,026			2,314	2,31		1,335	1,3	2,31	1,33
21		7-8	360	0,008	0,00456	2,919	1,641									
22		8-7	360	0,008	0,00456	2,919	1,641									
23	8	8-9	390	0,008	0,00308	2,404	1,202		3,247	3,25			1,714	1,7	3,25	1,71
24		8-20	190	0,008		1,171	0,585									
25	9	9-8	390	0,008	0,00308	2,404	1,202			2,375	2,4		1,186	1,2	2,4	1,2
26		9-10	360	0,008		2,342	1,171									
27	10	10-9	360	0,008	0,00308	2,342	1,171	n/n 1		2,005	25,85	15,965	1,001	15,0	25,85	15,04
28		10-11	270	0,008		1,664	0,832	21,823								
29	11	11-10	270	0,008	0,00308	1,664	0,832			2,065	2,1		1,032	1,0	2,1	1,03
30		11-12	400			2,465	1,233									
31	12	12-11	400	0,008	0,00308	2,465	1,233			2,065	2,1		1,032	1,0	2,07	1,03
32		12-13	270			1,664	0,832									
33	13	13-12	270			1,664	0,832									
34		13-14	350	0,008	0,00308	2,137	1,079			3,375	3,6		1,767	1,8	3,57	1,8
35		13-19	540			3,328	1,664									
36	14	14-13	350	0,008	0,00308	2,137	1,079			2,005	2,00		1,001	1,0	2	1
37		14-15	300			1,849	0,924									
38	15	15-14	300	0,008	0,00308	1,849	0,924			2,342	2,34		1,171	1,2	2,34	1,2
39		15-16	460			2,835	1,417									
40	16	16-15	460	0,008	0,00308	2,835	1,417			3,316	3,32		3,012	3,0	3,32	3,01
41		16-17	250	0,008	0,00456	1,865	1,048									
42		16-1	590	0,010	0,00605	5,932	3,559									
43	17	17-16	250	0,008	0,00456	1,865	1,048			2,334	2,6		1,435	1,4	2,6	1,44
44		17-18	400			3,245	1,823									
45	18	18-17	400	0,008	0,00456	3,245	1,823			3,151	3,2		1,777	1,8	3,2	1,8
46		18-19	170	0,008	0,00308	1,048	0,524									
47		18-21	200	0,010	0,00605	2,011	1,206									
48	19	19-18	170			1,048	0,524									
49		19-13	540	0,008	0,00308	3,328	1,664			3,451	3,5		1,726	1,7	3,5	1,73
50		19-20	410			2,527	1,263									
51	20	20-19	410	0,008	0,00308	2,527	1,263			1,649	1,65		0,924	0,9	1,65	0,92
52		20-8	190			1,171	0,585									
53		21-18	700			7,011	3,704									

Рис. 2.6. Лист «табл 8» программы «Расчёт водопроводной сети города» - таблица расчёта узловых расходов водопроводной сети

Путевые расходы по режимам водопотребления приводятся к узловым по формуле отражённой в строке формул см. яч. I22 рис. 2.6.

Окончательно выполняется увязка суммарных узловых расходов по режимам с часовыми расходами из «табл 7» рис.2.4 – столбцы «N» и «O» рис. 2.6.

После выполнения вручную начального потокораспределения по каждому расчётному режиму, параметры расходов и диаметров для каждого участка сети сводятся в таблицу на листе «табл 9» рис. 2.7.

Кроме того, для каждого кольца (контура) составляется контурная матрица для каждого режима работы сети. Указывается количество участков в контуре и перечисляются номера участков с направлениями движения воды в них. При обходе контура по часовой стрелке совпадение направлений движения воды с направлением её на участке даёт знак «+», иначе – знак «-».

Следует обратить внимание на формат ячеек столбцов «Наименование участка» и «Номера участков с направлениями». Они должны быть предварительно, перед вводом информации, отформатированы как «текст».

Теперь есть все данные для проведения гидравлического расчёта водопроводной сети (рис. 2.8) лист «табл 10».

Расчёт ведём методом Лобачева-Кросса. Для каждого кольца (яч. A5, A16, A30, A41) перечисляются номера участков – столбец «B», длина участков – столбец «C», внутренний диаметр трубопровода на участке – столбец «D», расчётный расход – столбец «E». Диаметр и расход переносятся ссылкой с листа «табл 9».

Скорость рассчитывается по внутреннему диаметру трубы круглого сечения. Коэффициенты k и A определяются по расчётным таблицам [17, 18] и заносятся в столбцы «G» и «H» рис. 2.8, соответственно. Сопротивление участка рассчитывается в столбце "I", произведение сопротивления и расхода считается в столбце «J». Для каждого кольца (контура) эти значения по участкам суммируются (яч. J13, J27, J38, J48). В столбце «K» подсчитывается потеря напора на участках и с учётом контурных матриц устанавливается знак потери, совпадающий с направлением потока. Потери суммируются с учётом знака (яч. K13, K27, K38, K48). В яч. K14, K28, K39, K49 рассчитывается расход для увязки. Величины невязки по отдельным кольцам не должна превышать 0,5 м. При предварительном расчёте эта величина получается редко, и приходится выполнять последовательно несколько увязок.

При последующей увязке **при положительной невязки в кольце** (яч. K13), поправочный расход имеет знак «-» (яч. K14), т.е. из расходов на линиях с *положительным направлением* (по часовой стрелке) увязочные расходы **вычитаются** (яч.L5-L9), а к расходам с *противоположными направлениями потока* – **прибавляются** (яч.L10-L12). Если **невязка в кольце отрицательная** (яч. K27), то увязочный расход положителен (яч. K28) и **прибавляется** на участках с *положительным направлением* (яч. L16-L18) и **вычитается** на участках с *противоположным направлением* (яч. L19-L26).

