

Научно-исследовательский институт
коммунального водоснабжения и очистки воды
НИИ КВОВ

РЕКОМЕНДАЦИИ

ГСИ. РАСХОД СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ В БЕЗНАПОРНЫХ
ТРУБОПРОВОДАХ
МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
МИ 2220-96

Москва, 1996.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

РАЗРАБОТАНА Научно-исследовательским институтом коммунального водоснабжения и очистки воды

ИСПОЛНИТЕЛИ: канд. техн. наук Т.М.Колискор, канд. техн. наук
В.М.Трескунов

СОИСПОЛНИТЕЛИ: канд. техн. наук Л.И.Чесаков, канд. техн. наук
М.Н.Шафрановский

УТВЕРЖДЕНА И ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ВНИИМС 1 октября 1996 г.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
1. Общие положения.....	4
2. Калибровка трубопровода и лотка.....	5
3. Аппаратурное оформление метода.....	11
4. Техника безопасности.....	14

РЕКОМЕНДАЦИИ

ГСИ. Расход сточных вод в безнапорных трубопроводах

Методика выполнения измерений МИ 2220-96

Срок введения с 1.10.96г.

Настоящая рекомендация устанавливает методику выполнения измерений расхода сточных вод в безнапорных трубопроводах диаметром от 0,1 до 3,0 м с поперечным сечением круговой формы и в лотках U-образной формы с полукруглым сечением.

Настоящую рекомендацию применяют для организации учета, в том числе коммерческого, сточных вод в системах канализации и водоснабжения.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

Метод измерений расхода сточных вод в безнапорных канализационных коллекторах основан на зависимости расхода воды от уровня заполнения трубопровода или измерительного лотка.

Для обеспечения возможности автоматических измерений расхода в безнапорных трубопроводах и лотках выполняют их калибровку по методу, разработанному НИИ КВОВ.

Суть метода состоит в измерениях скорости движения потока, уровня заполнения трубопровода или лотка, при котором выполнялись измерения скорости, в расчете на основе полученных результатов градуировочной характеристики водовода.

Погрешность автоматических измерений расхода складывается из погрешности калибровки трубопровода или лотка и погрешности расходомера

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}$$

где δ - погрешность автоматических измерений;

δ_1 - погрешность калибровки;

δ_2 - погрешность расходомера-счетчика

Допускается осуществлять калибровку трубопроводов и лотков расчетным методом с использованием известной формулы Шези. Основными исходными данными для такого расчета являются строительный уклон трубопровода и коэффициент шероховатости стенок. Однако уклон, указанный в строительной документации, очень часто не совпадает с реальным, а коэффициент шероховатости стенок изменяется в процессе эксплуатации. Поэтому калибровка трубопроводов и лотков расчетным методом дает менее точные результаты, чем экспериментальным методом НИИ КВОВ.

2. КАЛИБРОВКА ТРУБОПРОВОДА И ЛОТКА

2.1. Рекомендация составлена применительно к безнапорным трубопроводам с замкнутым поперечным сечением круглой формы или полукруглым сечением (лоток U-образной формы), транспортирующим сточную жидкость, и позволяет выполнять калибровку с погрешностью, не превышающей 2,5%.

2.2. Условия выполнения измерений, при которых достигается необходимая погрешность измерений (не более 4,0 %):

а) дно трубопровода не должно подвергаться заилению или отложению осадка (допускаемая толщина осадка (ила) указана в табл.1.

Таблица 1

Диаметр трубы, м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0
Допускаемая толщина слоя осадка, мм	1	2	2	5	5	8	8	10	10	12	15	20	25	30

б) поток должен быть установившимся, для чего длина прямого участка трубопровода, имеющего постоянный уклон и диаметр без боковых соединений перед измерительным сечением, должна быть **не менее 20H**, а после него – **не менее 10H** (H – максимальный уровень заполнения).

При несоблюдении этих требований метрологические характеристики уточняют на основе проводимых на объекте исследований;

в) измерительное сечение, т.е. сечение, в котором располагаются приборы для измерения скорости и уровня, выбирают в середине трубопровода или лотка;

г) в измерительном сечении и вблизи него не должно быть местных выступов, закладных деталей и других предметов, вызывающих искажение уровня за счет местных возмущений потока.

