Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР
Ордена Трудового Красного Знамени
Академия коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова

У т в е р ж д е н о
приказом Министерства жилищно-
коммунального хозяйства РСФСР
23 марта 1987 г. № 122

М Е Т О Д И Ч Е С К И Е У К А З А Н И Я
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСХОДОВ СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ В БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Отдел научно-технической информации АКХ
М о с к в а 1 9 8 7

gost.e-ecolog.ru

УДК 628.143

Настоящие указания устанавливают порядок проведения измерений расходов сточной жидкости в безнапорных трубопроводах, требования к участкам трубопроводов, на которых должны проводиться измерения, и к средствам измерения уровня и скорости.

Методические указания разработаны НИИ КВОВ АКХ им. К.Д.Памфилова (кандидаты техн.наук Т.М.Колпакова и Б.А.Казарян, инж. М.В.Мкртчян) при участии треста Мосочистпроект (инженеры В.Б.Иванов и Л.Ф.Скрябин) и ВНИИ ВОДГЕО (канд.техн.наук П.В.Лобачев) и согласованы с Казанским филиалом ВНИИ СТРИ. Предназначены для организаций, занимающихся эксплуатацией и наладкой систем канализации.

Замечания и предложения по указаниям просьба направлять по адресу: 123371. Москва, Волоколамское шоссе, 87. НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды АКХ им. К.Д.Памфилова.

© АКХ им. К.Д.Памфилова, 1987

В настоящее время основным устройством, применяемым для измерения расходов сточной жидкости, являются лотки Вентури и Паршалл. Значительные размеры этих устройств не позволяют применять их в стесненных условиях. Чаще всего они используются на очистных станциях, а единственным методом, применяемым на сетях, является метод "площадь - скорость", для осуществления которого требуется произвести не менее 15 измерений местных скоростей.

Определение расхода этим методом требует значительных затрат труда и времени. Кроме того, в процессе измерений в натурных условиях возможно изменение расхода, что снижает точность метода. Метод, изложенный в настоящих указаниях, заключается в определении расхода путем измерения наполнения и скорости в одной точке. Он обладает достаточной точностью, доступен для применения в условиях эксплуатации. Метод апробирован в тресте Мосочистводоканалах Новосибирска и Еревана.

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I. Метод предназначен для определения расхода сточной жидкости в безнапорных трубопроводах круглой формы путем измерения наполнения и скорости движения жидкости в одной точке.

2. Метод позволяет произвести градуировку измерительного сечения (сечения, где устанавливаются измерительные приборы), т.е. установить зависимость расхода от уровня жидкости.

3. Измерения могут проводиться при соблюдении следующих условий: наполнение трубы не должно быть более 0,75 и в период измерений должно оставаться постоянным; минимальный диаметр трубопровода 0,3 м, что связано с размерами стандартных гидрометрических вертушек, минимальный диаметр которых равен 0,02 м; средняя скорость движения воды не менее 0,7 м/с; дно трубопровода должно быть чистым.

4. Требования настоящих указаний изложены в соответствии с утвержденными Госстандартом СССР "Правилами измерения расхода жидкости при помощи стандартных водосливов и лотков" (РДП-99-77).

II. ОСНОВЫ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ЕЕ УРОВНЯ И СКОРОСТИ В ОДНОЙ ТОЧКЕ ЖИВОГО СЕЧЕНИЯ

5. Метод определения расхода сточной жидкости по измерению скорости в одной точке основан на установленной зависимости распределения скоростей в живом сечении от основных параметров потока (диаметра трубопровода, его наполнения и коэффициента шероховатости стенок).

6. Для трубопроводов, транспортирующих сточную жидкость, коэффициент шероховатости n принимается постоянным и равным 0,014. Указания по определению диаметра и наполнения приведены в п. 16 и 17.

7. Расход жидкости Q может быть определен двумя способами:

по величине средней скорости потока $v_{ср}$ по формуле

$$Q = v_{ср}\omega, \qquad (1)$$

где ω - площадь живого сечения потока;

по величине максимальной скорости v_{max} по формуле

$$Q = v_{max}\omega N, \qquad (2)$$

где N – безразмерный коэффициент, определяемый по таблице прил.