Расчётные участки с расходами по режимам и диаметрами труб									Контурная матрица водопроводной сети max в/п		
Расчётные участки	Наименование участка	Расходы воды по режимам, л/с			Диаметры труб, мм		Материал труб, ГОСТ	Номер контура	Кол-во участков	Номера участков с направлением	
		max в/п	транзит	max в/п + пожар	внешний (условный)	внутренний					
1	2	3	4	5	6	7	8	1	8	1, 2, 22,23,24, -18, -17, -16	
5	1 1 - 2	50,95	58,75	90,95	225	184	Трубы пластмассовые ГОСТ 18599-83	2	11	3, 4, 5, -6, -7, -21, -20, -19, -24, -23, -22	
6	2 2 - 3	48,03	57	88,03	250	204,4		3	8	8, -9, -10, -11, -12, 20, 21, -25	
7	3 3 - 4	21,96	34,56	41,96	200	163,6		4	7	-13, -14, -15, 17, 18, 19, 25	
8	4 4 - 5	19,46	33,06	39,46	200	163,6					
9	5 5 - 6	16,29	31,16	36,29	200	163,6		Контурная матрица водопроводной сети max в/п+пож			
10	6 6 - 7	8,4	28,16	8,4	250	204,4		Номер контура	Кол-во участков	Номера участков с направлением	
11	7 7 - 8	10,71	29,49	10,71	280	229		1	8	1, 2, 22,23,24, -18, -17, -16	
12	8 8 - 9	0,31	12,7	20,31	280	229		2	11	3, 4, 5, -6, -7, -21, -20, -19, -24, -23, -22	
13	9 9 - 10	2,09	13,9	17,91	280	229		3	8	8, 9, -10, -11, -12, 20, 21, -25	
14	10 10 - 11	25,92	28,94	25,92	315	257,6		4	7	-13, -14, -15, 17, 18, 19, 25	
15	11 11 - 12	28,02	29,97	55,52	315	257,6					
16	12 12 - 13	30,09	31	57,59	315	257,6		Контурная матрица водопроводной сети max транзит			
17	13 13 - 14	18,66	17,8	46,16	355	290,4		Номер контура	Кол-во участков	Номера участков с направлением	
18	14 14 - 15	20,66	18,8	75,66	355	290,4		1	8	1, 2, 22, 23, 24, -18, -17, -16	
19	15 15 - 16	23	20	78	355	290,4		2	11	3, 4, 5, -6, -7, -21, -20, -19, -24, -23, -22	
20	16 16 - 1	51	45	106	355	290,4		3	8	-8, -9, -10, -11, -12, 20, 21, -25	
21	17 16 - 17	22,68	21,99	22,68	280	229		4	7	-13, -14, -15, 17, 18, 19, 25	
22	18 17 - 18	20,08	20,55	20,08	225	184					
23	19 18 - 19	34,62	36,15	54,62	250	204,4					
24	20 19 - 20	16,12	19,42	36,12	250	204,4					
25	21 20 - 8	14,27	18,5	34,27	250	204,4					
26	22 3 - 22	22	20	42	225	184					
27	23 22 - 21	19,7	18,6	39,7	250	204,4					
28	24 21 - 18	17,74	17,4	37,74	225	184					
29	25 19 - 13	15	15	15	280	229					

Рис. 2.7. Лист «табл 9» программы «Расчёт водопроводной сети города» - подготовка к гидравлическому расчёту водопроводной кольцевой сети

Для смежных линий (общих для двух колец) необходимо учитывать увязочные расходы обоих колец со своими знаками (рис. 2.8 столбцы «М», «R», «W», «AB», «AG» для соответствующих приближений).

Если в результате увязки меняется направление движения воды на участке сети, то это следует учитывать в дальнейших расчётах. Например, в кольцах 3 и 4 на участке 19-13 во втором приближении расход меняет направление на противоположное. В таблице изменение для удобства помечено цветом (яч. S35 и S47 рис. 2.8). Изменилось и направление потери (яч. U35 и U47) напора на участке.

Последующие приближения выполняются аналогично первому. Как только во всех кольцах невязка не превысит заданную, расчёт завершается. Окончательно целесообразно проверить скорости на участках при новых расходах и их пропускную способность.

При необходимости увеличивают диаметры линий на один порядок по сортаменту.

На этом инженерные расчёты завершаются и приступают к конструированию сети, построению профилей, определению высоты водонапорной башни (если таковая предусматривается) и напора насосной станции.

Глава 3. Расчёты основных элементов станции очистки сточных вод

Программа для ПК [5] для расчета параметров всех основных элементов станции очистки сточных вод: решёток, песколовков, первичных отстойников, аэротенков, вторичных отстойников, сооружений доочистки – фильтров и сооружений по обработке осадков: аэробных стабилизаторов и/или метантенков. Программа состоит из нескольких этапов: ввод исходных данных, выбор сооружения для дальнейшего расчёта и сам расчёт в табличной форме.

Для начала работы с программой необходимо открыть файл, предварительно названный фамилией студента, лист «кон и расх» (рис. 3.1). В поля, предназначенные для ввода исходных данных – они выделены розовым цветом, заносятся:

- суточные расходы сточных вод первого, второго районов города и промышленного предприятия (ячейки B9, C9, D9);

- нормы водоотведения n , л/(сут*чел), первого, второго районов города (ячейки B10, C10);

- значения взвешенных веществ и $BPK_{полн.}$ промышленного предприятия объёмного веса песка (ячейки D10, D11).