2.3. Для калибровки трубопровода и измерительного лотка используют одноточечный метод определения расхода сточной жидкости. Этот метод основан на известной зависимости распределения скоростей в сечении трубопровода от основных параметров: диаметра и уровня заполнения;

2.4. Методику определения расхода сточной жидкости реализуют двумя способами:

- по измерениям средней скорости потока (V_{cp}) и расчете расхода по формуле

$$Q = \omega V_{cp}, \quad (1)$$

где ω - площадь сечения потока (определяется по формулам (5) и (7) соответственно для лотков круглого и U-образного сечения;

- по измерениям максимальной скорости (V_{max}) и расчете расхода по формуле

$$Q = \omega NV_{max}, \quad (2)$$

Значения N определяют по табл.2.

Выбор способа зависит от диаметра трубопровода и его наполнения.

Первый способ рекомендуется использовать, когда расстояние максимальной скорости от поверхности жидкости меньше, чем 1,5 диаметра гидрометрической вертушки. В остальных случаях целесообразно использовать **второй способ**, так как измерение максимальной скорости проводят более точно, чем любой другой скорости в сечении потока, и, кроме того, при измерениях на большем расстоянии от дна лотка существует меньшая вероятность налипания загрязнений на вертушку.

Для практического использования метода составлены таблицы 2 и 3, позволяющие определить необходимые гидравлические параметры потока по результатам измерений диаметра трубопровода и наполнения лотка.

2.5. Требования к измерительному оборудованию:

- для измерений уровня допускается применять следующие средства: мерные иглы, крючковые рейки, пьезометрические трубки, водомерные трубки, водомерные рейки и т.п. ;

- скорость потока измеряют при помощи гидрометрических вертушек:

- для потоков глубиной менее 0,3 м : вертушки типа Х-6М, ГР-55, М-11, ГР-96,
- для потоков глубиной более 0,3 м - вертушки ГР-21М, ГР-99, ИСТ.

2.6. Порядок выполнения измерений и расчетов.

2.6.1. Мерной штангой или стальной рулеткой измеряют горизонтальный диаметр трубы или лотка не менее, чем в трех сечениях. По среднему арифметическому из этих значений принимают значение D .

2.6.2. Измеряют уровень заполнения. Для этого с помощью мерной иглы или другого устройства измеряют расстояние от выбранной неподвижной базы до

дна лотка, а затем до поверхности жидкости. Уровень жидкости в лотке H определяют, как разность этих измерений.

При небольших скоростях течения (менее 0,3 м/с) допускаются прямые измерения уровня путем погружения измерительных средств, предварительно натертых мелом, в жидкость.

2.6.3. По табл.2 находят ординату максимальной скорости h , соответствующую фактическим величинам D и H/D .

2.6.4. Определяют $(H - h)$.

2.6.5. При $(H - h) \leq 1,5$ диаметра гидрометрической вертушки расход определяют по средней скорости.

Для этого:

- вычисляют ординату средней скорости потока Y_{cp} по формуле:

$$Y_{cp} = 0,414R \quad (3),$$

где R - гидравлический радиус сечения водовода, м.

Для водоводов круглого сечения и лотков U-образной формы при $H/D \leq 0,5$

$$R = \bar{R} D \quad (4)$$

где $\bar{R}$ - относительный гидравлический радиус, определяемый по табл.3,

вычисляют площадь живого сечения ω по формуле

$$\omega = \bar{\omega} D^2 \quad (5)$$

где $\bar{\omega}$ - относительная площадь живого сечения, определяемая по табл.3.

Для лотков U-образной формы при $H/D > 0,5$ гидравлический радиус определяют по формуле:

$$R_U = \frac{\omega_U}{\chi_U} \quad (6)$$

где ω_U - площадь живого сечения лотка, определяемая по формуле:

$$\omega_U = 0,3927 D^2 + D(H - \frac{D}{2}) \quad (7)$$

χ_U - смоченный периметр лотка –

$$\chi_U = 1,571D + 2(H - \frac{D}{2}) \quad (8)$$

На штанге с мерными делениями закрепляют вертушку на расстоянии Y_{cp} от конца и измеряют скорость V_{cp} .

Расход Q вычисляют по формуле (1).

2.5.6. При $(H - h) > 1,5$ диаметра гидрометрической вертушки расход определяют также по максимальной скорости.

