

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

Утверждено  
приказом Министерства жилищно-  
коммунального хозяйства РСФСР  
23 марта 1987 г. № 122

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСХОДОВ СТОИЧНОЙ ЖЕЛТОСТИ  
В БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ.

Отдел научно-технической информации АКУ  
Москва 1987

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.Колесков и В.А.Казарян, инж. М.В.Мкртчян) при участии треста Мосочиствод (инженеры В.Б.Иванов и Л.Ф.Скрибин) и НИИ ВОДТЕС (канд. техн. наук Н.В.Носачев) в согласовании с Казанским филиалом ВНИИ СТРИ. Предназначены для организаций, занимавшихся эксплуатацией и наладкой систем канализации.

Замечания и предложения по указаниям просьба направлять по адресу: 123371, Москва, Волоколамское шоссе, 57. НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды АКХ им. К.Д.Памфилова.

---

В настоящее время основным устройством, применяемым для измерения расходов сточной жидкости, является лотки Вентури и Паршалля. 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 натуральных 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 Мосочиствод и в Зодоканалах Новосибирска и Еревана.

## **1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

1. 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 утвержденным Госстандартом СССР "Правилами измерения расхода жидкости при помощи стандартных водосливов в лотках" (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  $\lambda$  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  $v_{cp}$  по формуле

$$Q = v_{cp} \omega, \quad (I)$$

где  $\omega$  - площадь живого сечения потока;

по величине максимальной скорости  $v_{max}$  по формуле

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

где  $M$  — безразмерный коэффициент, определяемый по таблице прил.

Второй способ позволяет достичь большей точности, так как при измерении максимальной скорости, находясь 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 лотка меньше, чем 1,5 диаметра гидрометрической вертушки.

8. Для исключенных 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 ПРОВОДИТСЯ ИЗМЕРЕНИЕ

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 устанавливается прибор 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.

#### IV. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И УРОВНЯ

12. 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 измерить уровень мерные иглы. Основной деталью мерной иглы является шток с нанесенными на нем отметками. На штоке укреплена зубчатая планка, соединенная с иглой и нониусом. Отсчет по нониусу производится в момент касания иглой, прикрепленной к штоку, поверхности жидкости или в момент отрыва иглы от этой поверхности. Нулевая отметка является дно лотка.

Более подробное описание средств измерения уровня и дна содержится в книге Н.В.Мобачева и Ф.А.Шевелева "Измерение расхода жидкостей и газов в системах водоснабжения и канализации" (М.: Строиниздат, 1985).

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

14. Для измерения скоростей рекомендуется применять следующие гидрометрические вертушки: для потоков глубиной менее 0,3 м - типа Х-6, ГР-96, для потоков глубиной более 0,3 м - ГР-21 М, ГР-99, ГР-55 (ГОСТ 15126-80).

Тип вертушки

Диаметр  
лопастного винта мм

|                   |     |
|-------------------|-----|
| Х-6 . . . . .     | 20  |
| ГР-96 . . . . .   | 30  |
| ГР-55 . . . . .   | 70  |
| ГР-99 . . . . .   | 80  |
| ГР-21 М . . . . . | 120 |

15. 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 колоде на участке трубопровода, выбранном в соответствии с требованиями, изложенными в разд. III, измерять отметку лотка  $H_p$  и отметку поверхности жидкости  $H_d$ . По разности  $(H_p - H_d)$  определить высоту 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  $D$ .

18. Определить относительное наклонение трубопровода  $H/D$ .

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

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  $\omega$  и гидравлический радиус  $R$ .

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

$$y_{cp} = 0,411$$

на штанге с мерными делениями закрепить вертушку на высоте  $y_{cp}$

измерить среднюю скорость  $v_{cp}$  на высоте  $y_{cp}$  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 закрепить вертушку на высоте  $h$  ;

измерить максимальную скорость  $U_{max}$  на высоте  $h$  от лотка;

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

с помощью таблицы (см. прил. 2) вычислить значение  $\omega$  ;  
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 среднееарифметическое 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.

