

РАСЧЕТНЫЙ УКЛОН

или Читаем СНиП 2.04.01-85*... (Часть вторая)

Разговор в настоящей статье пойдет о расчетных уклонах отводящих трубопроводов систем внутренней канализации зданий и сооружений, и зачем они нужны.

Как не странно, тема эта очень большая и, что удивительно, очень трудная для понимания большинством наших специалистов-проектировщиков ВК (ВиВ). А подтолкнуло нас к написанию этой статьи то обстоятельство, что даже в некоторых строительных университетах преподавательский состав практически не дает информации и знаний студентам (будущим проектировщикам ВК) о режимах самоочищения отводящих трубопроводов. И такое положение вещей сложилось давно, так как не только проектировщики ВК (понятно – их не учили), но и специалисты в органах государственной экспертизы не уделяют должного внимания этому вопросу!

В результате сложилась крайне негативная ситуация: по статистике, которую приводил А.Я. Добромыслов, у 90% всех жилых зданий на территории бывшего Союза регулярно в подвалы сливается сточная жидкость при ликвидации засоров на отводящих трубопроводах!

Засоры – это бич канализационных сетей! Тем более странно, что мы ничего не делаем – дабы изменить эту ситуацию! Проверить это очень просто, ответьте на вопрос, а с каким уклоном Вы проектируете выпуски? Большинство, не задумываясь, ответят – 0,02! И только единицы скажут: уклон должен быть расчетным!

Итак, есть СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий», а в нем п. 18.2: «Расчет канализационных трубопроводов следует производить, назначая скорость движения жидкости V , м/с, и наполнение H/d таким образом, чтобы было выполнено условие

$$V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K, \quad (33)$$

здесь $K=0,5$ – для трубопроводов из пластмассовых и стеклянных труб;
 $K=0,6$ – для трубопроводов из других материалов.

При этом скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение трубопроводов – не менее 0,3.

В тех случаях, когда выполнить условие (33) не представляется возможным из-за недостаточной величины расхода бытовых сточных вод, безрасчетные участки трубопроводов диаметром 40-50 мм следует прокладывать с уклоном 0,03, а диаметром 85 и 100 мм – с уклоном 0,02...»

Согласен, написан этот пункт не очень понятно. Что же подразумевает «Расчет канализационных трубопроводов...» – давайте разбираться вместе!

Прежде всего, надо определиться: что же является причиной засоров на отводящих канализационных трубопроводах?

Примечание: Засоры в системах канализации практически всегда происходят на отводящих участках трубопроводов (не только на выпусках, но и на отступах)! На стояках засоры бывают, но крайне редко. По словам А.Я. Добромysłова, за весь период его работы в нашей специальности, а это с 1964 по 2007 годы, он сталкивался с засорами на канализационных стояках всего ТРИ раза!

Засоры канализационных трубопроводов беспокоили инженеров всегда. Во второй половине прошлого века на протяжении двух лет проводились исследования по определению причин, приводящих к засорам. Для нас очень важен результат этих исследований, а именно: **«К засорам на отводящих трубопроводах канализации приводят посторонние предметы, которые не являются составляющими сточной жидкости!»**

Другими словами, это может быть все – что угодно: строительный и бытовой мусор, пищевые отходы (помните, были такие «американские мясорубки», которые устанавливались вместо слива в кухонную мойку); на чугунных трубах, так как они не являются гидравлически гладкими, к засорам приводят изделия личной гигиены из ваты или подобных волокнистых материалов.

Задача нам ясна: необходимо удалить, или правильнее сказать – транспортировать по трубопроводной системе какой-то предмет, попавший в систему канализации.

Давайте будем считать, что наш трубопровод - есть транспортная система (коей он и является). Теперь представим, что в нашу транспортную систему (трубу) попал какой-то предмет. Это наш «пассажир»! Этому пассажира мы должны перевезти из точки «А» в точку «Б». Для этого нам нужен «транспорт» – это сточная жидкость (вода). Далее наш «пассажир» должен поместиться в нашем «транспортном средстве» (в воде), а это возможно только при каком-то наполнении трубопровода – (H/d)! Вот мы и дошли до первого необходимого параметра, указанного в СНиПе. Помещение «предмета» в воду подразумевает воздействие на этот предмет «Архимедовой силы». По закону Архимеда: любое тело, помещенное в жидкость, теряет в весе ровно столько – сколько весит вытесненная этим телом вода! Т.е. любой предмет в воде становится легче, тем проще этот предмет оторвать от дна. Далее, чтобы наш «пассажир» двигался, должно двигаться наше «транспортное средство», т.е. вода должна течь. Течение воды характеризуется скоростью течения – (V)! Имеем второй параметр, указанный в СНиПе.