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Параметры		максимальный	средний	минимальный		Состав, количество и габариты очистных сооружений					
2	суточный, м3/сут			53065,00			Тип ОС		Марка, габариты	Общее число	В том числе	
3	часовой, м3/ч		3301,42	2211,04	1480,79		механическая очистка				рабочие резервные	
4	секундный		л/с	917,06	614,18	411,33	решетки		МГ 7Т	5	3	2
5			красч, м3/с	0,92	0,61	0,41	песколовки горизонтальные с круговым движением воды		D=6 м	4	3	1
6			Kgen max=	1,4931493			первичные отстойники горизонтальные		L=36 м	5	5	-
7	Показатели		районы города		промышленное предприятие	смесь сточных вод	Биологическая очистка					
8			первый	второй			Аэротенки 4-х коридорные вторичные отстойники горизонтальные		L=60 м h=4,4 м B=4,5 м	3	3	-
9	расход, м3/сут		27430,00	24500,00	1135,00	53065,00			L=36 м B=9 м	5	5	
10	п, л/(сут чел)		225,00	240,00			Обработка осадка					
11	взвешенные вещества, г/м3		288,89	270,83	424,00	283,44	Песковые площадки					
12	БПКполн, г/м3		333,33	312,50	506,00	327,41	Иловые площадки на 20%					
13	Приведённое число жителей, чел		121911	102083	7404	231398	Стабилизаторы аэробные		L=42 м h=3,2 м B=4,5 м	2	2	-
14			Приведённое число жителей, чел, Пром. предприятия				Вакуум-фильтры					
15							Доочистка сточных вод					
16			взвеш в-ва			7404	Барабанные сетки					
17			БПК			6417	Микрофильтры					
18												

Рис.3.1. Лист «кон и расх» программы для ввода исходных данных концентрации и расходов

Проверить правильность программирования ячеек:

- расчёта концентраций взвешенных веществ и БПК₂₀, содержащихся в сточных водах, поступающих на очистные сооружения от первого, второго районов города (ячейки В11, В12, С11 и С12);
- концентраций взвешенных веществ и БПК₂₀ смеси сточных вод (ячейки Е11 и Е12);
- приведенного числа жителей, чел, (ячейки В13 - Е13);
- для расчёта максимальных и минимальных расходов, по среднесекундному расходу рассчитать коэффициент общей неравномерности и занести в ячейку С6.

Для *расчёта необходимой степени очистки* следует перейти к листу «необх ст оч» (рис. 3.2).

В ячейки В3 – N3 занести данные по реке из задания. Изменить параметры в ячейках F11 – H11 в зависимости от исходных данных по методике [10].

Проверить правильность программирования ячеек А7 – L7.

Если в ячейках J7 или L7 расчётом получится отрицательное значение, то в ячейке M7 назначаем минимально возможное для технологии биологической очистки значение параметра БПК_{полн.} = 3 мг/л.

Для дальнейших расчётов используются параметры ячеек G7 и H7, M7 и N7. В зависимости от значений этих параметров выбирается состав станции очистки [6, 9].

Расчёт решёток. Для расчёта решёток следует перейти к листу «решетки» (рис. 3.3). Выбрать тип сооружения и занести его параметры в ячейки А2 – С2 (выделены зелёным цветом) [9, 10].

В зависимости от количества перекачек в ячейку Н2 (жёлтая ячейка) внести количество задержанных на решётках отбросов [9, С. 95, табл. 4.23].

В зависимости от производительности решёток рассчитать число сооружений, автоматически выполнится расчет расхода на одну решётку для каждого режима работы (ячейки В14 – D14).

Ориентируясь на V_k (ячейка Е2) по таблицам Федорова для прямоугольного канала рассчитать параметры подводящего канала [13].

При проверке скоростей в прозорах решетки и канале перед решёткой (ячейки F3 и G3) внимательно проверить ссылки (максимальный расход в решётке может не совпадать с максимальным режимом из-за количества сооружений. Тоже самое и для минимального расхода).

Параметры осадков, снимаемых с решёток и концентрации загрязнений, поступающих на последующие сооружения рассчитываются автоматически по запрограммированным формулам.

L7 fx =D7*B3*(I3-0,4*G11-H11)/0,4/A11-H11/0,4														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Показатели реки													
2		Расход воды м3/с	Скорость течения воды м/с	Средняя глубина воды м	тем-ра воды летом	Кол-во взвеш в-в в воде мг/л	БПК полн речной воды мг/л летом	БПК полн речной воды мг/л зимой	Кол-во раствор кислорода летом	Кол-во раствор кислорода зимой	Расст до расчета створа по прямой	Расст до расчета створа по форватору	Категория водоёма	Выпуск прибрежный
3		14,77	0,48	1,42	20	12,8	2,41	2,32	7,12	7,94	4620	6000	PX-2	1
4			1,45											
5														
6	Lф/Lпр	Коэф турбулентной диффузии E	альфа	коэф смеш	расст до полного смеш, м	кратность разбавления сточ вод в реке	Доп. концентр . вз-ных в-в т, мг/л	Э, %	t, сут	Лст по БПК, мг/л	Э влк, %	Лст (л), мг/л	Лст (э), мг/л	Э влк, %
7	1,2987	0,003408	0,201	0,688	45,742	12,077	15,980	94,362	0,145	48,221	85,272	9,939	9,94	96,96439
8														
9	Параметры сточных вод													
10	q расч, м3/с	(E/qрасч)^(1/3)	Ksm, мг/л	Lsm, мг/л	Kt	Допутимое увеличение вз. в-в в водоёме, мг/л	L pd, мг/л	Кол-во раствор. кислорода го, мг/л						
11	0,92	0,1548938	283,44	327,41	0,1	0,75	6	4						
12	Пояснения параметров с				табл. 1	0,25 - I катег	-3	6						
13	сылкой на литературу				МУ №744	0,75 - II кате	-6	4						
14														

