

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Роман Чупин

Иркутский государственный технический университет,
Адрес: ул. Лермонтова, 83 Иркутск, 66404
e-mail: chupinVR@istu.irk.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования движения стоков в системах водоотведения кольцевой структуры. Такие системы имеют место при реконструкции и развитии систем водоотведения. Величины расходов стоков, которые распределяются по отдельным кольцующим коллекторам, предлагается определять на основе решения уравнений сохранения массы и энергии. В статье приведены эти уравнения для случаев напорного, напорно-безнапорного и безнапорного движения стоков, а также даны примеры расчетов всех этих случаев. Представлена методика определения расчетных расходов в кольцевых системах водоотведения, а также примеры расчетов по этой методике.

Ключевые слова: система водоотведения, коллектор, стоки, напорный и безнапорный режим, кольцевая сеть, расчетный напор

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании самотечной системы водоотведения общепринято принимать структуру сети в виде дерева, в которой вершины - абоненты, корень дерева - приемные резервуары очистных канализационных сооружений [1]. Такая структура сети эффективна при эксплуатации, экономична и не требует дополнительных систем управления потоками. Вместе с тем их надежность и безопасность не значительна. Любой засор на участке трубопровода приводит к выходу стоков на поверхность земли, нанося окружающей среде значительной экологический ущерб [2, 3]. При этом не всегда удаётся организовать перекачку стоков в другой коллектор или колодец, расположенный по

течению стоков. Поэтому, излив стоков на поверхность земли, может продолжаться до тех пор, пока засор не будет удален и аварийный трубопровод не будет запущен в эксплуатацию. В ходе развития городских территорий приходится решать задачи по увеличению мощностей и пропускных способностей коллекторов, что требует перекладки трубопроводов, устройства насосных перекачивающих станций и других мероприятий, направленных на нормализацию работы системы водоотведения в целом [4, 5]. Чаще всего для этого применяются кольцующие, разгрузочные коллектора. Конструкции таких коллекторов разнообразны и представлены на рис.1.

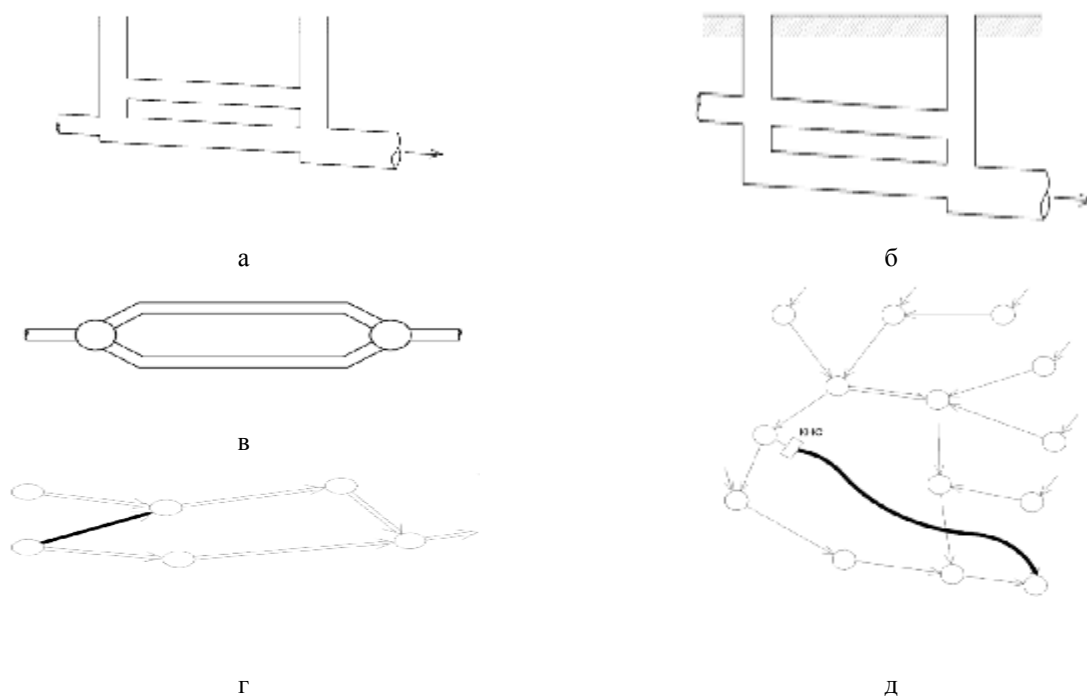


Рис 1. Схемы кольцующих коллекторов систем водоотведения: а), б)- вертикальная прокладка кольцующего коллектора; в)- горизонтальная прокладка кольцующего коллектора; г), д) - переброска стоков из одного бассейна канализования в другой, самотечным и напорным коллекторами

Fig 1. Charts of circular collectors of the sewage system: а - vertical gasket of circular collector; б- horizontal gasket of circular collector; г, д - a transfer of flows from one district of the sewage system in other, by without pressure collector and pressure collectors

Отдельные кольцевые трубопроводы могут быть как безнапорные, так и работающие в напорном режиме. Возможны случаи установки насосных станций перекачки стоков, параллельные напорные трубопроводы с каскадом насосных станций и др.