Примечание: Почему наложено ограничение: *скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с*. При скорости $V = 0,7$ м/с, по лотку трубы начинает двигаться песок – труба не заливается (эту скорость часто называют «скоростью самоочистения»!).

Так как канализация система самотечная, то вода будет течь только в одном случае, если труба имеет уклон – (i). Таким образом, мы получили три параметра (i), (H/d) и (V), которые неразрывно связаны между собой! Понятно, что чем больше уклон трубы (i), тем больше скорость течения воды (V) и тем меньше наполнение трубопровода (H/d). Верно и обратное: чем меньше уклон трубы (i), тем меньше скорость течения воды (V) и тем больше наполнение трубопровода (H/d).

Примечание: При безрасчетном увеличении уклона мы можем получить т.н. «сухое течение», при котором вода с большой скоростью течет по лотку трубы при наполнении практически равным нулю.

Все, что было описано выше, сделано для наглядного понимания необходимости определения расчетного уклона трубопровода! Далее мы приведем методику расчета. ***Если она покажется сложной, не надо пугаться, просто пропустите эти вычисления и читайте дальше.*** Для определения расчетного уклона можно также пользоваться «Таблицами для гидравлических расчетов безнапорных трубопроводов» под редакцией А.Я. Добрымислова. Как ими пользоваться, мы расскажем после методики определения расчетного уклона трубопровода.

Расчет безнапорных трубопроводов.

1. Уклон безнапорных самотечных трубопроводов следует определять по формуле:

$$i = \frac{\lambda V^2}{2g4R}; \text{ где}$$

λ – коэффициент сопротивления по длине трубопровода,

V – скорость течения сточной жидкости, м/с,

g – ускорение свободного падения равное 9,81 м/с²,

$R = \frac{\omega}{\chi}$ – гидравлический радиус, м, где:

ω – площадь живого сечения потока сточной жидкости, м²,

χ – смоченный периметр трубопровода, м.

2. Коэффициент сопротивления по длине трубопровода можно определить по формуле:

$$\lambda = 0,2 \left(\frac{K_s}{4R} \right)^a \left(\frac{V_0}{V} \right)^{2-b}; \text{ где}$$

K_s – коэффициент эквивалентной равномерно зернистой шероховатости («гидравлическая шероховатость») труб, равный для пластмассовых труб 0,00002 м,

Примечание: Все пластмассовые трубы являются «гидравлически гладкими». Внутренняя поверхность труб имеет определенную шероховатость (выступы и впадины), присущую материалу, из которого произведена труба и методов его обработки. При турбулентном движении воды по трубе на поверхности трубы образуется ламинарный пограничный слой. Если «выступы» на поверхности трубы не выходят за пределы пограничного слоя – такие трубы называются гидравлически гладкими!

$$V_0 = 1 \text{ м/с,}$$

a – показатель степени, зависящий от шероховатости материала труб, для пластмассовых труб равен 0,258,

b – показатель степени, зависящий от режима (характера) течения жидкости.

При полном наполнении трубопровода:

$$b = 3 - \frac{\lg \text{Re}_{\kappa\epsilon}}{\lg \text{Re}_{\phi}} = 3 - \frac{\lg \frac{500D}{K_3}}{\lg \frac{V_n D}{\nu}}$$

При неполном наполнении трубопровода:

$$b = 3 - \frac{\lg \frac{500 \times 4R_n}{K_3}}{\frac{1+a}{2} \lg \frac{R_n}{R_n} + \lg \frac{V 4R_n}{\nu}}$$

где $\text{Re}_{\kappa\epsilon} = \frac{500D}{K_3}$ – число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области

гидравлических сопротивлений,

$$\text{Re}_{\phi} = \frac{VD}{\nu} \text{ – фактическое число Рейнольдса,}$$

D – расчетный внутренний диаметр трубопровода, м,

ν – кинематическая вязкость сточной жидкости, равная $1,49 \times 10^{-6}$, м²/с,

Примечание: При $b > 2$ следует принимать $b = 2$.