Рис. 3.2. Лист «необх ст оч» программы для ввода исходных данных параметров реки и расчёта степени очистки

1	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К
1	В, мм	Вр, мм	п, шт	Вк, мм	скорость решетки, м/с	аотб., л/(чел*год)	Влажность отбросов, %	Зольность отбросов, %		
2	16	8	800	34	539	0,72	0,44	8	80	8
3										
4	МГ 7Т									
5	расход	0,92	0,61	0,41						
6	Расчетные параметры	Расход сточных вод, м3/с q _{max} =0,92 q _{ср} =0,614 q _{min} =0,41			Потери напора в решетке, м	Объем осадка, задерживаемого на решетках W _{отб} , м3/сут	Удельный вес отбросов γ, кг/м3	Р, кг/сут	Р _{сух} , кг/сут	
7								3803,80	760,76	
8	Ширина, Вк, м	0,5	0,5	0,5	0,021		5,072	750	14,336	13,189
9	Уклон, i	0,001	0,001	0,001						
10	Наполнение, h, м	0,83	0,84	0,59	Размеры камеры решетки, м					
11	Скорость, v, м/с	0,73	0,74	0,69	L1	L2	L _{раб}	Лобц., м	Нстр., м	
12	Н, м	1,6	1,6	1,6	0,067	0,034	1,6	1,701	1,351	
13	число сооруж.	3	2	2	Концентрации, поступающие на песколовки, г/м3					
14	расход на 1 рец	0,306	0,307	0,206	вз. Вещества- Квх.п.		БПК _{полн.} -Лвх.п.			
15					269,11		314,22			
16	β	α	ζ _к							
17	0,76	60	0,261199							
18										
19		sin(α)	0,866025							

Рис. 3.3. Лист «решетки» программы для ввода исходных данных параметров решеток и их расчёта

Расчёт песколовок. Для расчёта песколовок следует перейти к листу «песк» (рис. 3.4). Выбрать тип сооружения, в зависимости от расхода сточной жидкости, рабочие параметры: длину (диаметр), высоту и количество песколовков.

1	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М	О	П	Q	R															
Расчёт ветвильных песколовков (для Q _{ст} ≤ 15 тыс. м3/сут)																Горизонтальные песколовки с круговым движением воды (1,4 до 64 тыс. м3/сут)															
канал перед песколовкой																Показатели песка															
3	q _{max} , м3/с	увос. п., м/с	праб. пес., шт.	Дн, м	Нраб, м	hкон, м	a, л/(чел*сут)	Wп, м3/сут	t, мин	Расчетные параметры	Расход сточных вод, м3/с q _{max} =0,92 q _{ср} =0,614 q _{min} =0,41			Количество песколовков	Влажность песка Вп, %	Зольность песка Зп, %	Удельный вес песка γп, кг/м3														
4	0,92	0,025		2,7900261	4,5	0,89	0,02	4,628	3	число сооруж.	3	2	2	3	60	60	1500														
5										расход на 1 песк.	0,306667	0,245	0,27																		
6										Ширина, Вк, м	0,8	0,8	0,8																		
7	Расчёт тангенциальных песколовков (для Q _{ст} до 30 тыс. м3/сут)																														
8										Уклон, i	0,0006	0,0006	0,0006	Параметры песколовки																	
9	q _{max} , м3/с	q _{ср} , м3/(м2*ч)	увос. п., м/с	праб. пес., шт.	Дн, м	Нраб, м	t, мин	Wп, м3/сут	Нстр, м	Наполнение, h, м	0,58	0,58	0,63	Диаметр Дн, м	желоб Вп, м	впуска-вып Вп, м															
10	3301,42	110	0,02		2	4,37	2,4	2	4,628	3,211	0,65	0,65	0,53	6	1,5	0,9															
11										Н, м	1,6	1,6	1,6	Дт, м		4															
12	hкон, м	0,411105								Зольность песка Зп, %	75	Вп, %	60	Угол, град		45															
13	Снижение концентраций:				Концентрации, поступающие на 1 отст-ки, г/м3				Площади, м2				Глубины, м																		
14	вз. в-в ΔКп, мг/л	52,328	БПК _{полн} ΔЛп, мг/л	13,082	вз. вещ-ва Квх.отст.	216,78	БПК _{полн.} -Лвх.отст.	301,14	Скорость v, м/с	0,3	0,9	0,5625	0,3375	0,225	0,405	0,63	1,167	2,347													
15									минимум	1,02222	0,5625	0,459722	0,306481	0,273519	0,58																
16	Расчёт горизонтальных песколовков (1,8 тыс. до 280 тыс. м3/сут)																														
17	канал перед песколовкой																														
18	Показатели песка																														
19	Расчетные параметры	Расход сточных вод, м3/с q _{max} =1,69 q _{ср} =1,19 q _{min} =0,47			K=	Влажность песка Вп, %	Зольность песка Зп, %	Удельный вес песка γп, кг/м3	Дср, м	Длина L, м	K=f(U ₀)	U ₀ (max), мм/с	Р _{во} , кг/сут	Р _{сух} , кг/сут																	
20						60	60	1500	4,5	14,1372	1,3	17,37972	6941,944	2776,778																	
21	число сооруж.	4	3	1	q _{max} /q _{min}	1,18388																									
22	расход на 1 песк.	0,425	0,397	0,47	Расчёт параметров осадка песколовков																										
23	Ширина, Вк, м	1	1	1	a, л/(чел*сут)	Wп, м3/сут	вз. в-в ΔКп, мг/л	БПК _{полн} ΔЛп, мг/л	Концентрации, поступающие на 1 отст-ки, г/л																						
24	Уклон, i	0,002	0,002	0,002	0,02	4,628	52,32786	20,93114	216,78	293,29																					
25	Наполнение, h, м	0,58	0,46	0,65	Параметры песколовки																										
26	Скорость v, м/с	0,67	0,62	0,7	Длина L, м	Вп, м	Площ, шт.																								
27	Н, м	1,6	1,6	1,6	9	1,25	2																								
					Вп.к., м	=0,5-1,2 м	0,625																								

Рис. 3.4. Лист «песк» программы для ввода исходных данных параметров песколовков и их расчёта

Расчитать каналы перед песколовками на расход, протекающий в одну песколовку. Скорости перед песколовками целесообразно принимать от 0,5 до 0,65 м/с.