Второй способ позволяет достичь большей точности, так как при измерении максимальной скорости, находящейся на большем расстоянии от дна лотка чем средняя, существует меньшая вероятность налипания загрязнений на вертушку. Поэтому этот способ является предпочтительным.

Первый способ должен использоваться лишь в тех случаях, когда расстояние максимальной скорости от поверхности воды меньше, чем 1,5 диаметра гидрометрической вертушки.

8. Для исключения трудоемких вычислений составлены таблицы (прил. 1 и 2), позволяющие определять необходимые параметры по результатам измерения диаметра трубопровода и наполнения.

9. Погрешность определения расхода жидкости настоящим методом при измерении максимальной скорости не превышает 5%, при измерении средней скорости – 7%. Для более точного определения погрешности можно пользоваться методикой, изложенной в прил. 3.

III. ТРЕБОВАНИЯ К УЧАСТКУ ТРУБОПРОВОДА НА КОТОРОМ ПРОВОДЯТСЯ ИЗМЕРЕНИЯ

10. Для обеспечения гарантируемой точности измерительный участок трубопровода должен быть прямолинейным с постоянным уклоном и диаметром без боковых присоединений.

Длина участка перед измерительным сечением должна быть не менее 40 Н (Н – глубина наполнения трубопровода), а после него 10 Н.

11. Сечение, в котором устанавливаются приборы для измерения скорости и уровня, должно быть расположено в середине лотка смотрового колодца. В этом сечении и вблизи него не должно быть выступов, закладных деталей и других предметов, вызывающих искажение уровня в результате местных возмущений потока.

IУ. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И УРОВНЯ

I2. Для измерения уровня допускается применять простейшие средства измерения: мерные иглы, крючковые рейки, пьезометрические трубки, водомерные рейки и т.д.

Мерные рейки являются наиболее грубыми средствами измерения. Более точно позволяют измерять уровень мерные иглы. Основной деталью мерной иглы является шток с нанесенными на нем отметками. На штоке укреплена зубчатая планка, соединенная с шестерней и нониусом. Отсчет по нониусу производят в момент касания иглой, прикрепленной к штоку, поверхности жидкости или в момент отрыва иглы от этой поверхности. Плоскостью отсчета является дно лотка.

Более подробное описание средств измерения уровня жидкости содержится в книге Л.В.Лобачева и Ф.А.Шевелева "Измерение расхода жидкостей и газов в системах водоснабжения и канализации" (М.: Стройиздат, 1985).

I3. При постоянных наблюдениях за расходами следует использовать уровнемеры с самопишущими устройствами типа СУВ-М ("валдай").

I4. Для измерения скоростей рекомендуется применять следующие гидрометрические вертушки: для потоков глубиной менее 0,3м - типа Х-6, ГР-96, для потоков глубиной более 0,3 м - ГР-2I М, ГР-99, ГР-55 (ГОСТ I5I26-80).

Тип вертушки	Диаметр лопастного винта мм
Х-6	20
ГР-96	30
ГР-55	70
ГР-99	80
ГР-2I М	I20

I5. Гидрометрические вертушки должны быть в хорошем состоянии, которое поддерживается чисткой после каждого использования и своевременной заменой всех изношенных или поврежденных деталей.

У. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

16. В смотровом колодце на участке трубопровода, выбранном в соответствии с требованиями, изложенными в разд. IV, измерить отметку лотка $H_л$ и отметку поверхности жидкости $H_д$. По разности $(H_д - H_л)$ определить глубину наполнения H.

17. Мерной штангой или стальной рулеткой измерить горизонтальный диаметр лотка не менее чем в трех сечениях. По среднеарифметическому из этих значений принимается диаметр трубопровода Д.

18. Определить относительное наполнение трубопровода H/Д.

19. По таблице (см. прил. I) найти расстояние по вертикали от лотка до местоположения максимальной скорости соответствующее фактическим величинам Д и H/Д.