3 Средняя скорость течения сточной жидкости V_n при неполном наполнении трубопровода равна:

$$V_n = V_n \left(\frac{R_n}{R_n} \right)^{\frac{1+a}{b}} = V_n \left(\frac{R_n}{R_n} \right)^{\frac{1,258}{b}}, \text{ где}$$

Примечание: Закономерность изменения средних скоростей течения жидкости по сечению безнапорных трубопроводов (каналов) любых форм поперечных сечений была получена А.Я. Добромисловым в виде:

$$\left(\frac{V_n}{V_n} \right)^b = \left(\frac{R_n}{R_n} \right)^{1+a}$$

Анализ многочисленных расчетных формул, в том числе и формулы СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения», с использованием написанной выше формулы показывает, что в их основе лежит так называемый квадратичный закон гидравлического сопротивления, когда сопротивление пропорционально скорости в степени 2 (т.е. $b = 2$). Поэтому в переходной области сопротивлений, когда $b < 2$, эти формулы не дают достоверного результата!

V_n – средняя скорость течения сточной жидкости при полном наполнении, м/с,

$$R_n = \frac{\omega_n}{\chi_n} = \frac{\pi R^2}{2\pi R} = \frac{R}{2} = \frac{D}{4} \text{ – гидравлический радиус при полном («п») заполнении трубопровода, м,}$$

$$R_n = \frac{\omega_n}{\chi_n} = \frac{D^2(\beta - \sin\beta)}{8} \cdot \frac{\beta \frac{D}{2} \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin\beta}{\beta}\right)}{\beta \frac{D}{2}} = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin\beta}{\beta}\right) \text{ – гидравлический радиус при неполном}$$

(«н») заполнении трубопровода, м,

β – центральный угол, рад,

Тогда имеем:

$$\frac{R_n}{R_n} = \frac{\frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\beta} \right)}{\frac{D}{4}} = 1 - \frac{\sin \beta}{\beta}$$

Примечание: Отношение гидравлических радиусов при полном и неполном заполнении трубопровода не зависит от диаметра трубы, т.е. величина одинаковая для труб разного диаметра!

4 Расход жидкости, м³/с, равен:

$$Q_n = V_n \omega_n; \text{ где}$$

V_n – средняя скорость течения сточной жидкости при неполном наполнении трубопровода, м/с,

ω_n – площадь живого сечения сточной жидкости при неполном наполнении трубопровода, м².

ПРИМЕР: Необходимо определить минимальный расход сточной жидкости (Q_{\min}), при котором труба из ПВХ диаметром 110 мм и толщиной стенки 3,2 мм будем иметь расчетный уклон (i), равный 0,02.

Дано: $D = 0,11 - 0,0032 \times 2 = 0,1036$ м; $h/D = 0,3$ (из условия п.18.2 СНиП 2.04.01-85*); $i = 0,02$.

Решение:

При известных значениях диаметра и уклона самотечного трубопровода скорость течения сточной жидкости V_n при его полном наполнении определяется следующим образом:

$$i = \frac{\lambda V_n^2}{2g4R} = \frac{\lambda_1 V_n^b}{2gD};$$

Определяем коэффициент λ_1 :

$$\lambda_1 = 0,2 \left(\frac{K_s}{4R_n} \right)^a = 0,2 \left(\frac{K_s}{D} \right)^a = 0,2 \times \left(\frac{0,00002}{0,1036} \right)^{0,258} = 0,022$$

Далее определяем параметр:

$$V_n^b = \frac{2gDi}{\lambda_1} = \frac{2 \times 9,81 \times 0,1036 \times 0,02}{0,022} = 1,848 \text{ м/с,}$$

Среднюю скорость движения жидкости V_n и показатель степени b обычными вычислениями определить нельзя, поэтому воспользуемся методом последовательных итераций.

Будем считать, что течение сточной жидкости имеет квадратичный характер, следовательно – гидравлическое сопротивление пропорционально квадрату скорости. Исходя из этого допущения, примем $b = 2$. Тогда средняя скорость жидкости будет равна:

$$V_n = \sqrt{1,848} = 1,359 \text{ м/с.}$$

Для проверки подставим полученное значение средней скорости жидкости в формулу для определения показателя степени b .

$$b = 3 - \frac{\lg \frac{500D}{K_s}}{\lg \frac{V_n D}{\nu}} = 3 - \frac{\lg \frac{500 \times 0,1036}{0,00002}}{\lg \frac{1,359 \times 0,1036}{1,49 \times 10^{-6}}} = 1,711$$

Проверим значение: $V_n^b = 1,359^{1,711} = 1,69$ и сравним с ранее полученным: $V_n^b = 1,848$.