Параметры осадков, снимаемых с песколовков и концентрации загрязнений, поступающих на последующие сооружения рассчитываются автоматически по запрограммированным формулам, которые следует проверить.

Расчёт первичных отстойников. Для расчёта первичных отстойников следует перейти к листу «1 отст» (рис. 3.5).

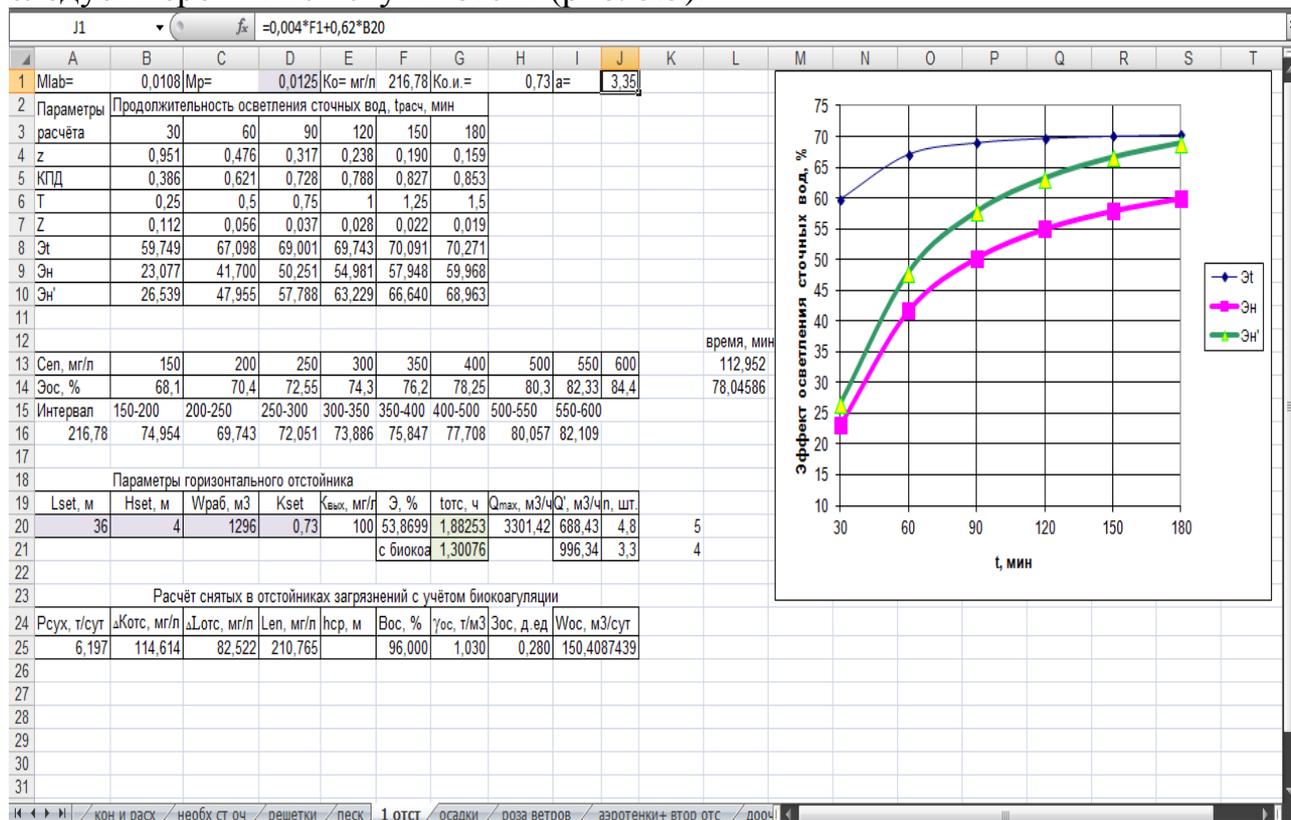


Рис. 3.5. Лист «1 отст» программы для ввода исходных данных параметров первичных отстойников и их расчёта

Параметры первичного отстойника следует занести в ячейки A20-D20. Параметр a (ячейка J1) рассчитывается для данного отстойника в зависимости от исходной концентрации взвешенных веществ и глубине отстойника. Расчёт первичных отстойников выполняется по методу Журавлева В.Д. [9] с использованием коэффициента объёмного использования и построения графика отстаивания осадков в состоянии покоя, в реальных сооружениях и при использовании биокоагуляции. Время отстаивания необходимо определить по графику и занести в ячейки G20 и G21. Этот параметр необходим для расчёта количества рабочих отстойников.

Расчёт аэротенков и вторичных отстойников. Для расчёта аэротенков следует перейти к листу «аэротенки+втор отс» (рис. 3.6).

Сначала рассчитывается a_i (ячейка D8), пользуясь интерполяцией из «Таблицы предварительного определения доз ила в аэротенке».

Просчитаются дозы ила для 25, 33 и 50-процентной регенерации ила.

Далее методом подбора $a_{рег}$ (ячейка E8) добиваемся равенства значений в ячейке D8 и какой-либо ячейки из F8 – H8. Затем в строке 10 записываем свой процент регенерации.