В существующей практике эксплуатации для управления потоками в кольцевых коллекторах применяют «шиберы» - устройства для уменьшения или увеличения сечения того или иного коллектора. Как правило, шиберы имеют ручной или полу автоматизированный принцип действия, но в современных условиях возможно и дистанционное управление ими. Для эффективного управления такими устройствами необходимо исследовать гидравлические особенности распределения потоков в кольцевых безнапорных и напорно-безнапорных системах водоотведения.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

В напорных кольцевых сетях распределение потоков подчиняется законам сохранения массы и энергии, и интерпретируется в виде аналога законов Кирхгофа. Задачи распределения потоков в напорных трубопроводных сетях исследованы, и имеется множество программных разработок, позволяющих оперативно определять потоки как по системе в целом, так и по ее отдельным фрагментам и элементам [1].

Очевидно, для напорно-безнапорных кольцевых коллекторов распределение потоков также будет подчиняться законам сохранения массы и энергии. В качестве примера рассмотрим систему водоотведения, состоящую из двух участков (рис. 2).

Допустим, что в колодец поступает сточная вода в размере Q (м³/с) и растекается по двум коллекторам. Уклоны, длины, диаметры коллекторов известны. Предположим, что на

участках 1 и 2 устанавливается напорный режим и в центральном колодце пьезометрический напор будет равен P (рис. 2а). При этом стоки после прохождения коллекторов будут изливаться в атмосферу, и дальнейшее их движение произойдет в безнапорном режиме. В этом случае расходы по коллекторам можно вычислить по формулам гидравлики как истечение жидкости из резервуара (колодца):

$$\begin{cases} P = Z_{k1} + Q_1^2 \cdot \left(\frac{1}{\mu^2 \cdot \omega_1^2 \cdot 2g} + S_{mp1} \right), \\ P = Z_{k2} + Q_2^2 \cdot \left(\frac{1}{\mu^2 \cdot \omega_2^2 \cdot 2g} + S_{mp2} \right) \end{cases} \quad (1)$$

где Z_k, Z_H - геодезические отметки дна коллектора в конце и в начале расчетного участка длиной l , S_{mp} - сопротивление трубопровода, вычисляемое по формуле $S_{mp} = \frac{0,08 \cdot \lambda \cdot l}{d^5}$; λ - коэффициент гидравлического трения трубопровода диаметром d (м), равный $\lambda = 0,11 \cdot (0,0001/d)^{0,25}$; μ - коэффициент расхода отверстия диаметром d , обычно $\mu = 0,62$, но в отдельных случаях принимается в пределах: 0,59–0,64; $\omega = \pi d^2 / 4$ - площадь поперечного сечения трубопровода.

Для решения системы уравнений (1) относительно неизвестных $P; Q_1; Q_2$ добавим уравнение материального баланса:

$$Q_1 + Q_2 = Q, \quad (2)$$

и таким образом определим расходы по коллекторам и уровень стоков в центральном колодце.

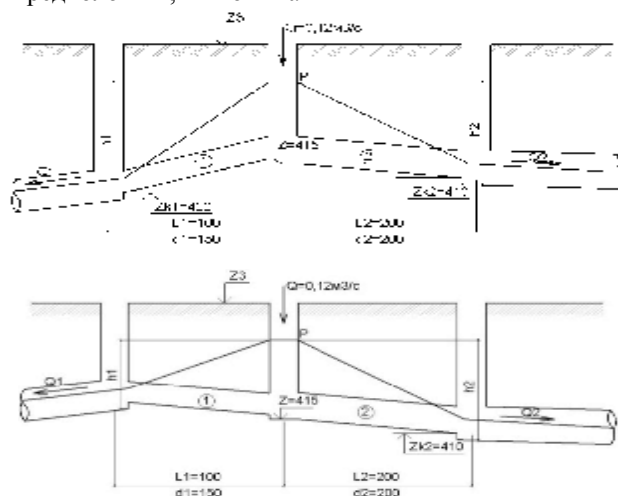


Рис 2. Определение расходов в кольцевых напорно-безнапорных коллекторах
Fig.2. Determination of charges in girdlings pressure and without pressure collectors