Очевидно, что они не равны!

Далее, увеличивая численное значение средней скорости с каким-либо произвольным шагом, вычисляем текущее значение показателя степени b и сравниваем результат вычисления параметра V_n^b с ранее полученным. Для нашего случая, он должен быть равен 1,848.

Опуская ряд итераций, принимаем значение средней скорости равным 1,43 м/с. Тогда:

$$b = 3 - \frac{\lg \frac{500D}{K_s}}{\lg \frac{V_n D}{\nu}} = 3 - \frac{\lg \frac{500 \times 0,1036}{0,00002}}{\lg \frac{1,43 \times 0,1036}{1,49 \times 10^{-6}}} = 1,717$$

Проводим проверку: $V_n^b = 1,43^{1,717} = 1,848$. Значения равны!

Для расчета принимаем: $V_n = 1,43$ м/с, $b = 1,717$; и переходим к дальнейшим вычислениям.

Определяем среднюю скорость течения сточной жидкости при наполнении, указанном в задаче:

$$V_{0,3} = V_n \left(\frac{R_{0,3}}{R_n} \right)^{\frac{1+a}{b}} = V_n \left(1 - \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^{\frac{1,258}{1,717}} = 1,43 \times \left(1 - \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^{0,733}$$

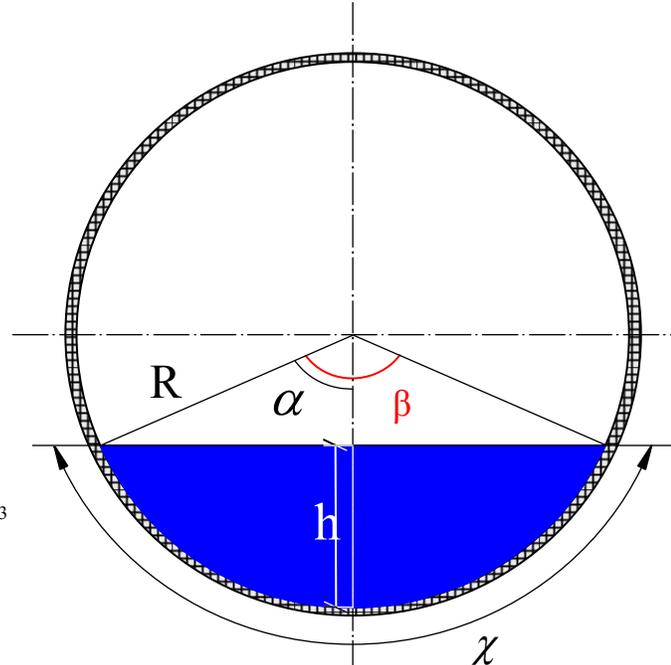


Рис.1

Необходимо определить центральный угол – β (см. рис. 1), соответствующий наполнению $h/D = 0,3$. Из курса геометрии имеем:

$$\frac{h}{D} = \frac{1 - \cos \alpha}{2},$$

выразим из этого выражения значения угла:

$$\alpha = \text{Arc cos} \left(1 - 2 \frac{h}{D} \right) = \text{Arc cos} (1 - 2 \times 0,3) = 66,422 \text{ град.}$$

$$\beta = 2\alpha \frac{\pi}{180^0} = 2,319 \text{ радиан.}$$

Подставим это значение в нашу формулу и получим:

$$V_{0,3} = 1,43 \times \left(1 - \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^{0,733} = 1,43 \times \left(1 - \frac{\sin(2,319)}{2,319} \right)^{0,733} = 1,08 \text{ м/с.}$$

Расход сточной жидкости определяем по формуле:

$$Q_{\min} = Q_{0,3} = V_{0,3} \omega_{0,3} = V_{0,3} \frac{D^2 (\beta - \sin \beta)}{8} = 1,08 \times \frac{0,1036^2 \times (2,319 - \sin(2,319))}{8} = 0,0023 \text{ м}^3/\text{с} \text{ или } 2,3 \text{ л/с.}$$

ОТВЕТ: $Q_{\min} = Q_{0,3} = 2,3$ л/с (при этом: $V_{0,3} = 1,08$ м/с).