D8		fx		=1,3+0,1/50*(B8-200)					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Таблица предварительного определения доз ила в аэротенке								
2									
3		Len, мг/л	100	150	175	200	250	300	
4		ai, г/л	0,8	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
5		аср, г/л	0,8	1,1	2,2	2,3	2,75	3,4	
6							Тип регенерации, %		
7	Ротакх	Len, мг/л	аср, г/л	ai, г/л	арег, г/л	25	33	50	
8	85	210,765	2,4795878	1,322	3,637	2,094	1,901	1,322	
9									
10	Принимаем 50 %-ную регенерацию								
11									
12	Зольность активного ила, доли ед.	Процент рециркуляции, %	Скорость окисления органических в-в, мг/(г*ч)	Со, мг/л	Lex, мг/л	Kl, мг БПКполн/л	Ко, мг O2/л	Коз-т ингибирования	
13	0,25	0,570739	20,026314	1,5	15	33	0,625	0,07	
14									
15		Время аэрации, ч			Объёмы аэротенка, м3			Кол-во аэротенк	Время цикла, ч
16		to	tart	tr	Wart	Wr	Wo		
17		5,26	2,0811029	3,18	8371,37	4641,19	13012,56	2,738333	9,26
18								3	
19	Параметры аэротенка								
20	Рабочая глубина, м	Ширина коридора, м	Число коридоров, шт.	Длина аэротенка, м	Рабочий объём одного аэротенка, м3	Нагрузка на активный ил, мг БПК/(г*су т)	Средняя концентрация кислорода в аэротенке, мг/л	Влажность рециркуляционного ила, %	
21	4,4	4,5	4	60	4752	272,9359	1,5	99,6363	

Рис. 3.6. Лист «аэротенки+втор отс» программы для ввода исходных данных параметров аэротенков и их расчёта

Уточняем параметры в аэротенке (ячейки A13, D13 – H13).

Подбираем параметры аэротенка, используя [11, табл. 10], заносим в ячейки A21 – H21.

Время аэрации, объёмы аэротенка и их количество рассчитываются в ячейках B17 – H17.

Для расчёта количества подаваемого в аэротенки воздуха (рис. 3.7) необходимо, для рассматриваемого варианта, уточнить по СНиП [1, табл. 41 - 44] коэффициенты в ячейках B27, C 27, F27, G27 и I34.

Вторичные отстойники принимаем аналогичные первичным, но с учётом отстаивания смеси сточных вод и рециркуляционного активного ила.

Количество отстойников (яч. I39 и целочисленное значение – I40) рассчитываем по гидравлической нагрузке (яч. H39) рис. 3.7.

G27 fx =(1+A21/(2*10,3))*H27									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
21	4,4	4,5	4	60	4752	272,9359	1,5	99,6363	
22									
23	Расчёт количество воздуха								
24	Удельный расход воздуха, мг/ БПК	Козф-т типа азратора K1	Козф-т глубины погружения азратора, K2	Козф-т температуры воды Kт	Температура сточной воды, град. С	Козф-т качества воды Kз	Растворимость кислорода в воде		Потребное количество кислорода воздуха, м3/м3
25							Са, мг/л	теоретическая Ст, мг/л	
26									
27	1,1	1,58	2,55	1,02	21	0,64	9,951456	8,2	9,687656
28	СНиП, табл. 42 и 43			СНиП табл. 44					
29									
30	Общее количество воздуха и параметры воздуходувок								
31	Общий объём воздуха, м3/ч	Параметры воздуходувных агрегатор						Иловый индекс, J см3/г	
32		Марка	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	засасываемого воздуха, м3/ч	Количество агрегаторов, шт.		
33	рабочих						всего		
34	24809,48	ТВ-80-1,8	3	1,5	1,6	6000	4,961896	8	85
35	справочник проектировщика						5		СНиП т.41
36									
37	Параметры вторичных отстойников - горизонтальных								
38	Lset, м	Hset, м	Bset, м	Wраб, м3	Wст+ил, м3/ч	Время отстаивания, ч	Kset	Гидравлическая нагрузка на отстойник, м3/(м2*ч)	Количество отстойников, шт.
39	36	4	9	1296	6033,85	1,5	0,73	4,270075	4,361278
40									5

Рис. 3.7. Лист «азротенки+втор отс» программы для ввода исходных данных параметров вторичных отстойников и их расчёта

Расчёт сооружений по обработки осадков выполняем на листе «осадки» рис. 3.8.

В примере рис. 3.8 избыточный ил направляется на биокоагуляцию перед первичным отстойником, и затем первичный осадок стабилизируется в аэробных условиях. Прирост активного ила рассчитывается по формуле в ячейке В3.

Параметры осадков: влажность, количество сухого и беззольного вещества, соотношение их рассчитываются в ячейках Н2 – L3.

Время стабилизации принимается в зависимости от типа осадков и температуры по [10, табл. 40].

Подбираются габаритные размеры сооружений по [10, табл. 41] и заносятся в ячейки А12 – D12.