Примечание. Для лотков U-образной формы определение расхода по максимальной скорости выполняют только при соотношении $\frac{H}{D} \leq 0,5$.

Для этого:

- на штанге с мерными делениями закрепляют вертушку на расстоянии h от конца;
- измеряют V_{max} на высоте h от дна лотка;
- по табл.2 находят значение N ;
- по формуле (5) определяют площадь живого сечения ω ;
- вычисляют расход Q по формуле (2);
- измерения скоростей в каждой из указанных точек проводят не менее трех раз, затем вычисляют среднее значение.

2.7. Градуировочную характеристику водовода – зависимость расхода от уровня определяют по графикам (рис.1, 2) соответственно для водоводов круглого и U-образного сечения. Определяют коэффициент A_0 , соответствующий измеренному наполнению,

$$A_0 = Q_0 / Q_{max} ,$$

где Q_0 – расход, вычисленный на основании измерений, при данном наполнении;

Q_{max} - расход при максимальном наполнении.

По величине Q_0 , установленной для данного коллектора, и величине A_0 , определенной по графику в зависимости от наполнения, можно установить расход при любом наполнении.

На основании полученной характеристики градуируют расходомер, который будет использоваться для автоматического учета.

3. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ МЕТОДА

3.1. Для автоматических измерений расхода и объема сточных вод наиболее целесообразно использовать акустические бесконтактные расходомеры типа ЭХО-Р.

Принцип действия расходомера заключается в бесконтактном измерении уровня жидкости, протекающей в водоводе, и пересчете его в мгновенное значение расхода с последующим интегрированием.

Расходомер включает в себя электронный блок ППИ-Р и акустический преобразователь АП-11 или АП-13.

АП-11 предназначен для работы в диапазонах изменения уровня до 2 м, АП-13 – до 0,3 м.

Акустический преобразователь устанавливают над лотком и соединяют кабелем длиной до 100 м с электронным блоком. Электронный блок устанавливают в отапливаемом помещении. Для измерения расхода в безнапорных трубопроводах акустический преобразователь помещают в специальный звуковод.

Расходомер поверяют по МИ 2251-93 один раз в год.

Основные технические характеристики расходомера следующие:

Основная погрешность, %	± 3
Выходной сигнал :	
- при измерениях объемного расхода, мА	0-5
- при измерениях количества – показания счетчика, м ³	
Напряжение питания, В	220
Температура окружающего воздуха, °С:	
для акустического преобразователя	-30 – +50
для электронного блока	5 – 50
Расходомер зарегистрирован в Государственном реестре средств	

измерений

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Производство работ по определению расходов сточной жидкости в системах канализации осуществляют в соответствии с действующими «Правилами техники безопасности по эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест». М., Стройиздат, 1990.

Перед спуском людей в колодец, где проводят измерения, проверяют его загазованность лампой ЛБВК.

Таблица 2

Значения N и h для трубопроводов круглого сечения

D, мм	200		300		400		500	
H/D	N	h	N	h	N	h	N	h
0,10	0,8537	18	0,8967	19	0,8563	36	0,8513	45
0,15	0,8440	25	0,8571	39	0,8545	52	0,8609	65
0,20	0,8501	35	0,8549	49	0,8608	66	0,8658	84
0,25	0,8632	39	0,8611	59	0,8658	80	0,8672	101
0,30	0,8575	45	0,8632	68	0,8675	92	0,8698	116
0,35	0,8673	50	0,8658	77	0,8700	104	0,8718	131
0,40	0,8603	57	0,8709	84	0,8721	114	0,8739	144
0,45	0,8680	59	0,8720	91	0,8741	123	0,8740	156
0,50	0,8721	63	0,8715	97	0,8742	132	0,8749	167
0,55	0,8701	66	0,8737	103	0,8743	140	0,8757	178
0,60	0,8740	69	0,8740	108	0,8753	147	0,8756	187
0,65	0,8742	72	0,8738	112	0,8755	153	0,8756	195
0,70	0,8727	75	0,8742	116	0,8749	159	0,8726	202
0,75	0,8742	76	0,8739	120	0,8743	164	0,8747	209
0,80	0,8723	78	0,8726	122	0,8720	168	0,8729	215