Проверим, выполнено ли условие (33), приведенное в п.18.2 СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий»:

$$V \sqrt{h/D} = 1,08 \times \sqrt{0,3} = 0,59 \geq 0,5 - \text{условие выполнено!}$$

ВЫВОД: Для того чтобы труба из ПВХ диаметром 110мм и толщиной стенки 3,2мм имела расчетный уклон $i = 0,02$, расход сточной жидкости должен быть не меньше 2,3 л/с!

Примечание: На данном примере была приведена методика расчета средних скоростей сточной жидкости и расходов в зависимости от уклона и наполнения трубопровода определенного диаметра! Результаты вычислений были сделаны А.Я. Добромисловым и помещены в «Таблицы для гидравлических расчетов безнапорных трубопроводов».

Возникает вопрос: расход сточной жидкости (вычисленный нами: $Q_{\min} = 2,3$ л/с) – это много или мало?

Пример по определению расхода сточной жидкости, рассмотренный нами ранее, не характерен для проектирования систем канализации, т.к. прежде всего мы определяем расчетные расходы, и только после этого должны определить расчетный уклон выпуска!

Давайте рассмотрим следующий пример по определению расчетного расхода сточных вод для жилых 9-ти и 25-ти этажных домов. Каждый жилой дом имеет по 4-е квартиры на этаже, с централизованным горячим водоснабжением, оборудованный ваннами длиной 1500÷1700 мм, мойками, умывальниками и унитазами со сливными бачками вместимостью 6,5 литров. Средняя заселенность квартиры составляет 3,5 человека.

Необходимо определить расчетный расход в секционном выпуске, объединяющий четыре канализационных стояка. Длину секционного выпуска примем равной $L = 10$ м.

Решение:

1. Расчетный расход сточных вод для отводных трубопроводов (выпусков) определяется по формуле:

$$q_{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^s; \text{ где}$$

q_{hr}^{tot} – расчетный часовой расход воды на расчетном участке, м³/ч,

3,6 – переводной коэффициент м³/ч в л/с ($\frac{м^3}{ч} = \frac{1000}{3600} \cdot \frac{л}{с} = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{л}{с}$),

q_0^s – расход стоков, л/с, от прибора с максимальной емкостью, установленного на расчетном участке сети (для жилья обычно принимается равным стоку от ванны длиной 1500÷1700 мм – 1,1 л/с),

K_s – коэффициент, принимаемый по таблице, в зависимости от числа установленных на расчетном участке санитарно-технических приборов N и длины отводящего трубопровода L , м.

Примечание: Методика определения расчетных расходов, учитывающая ёмкость отводящих трубопроводов, приведена либо в СП 40-107-2003 «Проектирование, монтаж и эксплуатация систем внутренней канализации из полипропиленовых труб», либо в Стандарте СантехНИИпроекта «Внутренний водопровод и канализация зданий», 2006г.

Из Таблицы «Расчетные удельные средние за год суточные расходы воды (стоков) для жилых зданий в I и II климатических районах» или Приложения 3 «Нормы расхода воды потребителями» СНиП 2.04.01-85* принимаем для нашего здания расход воды равный 250 литрам **в сутки наибольшего водопотребления** на одного жителя.

Примечание: В последнее время очень много говорят о завышении установленных норм (250 л на человека в сутки), опираясь на данные поквартирных водосчетчиков, причем в доказательство своей правоты приводят среднемесячные показания расходов воды! Но, например, каждый водитель знает, что при разгоне автомобиля расход составляет 30л на 100км, а средний расход за поездку – всего-лишь 10,5л на 100км! По статистическим данным Мосводоканала максимальные суточные расходы приходится на 31 августа и 31 декабря.

2. Средний удельный часовой расход воды на одного потребителя равен:

$$q_u^{tot} = \frac{250}{24} = 10,4 \text{ л,}$$

(делим на 24 часа, так как в жилье можем пользоваться водой круглосуточно),

3. Число приборов в секции здания:

$$N_{9\text{эт}}^{tot} = N_{1кв}^{np} \times K_{\text{эт}} \times K_{1\text{эт}}^{кв} = 4 \times 9 \times 4 = 144$$

$$N_{25\text{эт}}^{tot} = N_{1кв}^{np} \times K_{\text{эт}} \times K_{1\text{эт}}^{кв} = 4 \times 25 \times 4 = 400$$

4. Средний удельный часовой расход воды отнесенный к одному прибору, определяется по формуле:

$$q_n^{tot} = \frac{q_u^{tot} U}{N_{9\text{эт}}^{tot}} = \frac{10,4 \times 126}{144} = \frac{1310,4}{144} = 9,1 \text{ л/ч, где}$$

$$U = K_{\text{эт}} \times K_{1\text{эт}}^{кв} \times U_{\text{ном}}^{1кв} = 9 \times 4 \times 3,5 = 126 \text{ потребителей.}$$

q_n^{tot} – для 9-ти и 25-ти этажных домов равны!

