

**Серпокрялов Николай Сергеевич**  
Serpokrilov Nikolay Sergeevich  
Профессор/ professor

**Мкртчян Тариел Мгеревич**  
Mkrtchyan T.M.  
Аспирант/ a postgraduate

Ростовский государственный строительный университет  
Rostov State University of Civil Engineering  
05.23.04 - Водоснабжение, канализация,  
строительные системы охраны водных ресурсов  
E-Mail: serpokrilov@nm.ru

## **Определение диаметров начальных участков сетей водоотведения на основе технико-экономического анализа**

Determination of wastewater networks' diameters at the beginning of collectors via  
technical-economic

**Аннотация:** Представлен анализ статистических данных образовавшихся засоров на действующих сетях водоотведения при снижении расходов хозяйственных сточных вод. Выполнен технико-экономический расчет и предложена зависимость для определения оптимальных диаметров начальных участков сетей водоотведения. Рекомендуется минимальный диаметр начальных участков сетей водоотведения с учетом стоимости строительства и интенсивности засоров увеличить до  $d=200$ мм.

**The Abstract:** An analysis of statistic data of sediment generation in operating wastewater networks has been introduced in the following article under wastewater flow reduction circumstances. A technical - economic calculation has been carried out and an economical diameter determination formula for wastewater networks has been provided.

The minimum diameter at the collector's initial part is recommended to consider up to 200mm, which is more suitable both for sediment growth intensiveness and construction costs.

**Ключевые слова:** Начальный участок, засоры, безнапорный режим, снижения расходов, минимальная скорость.

**Keywords:** At the beginning of collectors, sediment, wastewater's free flow mode sewerage, wastewater flow reduce, minimum velocity.

\*\*\*

Возрастающую в мире потребность в питьевой воде намечается удовлетворить путем внедрения водосберегающих технологий и экономного использования водных ресурсов, что предполагает их обязательный контроль и учет.

В связи с этим во многих странах мира, в том числе и в Армении, внедрена система учета воды. В результате установки вод счетчиков в квартирах и переход из централизованной системы горячего водоснабжения на локальное было резко уменьшено водопользование. Все

это, безусловно, сказалось на росте удельного водоотведения и на неравномерность поступления в сеть сточных вод.

Согласно данными ЗАО „Ерводоканал„ и исследованиям шведской фирмы „SVECO International” норма водоотведения в Ереване составляет 130-150 л/сут, что почти в 2 раза меньше от принятых норм водоотведения при проектировании системы канализации города. Анализ статистических данных по эксплуатации показал, что количество засоров на водоотводящих сетях Еревана вследствие снижения норм увеличилось в среднем 2-2.5 раза. Практика показывает, что 70 - 80% засоров происходит в начальных участках сети. Такими участками являются в основном дворовые и внутриквартальные сети. На устранение засоров и профилактические очистки сетей от осадка приходится до 80% трудовых затрат по обслуживанию [1-3].

Поэтому решение проблемы улучшения устройства сетей водоотведения с повышением надежности их работы и технико-экономических показателей имеет важное практическое и экологическое значение.

Проектирование водоотводящих сетей преимущественно осуществляется на безнапорный (самотечный) режим движения жидкости. В бытовых водоотводящих сетях предусматривается некоторый резерв в живом сечении трубопровода, необходимый для пропускания расхода, больше расчетного, который наблюдается в течение часа и не учитывается расчетами. Через свободную верхнюю часть сечения трубы также осуществляется вентиляция всей водоотводящей сети.

Важнейшим условием проектирования водоотводящих сетей является обеспечение в трубопроводах при расчетных расходах необходимых скоростей, исключающих образование в них плотных несмываемых отложений.

Однако, известно, что наполнения начальных участков сети вследствие незначительных расходов меньше расчетных, поэтому обеспечить самоочищающую скорость в этих трубопроводах при минимальном уклоне невозможно [3 - 5]. Диаметр таких участков согласно СНиП 2.04.03-85 принимается  $d_{\min}=150\text{mm}$  без гидравлического расчета. При снижении расходов фактические скорости также уменьшаются, и сам расчетный случай не обеспечивает требуемое условие самоочистки сетей. В результате этого участок сети из расчетного становится безрасчетными. Это приводит к увлечению протяженности начальных безрасчетных участков, что вызывает увеличение интенсивности засоров и необходимость неоднократных профилактических прочисток в году.

Поэтому проектирование и строительство начальных участков имеет важное практическое значение. С целью оптимизации стоимости начальных участков рассмотрим задачу определения диаметра на основе технико-экономического расчета.

Стоимость строительства линий сетей водоотведения может быть выражена эмпирической формулой

$$E = a_0 + bD^m \quad (1)$$

определяющей стоимость строительства единицы длины трубопровода диаметром  $D$  [4].

В этой формуле величины  $a_0$ ,  $b$  и  $m$ , зависят от вида труб и гидрогеологических условий строительства. Изменение условий строительства в основном сказывается на величине  $a_0$ , значение коэффициента  $b$  при этом изменяется незначительно. Коэффициенты  $b$  и  $m$  зависят, главным образом, от вида труб.

Коэффициент  $a_0$  представляет собой постоянную часть стоимости, не зависящую от  $D$ , и поэтому можно представить

$$a_0 = k h_{cp},$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от грунта и условий прокладки трубопровода;

$h_{cp}$  – средняя глубина заложения труб, м.