Продолжение табл.2

D, мм	600		700		800		900		1000	
H/D	N	h	N	h	N	h	N	h	N	h
0,10	0,8571	54	0,856	64	0,8600	73	0,8608	82	0,8610	91
0,15	0,8609	79	0,8646	92	0,8651	105	0,8656	119	0,8663	132
0,20	0,8671	101	0,8668	118	0,8679	135	0,8690	153	0,8730	170
0,25	0,8698	121	0,8703	142	0,8718	163	0,8723	184	0,8703	206
0,30	0,8718	141	0,8723	165	0,8730	189	0,8741	214	0,8749	238
0,35	0,8730	158	0,8742	186	0,8750	213	0,8761	241	0,8767	269
0,40	0,8722	179	0,8754	205	0,8764	236	0,8751	266	0,8776	297
0,45	0,8752	189	0,8762	223	0,8774	256	0,8779	290	0,8786	323
0,50	0,8752	203	0,8773	239	0,8778	275	0,8783	311	0,8790	348
0,55	0,8770	216	0,8773	254	0,8780	292	0,8787	331	0,8791	370
0,60	0,8769	227	0,8773	267	0,8781	308	0,8778	352	0,8791	390
0,65	0,8766	237	0,8773	280	0,8777	323	0,8782	366	0,8787	409
0,70	0,8761	246	0,8766	291	0,8771	335	0,8775	380	0,8779	426
0,75	0,8752	255	0,8755	301	0,8761	347	0,8765	394	0,8769	441
0,80	0,8734	262	0,8739	309	0,8761	357	0,8748	405	0,8753	454

D, мм	1200		1400		1500		1600		2000	
H/D	N	h	N	h	N	h	N	h	N	h
0,10	0,8629	110	0,8650	129	0,8660	138	0,8663	147	0,8685	185
0,15	0,8685	159	0,8702	186	0,8706	200	0,8715	213	0,8732	258
0,20	0,8720	205	0,8731	240	0,8740	258	0,8746	275	0,8763	346
0,25	0,8743	248	0,8758	290	0,8762	312	0,8767	333	0,8784	419
0,30	0,8763	288	0,8775	337	0,8780	362	0,8784	386	0,8801	487
0,35	0,8778	325	0,8777	381	0,8794	409	0,8798	437	0,8812	550
0,40	0,8788	359	0,8798	422	0,8803	453	0,8806	484	0,8820	610
0,45	0,8797	391	0,8805	459	0,8809	494	0,8810	529	0,8825	666
0,50	0,8799	421	0,8809	494	0,8812	531	0,8815	568	0,8827	717
0,55	0,8801	448	0,8809	527	0,8812	566	0,8816	606	0,8827	765
0,60	0,8799	473	0,8806	557	0,8810	598	0,8813	640	0,8824	809
0,65	0,8797	494	0,8802	584	0,8805	628	0,8808	672	0,8818	850
0,70	0,8787	517	0,8793	609	0,8799	655	0,8799	701	0,8809	887
0,75	0,8776	535	0,8782	631	0,8784	679	0,8787	727	0,8796	921
0,80	0,8759	552	0,8765	651	0,8767	701	0,8770	751	0,8779	952

Таблица 3

Относительные значения $\bar{\omega}$ и $\bar{R}$ для водовода круглого сечения

H/D	$\bar{\omega}$	$\bar{R}$
0,10	0,04088	0,0635
0,15	0,07388	0,0929
0,20	0,1118	0,1206
0,25	0,1536	0,1466
0,30	0,1982	0,1709
0,35	0,2450	0,1935
0,40	0,2934	0,2142
0,45	0,3428	0,2331
0,50	0,3927	0,2500
0,55	0,4426	0,2649
0,60	0,4920	0,2776
0,65	0,5404	0,2881
0,70	0,5872	0,2962
0,75	0,6319	0,3017
0,80	0,6736	0,3042
0,85	0,7115	0,3033
0,90	0,7445	0,2980
0,95	0,7707	0,2865
1,00	0,7854	0,2500