5. Из Таблицы: «Расчетные расходы горячей/общей и холодной воды секундные, л/с, и часовые, м³/ч, в зависимости от удельных расходов, л/ч, и числа приборов N (обеспеченность расходов 0,997 в час максимального водопотребления)» получаем следующие значения расходов воды:

$$N_{9\text{эт}}^{tot} = 144 \text{ и } q_n^{tot} = 9,1 \text{ л/ч: находим } q_{hr}^{tot} = 4,26 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$N_{25\text{эт}}^{tot} = 400 \text{ и } q_n^{tot} = 9,1 \text{ л/ч: находим } q_{hr}^{tot} = 9,84 \text{ м}^3/\text{ч}$$

6. Из Таблицы: «Значения K_s в зависимости от числа приборов N и длины отводного трубопровода L » СП 40-107-2003 определяем численное значение K_s :

$$N_{9\text{эт}}^{tot} = 144 \text{ и } L = 10 \text{ м: находим } K_s = 0,593$$

$$N_{25\text{эт}}^{tot} = 400 \text{ и } L = 10 \text{ м: находим } K_s = 0,785$$

$$\text{Для 9-ти этажного дома: } q_{sl} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^s = \frac{4,26}{3,6} + 0,593 \times 1,1 = 1,84 \text{ л/с}$$

$$\text{Для 25-ти этажного дома: } q_{sl} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^s = \frac{9,84}{3,6} + 0,785 \times 1,1 = 3,60 \text{ л/с}$$

ОТВЕТ: Максимальный расчетный уклон для 9-ти этажного дома будет равен: $i = 0,014$;
при этом: $h/D = 0,3$ и $V = 0,87$ м/с!

Если мы примем для нашего отводящего трубопровода (выпуска) полученный максимальный расчетный уклон $i = 0,014$, определенный из условия «расход воды в сутки наибольшего водопотребления», то этот расход ($q_{sl} = 1,84$ л/с) мы будем иметь в нашем выпуске только **ПЯТЬ минут в год!** В связи с этим А.Я. Добромыслов рекомендовал выбирать уклон отводящего трубопровода меньше максимального расчетного, чтобы режимы самоочищения возникали чаще! Естественно, при выборе нового расчетного уклона (меньше максимального) необходимо определять наполнение и скорость для этого уклона. Если для нашего выпуска примем уклон $i = 0,01$, тогда получим: $h/D = 0,33$ и $V = 0,759$ м/с.

Примечание: Давайте вспомним, какой вопрос мы задавали в начале статьи? Мы считали минимальный расход сточных вод, при котором уклон отводящего трубопровода $i = 0,02$ – является расчетным, и получили величину $Q_{\min} = Q_{0,3} = q_{sl} = 2,3$ л/с.

Отсюда имеем,

ВЫВОД: Если для данного выпуска мы используем трубу из ПВХ диаметром 110 мм, толщиной стенки 3,2 мм и уклоном $i = 0,02$, то мы проектируем систему канализации, в которой режимы самоочищения на выпуске не возникают никогда! Следовательно, не выполняется требование надежности проектируемой системы канализации здания – незасоряемость отводящих трубопроводов!

Для секционного выпуска 25-ти этажного дома используем канализационные трубы из ПП диаметром 110 мм и толщиной стенки 2,7 мм.

В этом случае:

Максимальный расчетный уклон будет равен: $i = 0,042$; при этом: $h/D = 0,3$ и $V = 1,66$ м/с!

Минимальный расчетный уклон будет равен: $i = 0,006$; при этом: $h/D = 0,56$ и $V = 0,74$ м/с!

Т.е. любой уклон в пределах от 0,006 до 0,042 – будет расчетным!

Понятно, что применение как минимального, так и максимального расчетного уклона для многих является слишком радикальным решением! В данном случае при выборе расчетного уклона можно руководствоваться рельефом местности, глубиной прокладки наружных сетей канализации, глубиной подключения выпуска в колодец, просвещенности монтажников и т.д.