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Такие расчеты можно выполнить и для n коллекторов, отходящих от анализируемого колодца. В общем виде систему уравнений можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} P = Z_{H1} + Q_1^2 \cdot \left[\frac{0,215}{d_1^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^3} \right] \\ \dots \dots \dots \\ P = Z_{Hn} + Q_n^2 \cdot \left[\frac{0,215}{d_n^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_n \cdot l_n}{d_n^3} \right] \\ Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q. \end{cases} \quad (3)$$

Если $P > Z_3$ (Z_3 – отметка земли у начального колодца), то система водоотведения не пропустит расход Q , и часть стока будет выливаться на поверхность земли. Величину стоков, которые будут выливаться на поверхность земли, можно вычислить согласно методике, изложенной в работах [6].

Принимая величину напора равной отметке поверхности земли: $P=Z_3$, систему уравнений (3) можно представить следующим образом:

$$\begin{cases} Q_1 = \sqrt{\frac{(Z_3 - Z_{H1})}{\frac{0,215}{d_1^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^3}}}, \\ \dots \dots \dots \\ Q_n = \sqrt{\frac{(Z_3 - Z_{Hn})}{\frac{0,215}{d_n^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_n \cdot l_n}{d_n^3}}}, \\ Q_{наз} = Q - (Q_1 + \dots + Q_n), \end{cases} \quad (4)$$

из которой можно определить расход стоков $Q_{наз}$, выходящий на поверхность земли.

Если $P - Z < d$, (Z – отметка дна начального колодца), то режим движения стоков будет безнапорным, в противном случае он может быть либо напорным, либо напорно-безнапорным.

Рассмотрим случай, когда в коллекторах устанавливается равномерное безнапорное течение стоков (рис. 3).

Для определения нормальной глубины h в коллекторах воспользуемся формулой, предложенной проф. М.И. Алексеевым [7], которая для указанного диапазона наполнений дает неплохие результаты:

$$\left(\frac{Q}{Q_n} + 0,22 \right) \frac{d}{1,34} = h, \text{ для } 0,25 \leq \frac{h}{d} \leq 0,9,$$

где Q_n расход стоков, транспортируемый в коллекторе полным сечением:

$$Q_n = 0,4 * d^{2,5} * i^{0,5} * C_{ш}, \quad i > 0, \quad (6)$$

$C_{ш}$ – коэффициент Шези, вычисленный для полного сечения; i и d уклон и диаметр коллектора. Для такого случая имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} P = Z_{H1} + (Q_1/Q_{1n} + 0,22) d_1/1,34 \\ P = Z_{H2} + (Q_2/Q_{2n} + 0,22) d_2/1,34 \\ Q_1 + Q_2 = Q \end{cases} \quad (7)$$

В (7) неизвестными величинами являются Q_1 и Q_2 , P .

Рассмотрим режимы движения стоков при вертикальной прокладке кольцевого коллектора (рис. 4). Для такого случая возможны следующие режимы течения стоков:

- напорный режим во всех коллекторах;
- напорный режим только в нижнем коллекторе;
- напорно – безнапорный режим в нижнем и верхнем коллекторах.

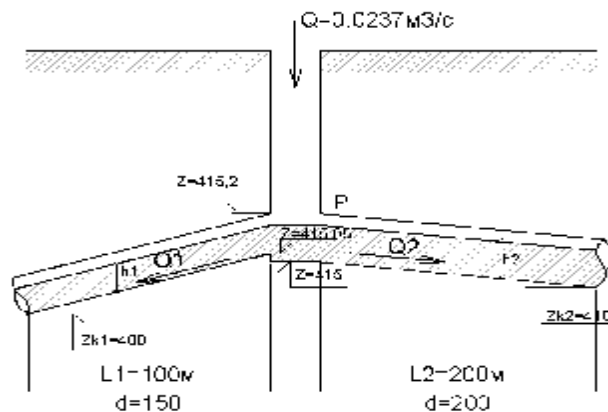


Рис. 3. Безнапорный режим равномерного течения стоков
Fig. 3. Without pressure mode of even flow of sewage flows