## II. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ТРАДИРОВКИ НЕПРЕРЫВНОГО СЕЧЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА

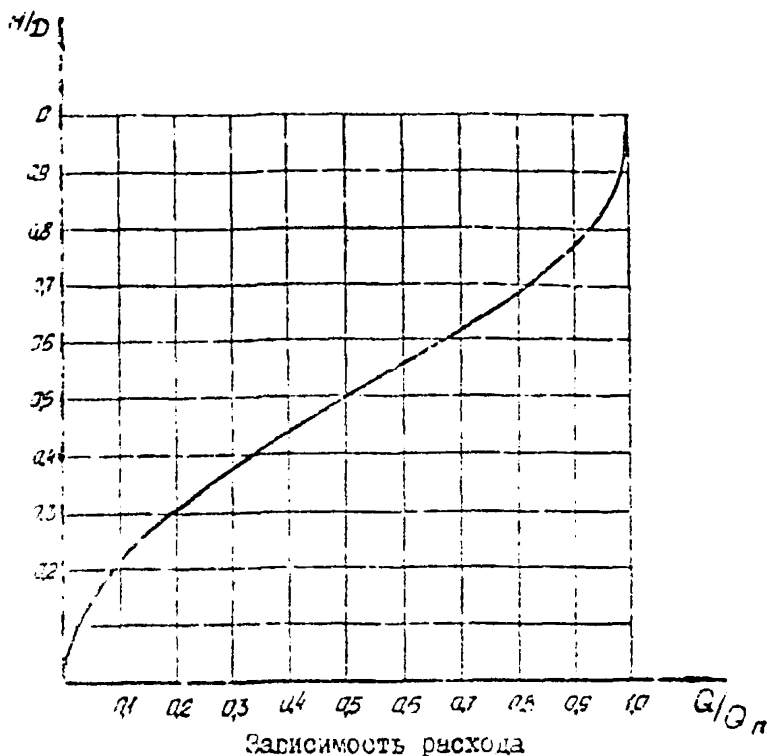
25. Традировка осуществляется с целью последующего определения расхода по измерениям уровня жидкости в трубопроводе. При этом используется известная зависимость  $Q/Q_{\Pi}$  (где  $Q_{\Pi}$  — расход при полном наполнении) от относительного наполнения  $H/H_{\Pi}$  (рисунки), справедливая для всех используемых в канализации диаметров труб.

26. Для определения по этой зависимости расхода при любом наполнении следует предварительно установить величину  $Q_{\Pi}$ , 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  $\lambda$  ( $\lambda = Q/Q_{\Pi}$ ), соответствующий измеренному наполнению, и определить  $Q_{\Pi}$  по формуле  $Q_{\Pi} = Q/\lambda$ .

При установленной для данного трубопровода величине  $Q_{\Pi}$  по графику (см. рисунок) можно определить расход при любом наполнении.





Зависимость расхода  
жидкости от ее уровня в канале круглого сечения

Значение  $Q_n$  определять как среднеарифметическое при двух-трех измерениях расхода и наполнения.

27. Градуировку измерительного сечения рекомендуется проводить не реже 1 раза в год. Внеочередная градуировка проводится при изменении условий работы трубопровода.

## III. 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 проводится измерение, необходимо проверить его загазованность лампой ЛБВК.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение I