Для примера примем уклон $i = 0,02$! Для определения наполнения и средней скорости сточной жидкости воспользуемся Приложением В «Таблицы для гидравлического расчета безнапорных труб диаметром 40, 50 и 110 мм» СП 40-107-2003.

ВНИМАНИЕ: В таблице для труб диаметром 110 мм Приложения В СП 40-107-2003 допущены опечатки в указании значений уклонов (см. рис. 2)!

Выбираем в таблице столбец с уклоном 0,02 и ищем полученное нами значение расхода (3,6 л/с). Именно такого значения в таблице нет, но есть значение расхода 2,362 л/с – соответствующее наполнению 0,3 и значение расхода 4,125 л/с – соответствующее наполнению 0,4. Понятно, что при нашем расходе наполнение будет меньше 0,4; но больше 0,3. Методом линейной аппроксимации находим наполнение для нашего расхода, а именно:

$$h/D = 0,3 + \frac{3,6 - 2,362}{\left(\frac{4,125 - 2,362}{0,1}\right)} = 0,37; V = 1,089 + \frac{(1,285 - 1,089)}{0,1} \times (0,37 - 0,3) = 1,226 \text{ м/с.}$$

При определении наполнения и средней скорости расчетом, имеем:

$$h/D = 0,372 \text{ и } V = 1,234 \text{ м/с. Ошибка не превышает } 0,6\%.$$

СП 40-107-2003

Диаметр трубы $D_{\text{тр}} = 110 \text{ мм}$
Толщина стенки $S_{\text{ст}} = 2,7 \text{ мм}$

i = 0,012 i = 0,014 i = 0,016 i = 0,018 i = 0,02 i = 0,025

h/D	<i>i = 0,01 ✓</i>		<i>i = 0,02</i>		<i>i = 0,03</i>		<i>i = 0,04</i>		<i>i = 0,05</i>		<i>i = 0,06</i>		<i>i = 0,07</i>	
	<i>q, л/с</i>	<i>V, м/с</i>	<i>q, л/с</i>	<i>V, м/с</i>	<i>q, л/с</i>	<i>V, м/с</i>	<i>q, л/с</i>	<i>V, м/с</i>	<i>q, л/с</i>	<i>V, м/с</i>	<i>q, л/с</i>	<i>V, м/с</i>	<i>q, л/с</i>	<i>V, м/с</i>
0,3	1,564	0,721	1,747	0,805	1,916	0,884	2,074	0,956	2,221	1,024	2,362	1,089	2,685	1,238
0,4	2,744	0,855	3,061	0,953	3,355	1,045	3,628	1,130	3,882	1,209	4,125	1,285	4,684	1,459
0,5	4,125	0,960	4,598	1,070	5,036	1,172	5,443	1,267	5,822	1,355	6,183	1,439	7,014	1,632
0,6	5,592	1,039	6,229	1,157	6,819	1,267	7,367	1,369	7,878	1,463	8,365	1,554	9,482	1,762
0,7	7,008	1,091	7,804	1,215	8,540	1,329	9,224	1,436	9,861	1,535	10,469	1,629	11,863	1,847
0,8	8,203	1,113	9,132	1,239	9,993	1,356	10,792	1,464	11,536	1,565	12,246	1,662	13,875	1,883
0,9	8,926	1,096	9,939	1,220	10,877	1,335	11,748	1,442	12,559	1,542	13,332	1,637	15,107	1,855
1,0	8,251	0,960	9,196	1,070	10,072	1,172	10,885	1,267	11,644	1,355	12,367	1,439	14,028	1,632

Рис.2 «Приложение В» СП 40-107-2003

Все, что мы рассказывали в этой статье, относится только к пластмассовым трубам! Но многие специалисты, проектируя системы бытовой и ливневой канализации из пластмассовых труб, почему-то с маниакальным упорством выпускают хотят делать из чугуна! Ранее мы уже говорили, что пластмассовые трубы гидравлически гладкие, стойкие к коррозии, не зарастают, по кислотостойкости и стойкости к истиранию песком превосходят чугун и сталь и т.д. и т.п. И все равно на выпуске – чугун! Сегодня, на строительном рынке широко используются импортные безраструбные чугунные трубы SML. В каталогах фирм-производителей SML-труб обязательно приводятся Таблицы для гидравлических расчетов безнапорных трубопроводов. Не секрет, что шероховатость чугунных труб выше, чем у пластмассовых, тем выше гидравлические сопротивления чугунных труб, и как следствие, меньшая пропускная способность при равных прочих условиях! (для уменьшения гидравлических сопротивлений внутренняя поверхность SML-труб покрывается эпоксидным составом). Для примера, чугунная SML-труба диаметром 100 мм при наполнении $h/D = 0,5$ и уклоне $i = 0,02$, пропускает 4,3 л/с; труба ПВХ диаметром 110 мм и толщиной стенки 3,2 мм при тех же условиях пропускает 6,025 л/с (труба из ПП – 6,183 л/с)! На 40% (труба из ПП – на 43,8%) БОЛЬШЕ! Много это или мало?