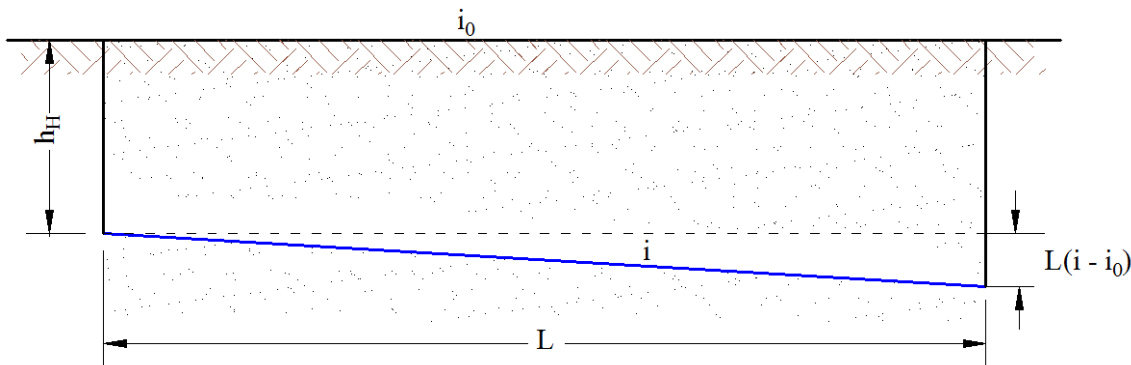


Рис. 1

Принимая, что водоотводящая сеть прокладывается в сухих грунтах и в условиях, не требующих устройства основания, при заданной длине участка трубопровода  $L$  (рис. 1), получим:

$$h_{cp} = h_H + \frac{iL - i_0L}{2}$$

где  $h_H$  — начальное заглубление трубы,

$i_0$  — уклон местности вдоль трассы трубопровода,

$i$  — уклон трубы.

Расход жидкости в безнапорных коллекторах согласно [5] определяется по формуле

$$Q = Ac\sqrt{Ri}, \quad (2)$$

где  $Q$  – расход жидкости, м<sup>3</sup>/сек;

$A$  - площадь сечения потока, м<sup>2</sup>;

$R$  - гидравлический радиус, м;

$c$  - коэффициент Шези;

$i$  – гидравлические уклон.

Принимая коэффициент Шези  $C$  по формуле Маннинга

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

$$n = 0.014 \quad [5]$$

где  $n$  — коэффициент шероховатости трубы,

определим гидравлический уклон из формулы (2)

$$i = \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}}$$

Учитывая, что для круглого сечения

$$A = \alpha D^2,$$

где  $\alpha$  - коэффициент, зависящий от наполнения труб,

и заменяя  $D=4R$ , получим

$$i = \frac{n^2}{256\alpha^2} Q^2 R^{-16/3}$$

Обозначив через

$$N = \frac{n^2}{256\alpha^2}$$

и подставив в (1) значение уклона трубы, получим

$$E = b(4R)^m + k \left( h_H - \frac{i_0 L}{2} + \frac{LNQ^2 R^{-5.33}}{2} \right) \quad (3)$$

Дифференцируем функцию (3) по R

$$\frac{dE}{dR} = 4^m b m R^{m-1} - 2.66 N k L Q^2 R^{-6.33} \quad (4)$$

Так как вторая производная функции (3) положительна, значит функция (4) имеет минимум.

Приравняв к нулю и сократив уравнение (4) на  $R^{m-1}$ , можно определить гидравлический радиус трубы

$$R = \left( \frac{2.66 k L N Q^2}{4^m b m} \right)^{\frac{1}{m+5.33}} \quad (5)$$

Таким образом, по найденному значению R можно определить диаметр трубы, который соответствует минимуму стоимости.

По гидравлическим расчетам внутренней канализации зданий (например, число приборов 160 шт.) максимальный расход сточных вод в начальных безрасчетных участках составляет  $Q = 4-6$  л/с, а наполнение  $h/d = 0.35-0.4$ .

Если принять длину начального участка 80-100 м, то расчеты, выполненные по (5) для керамических труб ( $m=1.6$ ;  $k = 3.08$ ;  $b=39.8$ ) [1], показывают, что оптимальный диаметр находится в пределах 180 - 200 мм.

Это свидетельствует о том, что в условиях снижения расходов сточных вод для повышения надежности эксплуатации начальных участков сети водоотведения с учетом стоимости строительства и уменьшения интенсивности засоров диаметр труб рекомендуется принимать 200 мм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян К.Г., Никаев М.А., Соколова Ф.Г. Техничко-экономическая эффективность проектирования сетей водоотведения, обеспечивающего снижение трудовых затрат при эксплуатации. – Водоснабжение и санитарная техника. – 1980, N3.
2. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. М.: Стройиздат, 2002 г.
3. Щувалов М. В., Сопыряв М.Н. Анализ работы городских канализационных сетей. – Водоснабжение и санитарная техника, 2011, N 9, ч. 2.
4. Абрамов Н. Н и др. Расчет водопроводных сетей – М.: Стройиздат -1983.
5. СНиП 2.04.03-85 Канализация, наружные сети и сооружения. М. 1986