Зависимость расхода жидкости от ее уровня в водоводе круглого сечения

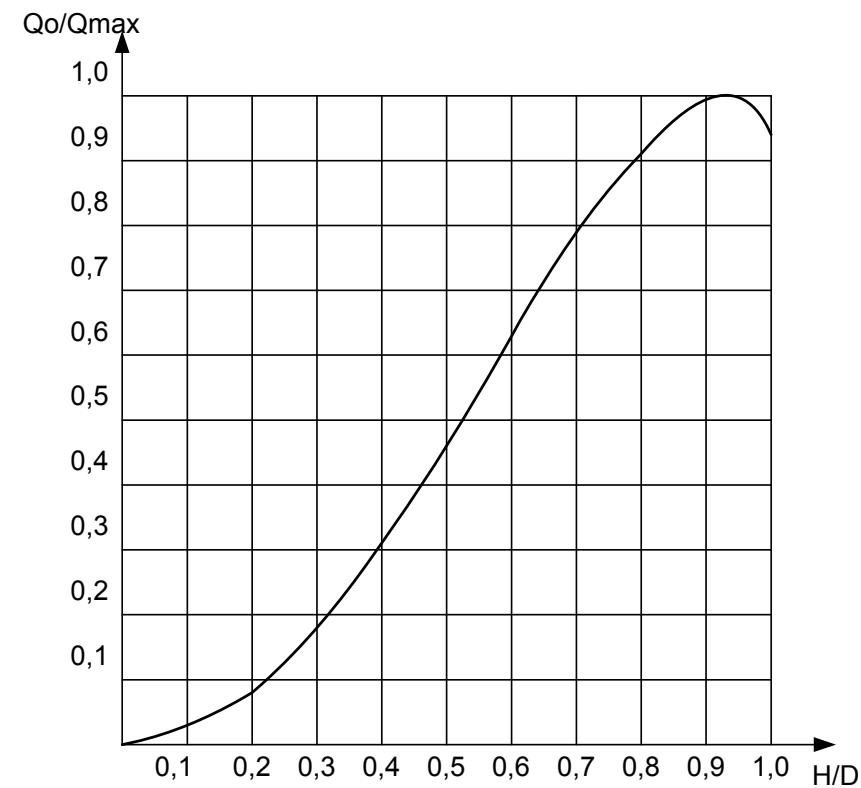


Рис.1

Зависимость расхода жидкости от ее уровня в
в лотке U-образной формы

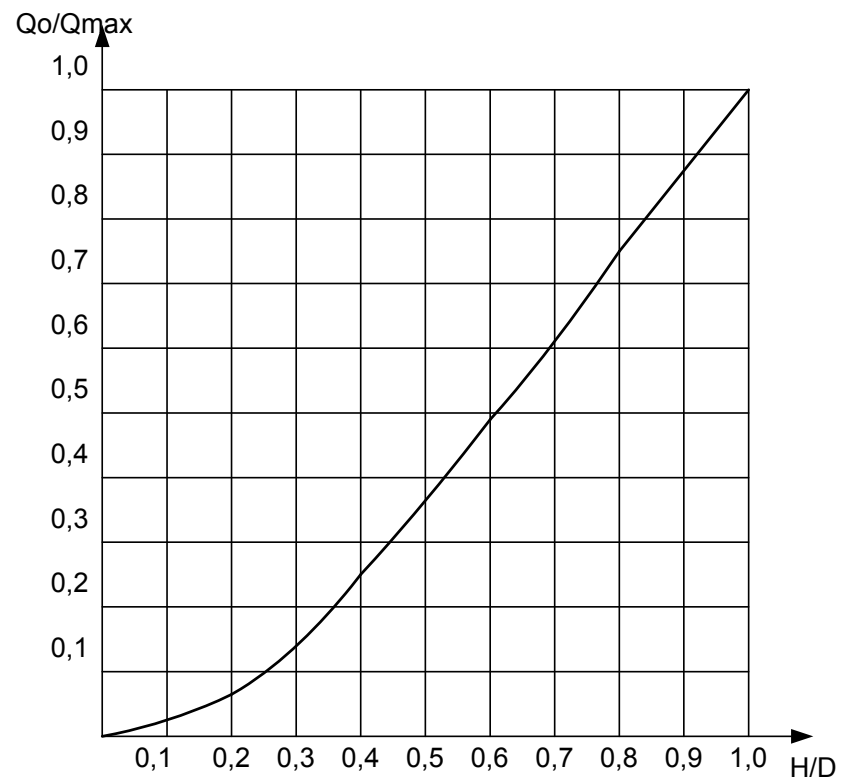


Рис.2