Случай из практики: необходимо выполнить проект внутреннего водостока, расчетный расход дождевых вод – 59 л/с, водосточный стояк – напорная труба из ХПВХ диаметром 200 мм и толщиной стенки 4,9 мм. Под выпуск заложена труба 200 мм.

Вопрос: какой трубой можно сделать выпуск из здания и как это сделать?

1. Чугунная труба SML диаметром 200 мм (смотрим таблицу) пропустит расход 61,6 л/с при $h/D = 1$ и уклоне $i = 0,03$. Разница в расчетном расходе и максимальной пропускной способности трубы всего 4%!
2. Труба ХПВХ диаметром 200 мм (толщина стенки 4,9 мм) при уклоне $i = 0,02$ будет иметь наполнение $h/D = 0,78$ (а максимальная пропускная способность составляет 66,7 л/с – на 11,5% больше расчетного расхода)!

Второй случай: реконструкция прачечной. В подвальном помещении установлены промышленные стиральные машины (выпуск DN100), в полу прачечной проложен сборный трубопровод из ПВХ диаметром 110 мм и толщиной стенки 3,2 мм. Далее этот трубопровод идет на выпуск из здания. В соответствии с п.17.27 СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий», а именно:

«Санитарные приборы, борта которых расположены ниже уровня люка ближайшего смотрового колодца, необходимо присоединять к отдельной системе канализации (изолированной от канализации вышерасположенных помещений) с устройством отдельного выпуска и установкой на нем задвижки с электрифицированным приводом, управляемым по сигналу датчика, устанавливаемого на трубопроводе в канализуемом подвале и передачей аварийного сигнала в дежурное помещение или на диспетчерский пункт»;

в помещении прачечной сделан приямок, в котором установлена электрифицированная задвижка, а после задвижки из здания выходит чугунная труба диаметром 100 мм. Думаю, нет смысла спрашивать с каким уклоном проложены – чугунная труба и труба ПВХ. Естественно с уклоном $i = 0,02$!

В чем же проблема? А проблема в том, что труба ПВХ пропускает на 40% сточной жидкости больше, чем чугунная при одинаковом уклоне! Помните детскую задачку про бассейн, в который по одной трубе вода втекает, а по другой вытекает. Вот электрифицированная задвижка и есть этот «бассейн», и втекает в него воды на 40% больше, чем вытекает. Естественно, уровень воды в электрифицированной задвижке повышается, датчик подает сигнал о «подтоплении» и задвижка закрывается! А стиральные машины сливают и сливают отработанную воду! Куда все это попадает – на пол, прачечная «утонула»!!!

Надеемся, что данная статья хоть немного помогла понять необходимость определения расчетных уклонов, а также возможность решения практических задач, возникающих при проектировании жилых и общественных зданий. Применять на практике эти знания или не применять всецело зависит от Вас.

Литература

1. СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий». Москва, 1997.
2. СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов». Общие требования. Москва, 2001.
3. СП 40-107-2003 «Проектирование, монтаж и эксплуатация систем внутренней канализации из полипропиленовых труб». Москва, 2003.
4. Добромислов А.Я. «Расчет и конструирование систем канализации зданий». Москва, Стройиздат, 1978.
5. Добромислов А.Я., Санкова Н.В. «Проектирование, монтаж и эксплуатация систем канализации из пластмассовых труб для зданий и микрорайонов». Рекомендации. Москва, 2002.
6. Добромислов А.Я. «Таблицы для гидравлических расчетов трубопроводов из полимерных материалов». Том 2 «Безнапорные трубопроводы». Пособие. Москва, 2004.
7. Стандарт организации СТО 02494733 5.2-01-2006 «Внутренний водопровод и канализация зданий». ФГУП ПКНИИ «СантехНИИпроект». Москва, 2006.