Количество рабочих аэробных стабилизаторов рассчитывается по запрограммированным формулам автоматически (ячейка Н12 и I12).

fx =0,8*C2+0,3*1 отст!D25

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Тип осадка	Нач. кон., мг/л	Конеч. Концентрация, мг/л	Qсут, м3/сут	удельный вес, т/сут	Влажность, %	Зольность, %	Влажность смеси, %	Сухое вещество, т/сут	Объём при фактической влажности, W м3/сут	Беззольное в-во, т/сут	Соотношение ил/ос	
1													
2	первичных отстойников	216,78	100	53065,00	1,03	96	0,28		6,197	150,409	5,870515	1,140875	сух
3	Избыточный ил (на биок)	143,2295	10		1,003	96	0,25	96	7,070	176,217	6,629019	1,129206	б/з
4									Σ=	326,626			
5	Расчёт аэробного стабилизатора для совместной обработки осадка и избыточного ила после 1 отстойни												
6													
7	Качество осадка	T, сут	Объём осадка, м3/сут	Объём аэроб. стаб., м3	Расход воздуха, м3/ч	Удельный расход воздуха, м3/ч							
8	Смесь ос+изб. Ил	7	326,626	2286,38	5715,949127	2,5							
9													
10	Размеры аэробного стабилизатора												
11	Рабочая глубина, м	Ширина коридора, м	Число коридоров, шт.	Длина стабилизатора, м	Рабочий объём одного стабилизатора, м3	Общий объём стабилизатора, м3	Число стабилизаторов, шт.	Принято сооружений, шт.					
12	3,2	4,5	2	42	1209,6	2286,38	1,89019	2					

песк / 1 отст / аэротенки+ втор отс / осадки / доочистка / роза ветров

Рис. 3.8. Лист «осадки» программы для ввода исходных данных параметров сооружений по обработке осадков и их расчёта при совместной обработки осадка и ила в аэробных стабилизаторах

При отдельной обработке осадка в анаэробных, а активного ила - в аэробных условиях, лист «осадки» будет иметь другой вид (рис. 3.9).

Аэробные стабилизаторы рассчитываются на обработку только активного ила, а метантенки – сырого осадка из первичных отстойников.

По общему объёму требуемых метантенков подбирается по [10, табл. 37] полезный объём, диаметр и количество сооружений (ячейки H15 – J15).

По рассчитанному объёму требуемых газгольдеров (ячейка F15) подбирается по [10, табл. 39] типовой проект и количество сооружений (ячейки L15 – N15).

Расчёт сооружений по доочистке сточных вод выполняем на листе «доочистка» рис. 3.10.

Сначала рассчитаем эффект, который необходим для доочистки стоков до требований сброса их в водоём (яч. E2 и F2).

По эффекту подберём состав сооружений для доочистки см. [12, С.4].

Для каркасно-засыпных фильтров подбираются время и интенсивность промывки (яч. E5 – J5). В яч. A5 рассчитывается площадь фильтрационной поверхности.

Барабанные сетки подбираются по производительности. Данные заносятся в яч. A10 – K10 (рис. 3.10).

Микрофильтры подбираются также по производительности. Данные заносятся в яч. A14 – J14 (рис. 3.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Тип осадка	Нач. кон., мг/л	Конеч. Концентрация, мг/л	Qсут, м3/сут	удельный вес, т/сут	Влажность, %	Зольность, %	Влажность смеси, %	Сухое вещество, т/сут	Объем при фактической влажности, W м3/сут	Беззольное в-во, т/сут	Соотношение ил/ос		
2	первичных отстойников	183,16	100	45990,00	1,03	95	0,28	99,0854	3,825	74,264	3,623169	1,517627	сух	
3	Избыточный ил (на биок)	136,2073	10		1,003	99,4	0,25		5,804	964,485	5,442375	1,502104	б/з	
4										1038,749				
5	Расчёт аэробного стабилизатора для обработки избыточного ила													
6	Качество осадка	T, сут	Объем осадка, м3/сут	Объем аэроб. стаб., м3	Расход воздуха, м3/ч	Удельный расход воздуха, м3/ч								
7	изб. Ил	7	964,485	6751,3963	16878,49075	2,5								
8	Размеры аэробного стабилизатора													
9	Рабочая глубина, м	Ширина коридора, м	Число коридоров, шт.	Длина стабилизатора, м	Рабочий объем одного стабилизатора, м3	Общий объем стабилизатора, м3	Число стабилизаторов, шт.							
10	3,2	4,5	2	39	1123,2	6751,396	6,01086	3						
11														
12	Расчет метантенков для обработки сырого осадка 1 отстойников							Параметры и количество метантенков				Параметры газгольдеров		
13														
14	Качество осадка сырого осадка 1 отстойников	Дмт, %	Общий объем метантенков, м3	Степень распада беззольного вещества, %	Объем газа, м3/сут	Объем газгольдера, м3	Диаметр метантенка, м	Полезный объем метантенка, м3	Количество метантенков, шт	Номер типового проекта газгольдера	Объем газгольдера, м3	Количество газгольдеров, шт		
15		8	974,885	53	1920,3	480,07	10	500	1,949769072	7-07-02/66	300	1,600233		
16											2			

Рис. 3.9. Лист «осадки» программы для ввода исходных данных параметров сооружений по обработке осадков и их расчёта при отдельной обработке осадка в метантенках и активного ила в аэробных стабилизаторах

A5 $f_x = \text{='кон и расх'!D2*кон и расх'!C6}/(B5*C5-3,6*N5*(4*G5/60+J5*I5/60)-1*C5*D5/60)$															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Lex, мг/л	Kex, мг/л	мдоп. вз-ных в-в, мг/л	Лст (з), мг/л	Эбпк, %	Эвз.в, %									
2	10	13,33	12,96	3	70	2,81									
3	Каркасно-засыпные фильтры														
4	Площадь фильтрац. пов-ти, Фф. м2	Время работы фильтров, ч/сут	Скорость фильтрования, м/с	Время простоя, ч	Интенсивность воздуха, л/с	Время предварительной фильтрации, с	Интенсивность водовоздушной промывки, м3/с	Время водовоздушной промывки, с	Интенсивность промывки водой, л/с	Время промывки водой, с	Количество фильтров, праб. шт.	Проверка скорости фильтрации, м/ч	Площадь одного фильтра, м2	Кол-во промывок фильтра в сутки, п1 шт	Скорость фильтрации при форс. реж, м/с
5	348,19	24	10	30	3,5	3	16	4,5	12	5	9,329916	13,39227	37,31966	1	15
6	нормы			30-40 мин	3-4 л/с	2-3 мин	16	4 - 5 мин	12 - 14 л/с	5 - 7 мин					
7	Барабанные сетки типа БСП														
8	производительность, м3/ч		Площадь фильтрации, м2	Число поясов барабана	Мощность, кВт		Размеры, мм			Размер ячейек, мм	Типо-размер сеток	Концентрации вз.в. г/м3		БПКполн, г/м3	
9	рабочая	максимал			эл/двигат	бактериц. лампа	длина	ширина	высота			нач.	кон.	нач.	кон.
10															
11	Микрофильтры														
12	Типо-размер	Размер ячейек, мм	Производительность, м3/ч	Размеры барабана, м		Высота устновки, м	Концентрации вз.в.		БПКполн, г/м3						
13				диаметр	длина		нач.	кон.	нач.	кон.					
14															
15															