20. Определить величину $(H - h)$.

21. При $(H - h) < 1,5$ диаметра гидрометрической вертушки расход в соответствии с п. 7 определяется по средней скорости.

Для этого

с помощью таблицы (см. прил. 2) вычислить площадь поперечного сечения потока (ω) и гидравлический радиус R.

определить расстояние по вертикали от лотка до местоположения средней скорости по формуле

$$\psi_{ср} = 0,4R$$

на штанге с мерными делениями укрепить вертушку на высоте $\psi_{ср}$

измерить среднюю скорость $v_{ср}$ на высоте $\psi_{ср}$ от лотка

вычислить Q по формуле (I).

22. При $(H - h) \geq 1,5$ диаметра гидрометрической вертушки расход определить по максимальной скорости.

Для этого:

на штанге с мерными делениями укрепить вертушку на высоте h ;

измерять максимальную скорость v_{max} на высоте h от лотка;

по таблице (см. прил. 1) найти значение N ;

с помощью таблицы (см. прил. 2) вычислить значение ω ;

вычислить Q по формуле (2).

23. Гидрометрическая вертушка должна находиться в каждой выбранной точке измерения не менее 40 с. Измерения скоростей в каждой из указанных точек следует выполнять не менее трех раз. Значение скорости принять как среднеарифметическое этих измерений. При расхождении результатов измерений скорости более чем на 5% измерения повторить.

24. Стабильность расхода в процессе измерений контролируется неизменностью наполнения, которое дополнительно измеряется после измерения скоростей.

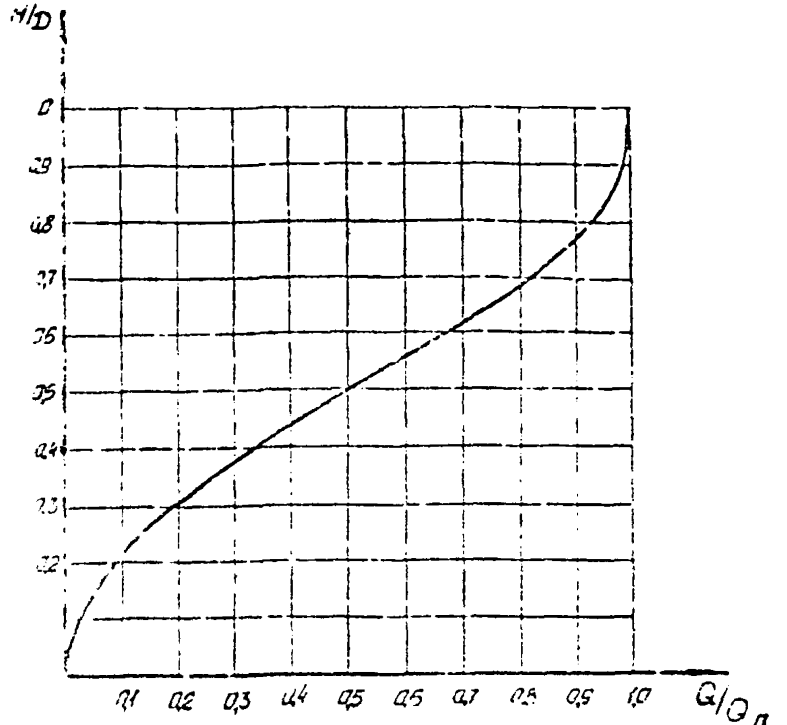
VI. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ГРАДУИРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА

25. Градуировка осуществляется с целью последующего определения расхода по измерению уровня жидкости в трубопроводе. При этом используется известная зависимость $Q/Q_п$ (где $Q_п$ – расход при полном наполнении) от относительного наполнения h/d (рисунок), справедливая для всех используемых в канализации диаметров труб.

26. Для определения по этой зависимости расхода при любом наполнении следует предварительно установить величину $Q_п$, что осуществляется проведением определения расхода Q при каком-либо фиксированном наполнении по методике, изложенной в разд. V.