значения  $N$  и  $h$  для трубопроводов круглого сечения

| Н/Д  | Д, мм  |          |        |     |        |          |        |          |
|------|--------|----------|--------|-----|--------|----------|--------|----------|
|      | 200    |          | 300    |     | 400    |          | 500    |          |
|      | $N$    | $h$ , мм | $N$    | $h$ | $N$    | $h$ , мм | $N$    | $h$ , мм |
| 0,1  | 0,8537 | 18       | 0,8567 | 19  | 0,8563 | 36       | 0,8513 | 45       |
| 0,15 | 0,848  | 25       | 0,8571 | 39  | 0,8545 | 52       | 0,8609 | 65       |
| 0,2  | 0,8501 | 35       | 0,8543 | 49  | 0,8608 | 66       | 0,8658 | 84       |
| 0,25 | 0,8632 | 39       | 0,8611 | 59  | 0,8658 | 80       | 0,8672 | 101      |
| 0,3  | 0,8575 | 45       | 0,8632 | 60  | 0,8675 | 92       | 0,8698 | 116      |
| 0,35 | 0,8673 | 50       | 0,8658 | 77  | 0,87   | 104      | 0,8718 | 131      |
| 0,4  | 0,8603 | 57       | 0,8709 | 84  | 0,8721 | 114      | 0,8739 | 144      |
| 0,45 | 0,868  | 59       | 0,872  | 91  | 0,8741 | 123      | 0,874  | 156      |
| 0,5  | 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      |
| 0,6  | 0,874  | 69       | 0,874  | 106 | 0,8753 | 147      | 0,8756 | 187      |
| 0,65 | 0,8742 | 72       | 0,8738 | 112 | 0,8755 | 153      | 0,8756 | 195      |
| 0,7  | 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      |
| 0,8  | 0,8723 | 78       | 0,8725 | 122 | 0,872  | 168      | 0,8729 | 215      |

продолжение прил. I

| H/II | II, 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 | 426   |
| 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   |

| h/Δ  | L, мм  |       |         |       |        |       |        |       |        |       |
|------|--------|-------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|      | 1200   |       | 1400    |       | 1500   |       | 1600   |       | 2000   |       |
|      | N      | h, мм | N       | h, мм | N      | h, мм | N      | h, мм | N      | h, мм |
| 0,1  | 0,8629 | 115   | 0,8650  | 129   | 0,866  | 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   | 0,87307 | 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 | 406   | 0,8801 | 487   |
| 0,35 | 0,8778 | 325   | 0,8777  | 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   | 0,8755  | 651   | 0,8767 | 701   | 0,877  | 751   | 0,8779 | 952   |

## П р и л о ж е н и е 2

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

| $H/D$ | $\bar{\omega}$ | $\bar{R}$ |
|-------|----------------|-----------|
| 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          | 0,1955    |
| 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         | 0,3089    |
| 0,9   | 0,7445         | 0,298     |
| 0,95  | 0,7707         | 0,2865    |
| 1     | 0,7854         | 0,25      |

## П р и л о ж е н и е 3

### Нахождение погрешности определения расхода

1. Средняя квадратическая погрешность определения расхода вычисляется по формуле

$$\frac{\delta Q}{Q} = \sqrt{\left(\frac{\delta \omega}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{\delta n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\delta y_1}{y}\right)^2 + \left(\frac{du}{dy} \delta y_2\right)^2 + \left(\frac{du}{dx} \delta x\right)^2},$$

где  $\delta \omega$ ,  $\delta n$ ,  $\delta y_1$ ,  $\delta y_2$ ,  $\delta x$  - 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  $\omega = f(N/D, D)$ , можно записать:

$$\frac{\delta \omega}{\omega} = \sqrt{\left(\frac{\delta n}{n}\right)^2 + 3\left(\frac{\delta d}{d}\right)^2},$$

где  $\delta n$ ,  $\delta d$  - средняя квадратическая погрешность измерения соответственно наполнения и диаметра трубы.

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

$$\frac{\delta Q}{Q} = \sqrt{\left(\frac{\delta v}{v}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta n}{n}\right)^2 + 5\left(\frac{\delta d}{d}\right)^2 + \frac{10.5 l}{R} (\delta y_2)^2},$$

где  $l$  - гидравлический уклон трубопровода.

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

$$\frac{\delta Q}{Q} = \sqrt{\left(\frac{\delta V_{\text{max}}}{V_{\text{max}}}\right)^2 + 3\left(\frac{\delta H}{H}\right)^2 + 5\left(\frac{\delta d}{d}\right)^2}$$

4. Если для измерения скорости используют гидрометрическую вертушку с погрешностью  $\delta_v = 0,02$ , а для измерения наполнения - мерную иглу с погрешностью  $\delta_H = 0,015-0,02$ , 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.