Рис. 3.10. Лист «доочистка» программы для ввода исходных данных параметров сооружений по доочистке сточных вод и их расчёта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Росстандарт –92с.
2. Журавлева, И.В. Таблицы проектирования водоотводящей сети [программа для ЭВМ]. Инвентарный № ВНТИЦ 50201450763 от 20.11.2014.
3. Журавлева И.В. Проектирование наружных водоотводящих сетей: учебно-методическое пособие/ И.В. Журавлева, А.В. Куралесин; Воронежский ГАСУ. – Воронеж. – 2012. – 86с.
4. Журавлева И.В. Расчёт систем водоснабжения и водоотведения на ЭВМ: учеб. пособие/ И.В. Журавлева; Воронежский ГАСУ. – Воронеж. – 2012. – 130с.
5. Журавлева, И.В. Проектирование станции очистки сточных вод [программа для ЭВМ]. Инвентарный № ВНТИЦ 50201450764 от 20.11.2014.
6. Журавлева, И.В. Расчёт необходимой степени очистки без учёта реэрации воды водоёма/ И.В. Журавлева, В.Д. Журавлев// Федеральное агентство по образованию Отраслевой фонд алгоритмов и программ. – М.: Св. № 5012 от 18.07.2005. № гос. регистрации 50300501135.
7. Журавлева И.В., Андреевская Е.А. Выбор наилучшего типа песколовки (программный продукт)/ Федеральное агентство по образованию Отраслевой фонд алгоритмов и программ. – М.: Инв. № ФАП 179, Инв № ВНТИЦ 50201250876, - 2012 г.
8. Вовк В.А., Журавлева И.В. Выбор типа аэротенка (программный продукт)/ Федеральное агентство по образованию Отраслевой фонд алгоритмов и программ. – М.: Инв. № ФАП 178, Инв № ВНТИЦ 50201250877, от 21.06.2012 г.
9. Журавлев В.Д. Механическая очистка городских сточных вод: учеб. пособие/В.Д. Журавлев, И.В. Журавлева; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2008. – 220с.
10. Журавлева И.В. Проектирование сооружений для очистки городских сточных вод: механическая очистка и обработка осадков: учеб.-метод. пособие к курсовому и дипломному проектированию/ И.В. Журавлева /Воронеж. гос. арх.-строит. университет. – Воронеж, 2009. – 115с.
11. Проектирование сооружений биологической очистки сточных вод на станциях водоотведения: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию, практическим занятиям/ Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; Сост.: И.В. Журавлева.- Воронеж. 2012.-42с.

12. Проектирование сооружений доочистки и дезинфекции сточных вод: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию/ Воронежский ГАСУ, Сост.: И.В. Журавлева. - Воронеж. 2013.-34с.
13. Федоров, Н.Ф. Гидравлический расчёт канализационных сетей: расчётные таблицы/ Н.Ф. Федоров, Л.Е. Волков. – 4-е исп. Изд. – Л.: Изд. Литры по строительству, 1986. – 252 с.
14. Карелин, Я.А. Таблицы гидравлического расчёта канализационных сетей из пластмассовых труб круглого сечения: справ. пособие/Я.А. Карелин, В.Н. Яромский, О.Я. Евсеева. – М.: Стройиздат, 1986. – 56с.
15. СП 31.13330.2012. Водоснабжение, наружные сети и сооружения Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84/ Росстандарт – М.: ГУП ЦПП, 2012. – 92с.
16. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85/ Росстандарт – М.: ГУП ЦПП, 2012. – 92с.
17. Деев В.М. Водопроводная сеть города (расчёт и конструирование): учеб.-метод. пособие для студ. Спец. 270112/ В.М. Деев, Е.М. Черных, Д.Н. Китаев; Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2008. – 106 с.
18. Шевелёв, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб/ Ф.А. Шевелёв. – М.: АСВ, 2005. -145с.
19. Журавлева, И.В. Таблицы расчёта водопроводной сети города [программа для ЭВМ]. Инвентарный № ВНТИЦ 50201550059 от 17.02.2015.

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е	3
Глава 1. Расчёты водоотводящих сетей.	3
Глава 2. Расчёты водопроводных сетей	11
Глава 3. Расчёты основных элементов станции очистки сточных вод . .	21

Журавлева Ирина Владимировна

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся
по направлению 08.03.01 «Строительство»
профиля «Водоснабжения и водоотведения»

Подписано в печать 1 0.03.2015 г. Формат 60x84 1/16.
Уч.изд.л. 2,13. Усл.печ.л. 2,2. Бумага для множит. аппаратов
Тираж 70 экз. Заказ №

Отпечатано в типографии Воронежского государственного архитектурно-
строительного университета
394006, г. Воронеж, ул.20-летия, 84