Далее следует по графику (см. рисунок) установить коэффициент A ($A = Q/Q_п$), соответствующий измеренному наполнению, и определить $Q_п$ по формуле $Q_п = Q/A$.

При установленной для данного трубопровода величине $Q_п$ по графику (см. рисунок) можно определить расход при любом наполнении.



Зависимость расхода
жидкости от ее уровня в канале круглого сечения

Значение $Q_п$ определить как среднеарифметическое при двух-трех измерениях расхода и наполнения.

27. Градуировку измерительного сечения рекомендуется проводить не реже I раза в год. Внеочередная градуировка проводится при изменении условий работы трубопровода.

УП. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНО

28. Производство работ по определению расходов сточной жидкости в системах канализации должно осуществляться в соответствии с действующими "Правилами техники безопасности при эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест" (М.: Стройиздат, 1979. Разд. 4.2-4.3).

29. Перед спуском людей в колодец, где проводятся измерения, необходимо проверить его загазованность лампой ЛБВК.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

значения N и h для трубопроводов круглого сечен

H/Д	Д, мм							
	200		300		400		500	
	N	h, мм	N	h	N	h, мм	N	h, мм
0,I	0,8537	I8	0,8967	I9	0,8563	36	0,8513	45
0,I5	0,848	25	0,857I	39	0,6545	52	0,8609	65
0,2	0,850I	35	0,8549	49	0,8609	66	0,8658	84
0,25	0,8632	39	0,86II	59	0,8656	80	0,8672	I0I
0,3	0,8575	45	0,8632	60	0,8675	92	0,8698	II6
0,35	0,6673	50	0,8658	77	0,87	I04	0,87I8	I3I
0,4	0,8603	57	0,8709	84	0,872I	II4	0,8739	I44
0,45	0,868	59	0,872	9I	0,874I	I23	0,874	I56
0,5	0,872I	63	0,87I5	97	0,8742	I32	0,8749	I67
0,55	0,870I	66	0,8737	I03	0,8743	I40	0,8757	I78
0,6	0,874	69	0,874	I08	0,8753	I47	0,8756	I87
0,65	0,8742	72	0,8738	II2	0,8755	I53	0,8756	I95
0,7	0,8727	75	0,8742	II6	0,8749	I59	0,8726	202
0,75	0,8742	76	0,8739	I20	0,8743	I64	0,8747	209
0,8	0,8723	78	0,8726	I22	0,872	I68	0,8729	215

H/Д	Д, мм									
	600		700		800		900		1000	
	N	h, мм	N	h, мм	N	h, мм	N	h, мм	N	h, мм
0,1	0,8571	54	0,855	64	0,86	73	0,8608	82	0,861	91
0,15	0,8609	79	0,8646	92	0,8651	105	0,8656	119	0,8663	132
0,2	0,8671	101	0,8668	118	0,8679	135	0,869	153	0,873	170
0,25	0,8698	121	0,8703	142	0,8718	163	0,8723	184	0,8703	206
0,3	0,8717	141	0,8723	165	0,873	189	0,8741	214	0,8749	238
0,35	0,873	158	0,8742	186	0,875	213	0,8761	241	0,8767	269
0,4	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
0,5	0,8762	203	0,8773	239	0,8778	275	0,8733	311	0,879	348
0,55	0,877	216	0,8773	254	0,878	292	0,8787	331	0,8791	370
0,6	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
0,7	0,8761	246	0,8756	291	0,8771	335	0,8776	380	0,8779	425
0,75	0,8752	255	0,8756	301	0,8751	347	0,8765	394	0,8769	441
0,8	0,8734	262	0,8739	309	0,8761	357	0,8748	405	0,8753	454

Продолжение прил.I

R/A	l, мм									
	1200		1400		1500		1600		2000	
	N		N	h, мм	N	h, мм	N	h, мм	N	h, мм
0,1	0,8629	115	0,8650	129	0,856	138	0,8663	147	0,8685	185
0,15	0,8685	159	0,8702	186	0,8706	200	0,8715	213	0,8732	268
0,2	0,872	205	0,87301	240	0,874	255	0,8746	275	0,8763	346
0,25	0,8743	248	0,8758	290	0,8762	312	0,8767	333	0,8784	419
0,3	0,8763	288	0,8774	337	0,878	362	0,8784	206	0,8801	487
0,35	0,8778	325	0,8787	381	0,8794	409	0,8798	437	0,8812	550
0,4	0,8788	359	0,8798	422	0,8803	453	0,8806	484	0,882	610
0,45	0,879	391	0,8805	459	0,8809	494	0,881	529	0,8825	666
0,5	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
0,6	0,8799	473	0,8806	557	0,881	593	0,8813	640	0,8824	809
0,65	0,8797	494	0,8802	584	0,8805	628	0,8808	672	0,8818	850
0,7	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
0,8	0,8759	552	0,8765	651	0,8767	701	0,877	751	0,8779	952

Относительные значения $\bar{\omega}$ и $\bar{R}$
для трубопровода круглого сечения
($\omega = \bar{\omega} Д^2$; $R = \bar{R} Д$)

h/Д	$\bar{\omega}$	$\bar{R}$
0,1	0,04088	0,0635
0,15	0,07388	0,0929
0,2	0,1118	0,1206
0,25	0,1536	0,1466
0,3	0,1982	0,1709
0,35	0,245	0,1935
0,4	0,2934	0,2142
0,45	0,3428	0,2331
0,5	0,3927	0,25
0,55	0,4426	0,2649
0,6	0,492	0,2776
0,65	0,5404	0,2881
0,7	0,5872	0,2962
0,75	0,6319	0,3017
0,8	0,7636	0,3042
0,85	0,7115	0,3039
0,9	0,7445	0,298
0,95	0,7707	0,2865
1	0 7854	0,25

Приложение 3

Нахождение погрешности определения расхода

1. Средняя квадратическая погрешность определения расхода вычисляется по формуле

$$\frac{\sigma_Q}{Q} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_\omega}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_H}{U}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{y_1}}{y}\right)^2 + \left(\frac{du}{dy}\sigma_{y_2}\right)^2 + \left(\frac{du}{dx}\sigma_x\right)^2},$$

где σ_ω, σ_H, σ_{y_1}, σ_{y_2}, σ_x - средняя квадратическая погрешность соответственно определения площади живого сечения, измерений скорости, определения точки измерения, установки измерителя скорости, установления местоположения центральной вертикальной оси; $\frac{du}{dy}$, $\frac{du}{dx}$ - безразмерный градиент скорости соответственно по вертикали и по горизонтали.

Учитывая, что $\omega = f(H/Д, Д)$, можно записать:

$$\frac{\sigma_\omega}{\omega} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2 + 3\left(\frac{\sigma_д}{Д}\right)^2},$$

где σ_H, $\sigma_д$ - средняя квадратическая погрешность измерения соответственно наполнения и диаметра трубы.

2. При определении расхода по измерению V_{max} средняя квадратическая относительная погрешность определения расхода вычисляется по формуле

$$\frac{\sigma_Q}{Q} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_v}{V}\right)^2 + 2\left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2 + 5\left(\frac{\sigma_д}{Д}\right)^2 + \frac{10{,}5}{R} i \left(\sigma_{y_2}\right)^2},$$

где i - гидравлический уклон трубопровода.

3. При определении расхода по измерению $v_{ср}$ средняя квадратическая относительная погрешность измерений расхода вычисляется по формуле

$$\frac{\sigma_Q}{Q} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{v_{max}}}{v_{max}}\right)^2 + 3\left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2 + 5\left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2}$$

4. Если для измерения скорости используют гидрометрическую вертушку с погрешностью $\sigma_v = 0{,}02$, а для измерения наполнения - мерную иглу с погрешностью $\sigma_H = 0{,}015\text{–}0{,}02$, то в зависимости от расхода относительная погрешность определения расхода в трубопроводах диаметром от 200 до 2000 мм при измерении средней скорости составляет 0,04-0,07, а при измерении максимальной скорости 0,03–0,005.

gost.e-ecolog.ru