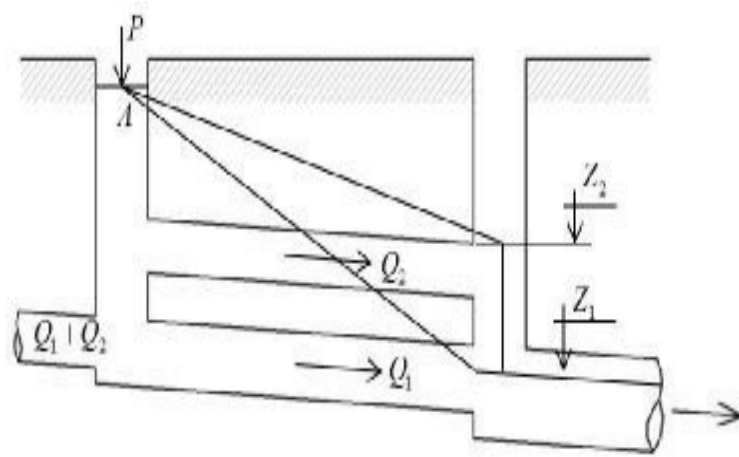


Рис.4. Расчет кольцевого вертикального коллектора в напорном режиме
Fig.4. A calculation of girdling vertical collector is in the pressure mode

В первом случае расходы по коллекторам можно определить согласно системе уравнений (3), (4). При этом напорный режим установится во втором колодце ($P_2 > Z_2$), и не будет свободного истечения в атмосферу, а распределение потоков между нижним и верхним колодцем будет подчиняться законам Кирхгофа. В этом случае при известной величине P_2 требуется решить систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^5} \cdot Q_1^2 = \frac{0,08 \cdot \lambda_2 \cdot l_2}{d_2^5} \cdot Q_2^2 \\ Q_1 + Q_2 = Q \\ P_1 = P_2 + \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^5} \cdot Q_1^2 \end{cases} \quad (8)$$

Неизвестными величинами являются Q_1, Q_2, P_1 .

После вычисления P_1 можно определить режим течения стоков в верхнем коллекторе. Если окажется, что $P_1 > Z_1$, т.е. пьезометрический напор будет больше отметки земли у колодца, то произойдет излив стоков на поверхность земли. Вычисления в этом случае осуществляются согласно формулам (4).

В общем случае расчет необходимо начинать с проверки пропуска стоков по нижнему коллектору в напорном режиме:

$$P = Z_{K1} + Q^2 \left\{ \frac{0,215}{d_1^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda \cdot l_1}{d_1^5} \right\}$$

Если $Z_{Н1} + d_1 < P < Z_{Н2}$, ($Z_{Н1}, Z_{Н2}$ – начальные отметки дна нижнего и верхнего коллекторов, Z_{K1}, Z_{K2} – конечные отметки дна нижнего и верхнего коллекторов), то весь расход будет транспортироваться по нижнему коллектору в напорном режиме.

Если $P < Z_{Н1} + d_1$, то движение стоков в нижнем коллекторе будет происходить в безнапорном режиме, и весь сток пройдет по нижнему коллектору.

Если $Z_{Н2} < P \leq Z_{Н2} + d_2$, то движение стоков будет происходить по двум коллекторам, по нижнему в напорном, по верхнему – в безнапорном режимах. Более подробно рассмотрим последний случай, который графически отображен на рис. 5.

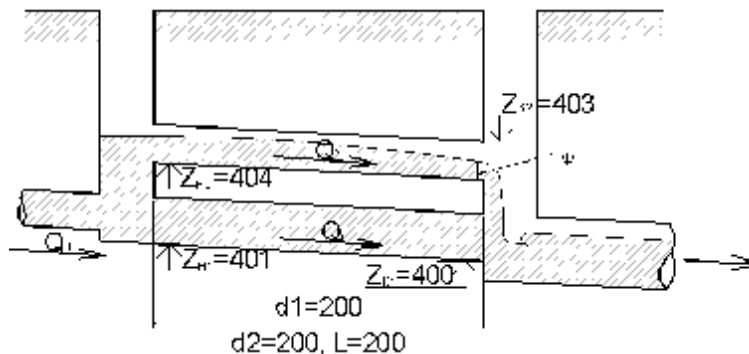


Рис. 5. Безнапорный режим в вертикальном кольцевом коллекторе
Fig. 5. Without pressure mode in a vertical girdling collector

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Очевидно, если $Q > Q_n$, то режим движения стоков будет напорным. Поэтому, после вычисления расходов можно их сопоставить с Q_n и определить коллектора и контура, которые будут работать в напорном режиме.

Исходя из вышеизложенного, для напорного и безнапорного коллекторов получим следующую систему **уравнений**:

$$\begin{cases} P = Z_{k1} + Q_1^2 * \left[\frac{0.25}{d_1^4} + \frac{0.08\lambda_1 * l_1}{d_1^5} \right], \\ P = Z_{k2} + \left(\frac{Q_2^2}{Q_n} + 0.22 \right) \frac{d_2^2}{1.33}, \\ Q = Q_1 + Q_2. \end{cases} \quad (9)$$

После определения расходов по коллекторам можно вычислить нормальную глубину в верхнем коллекторе и построить кривую свободной поверхности воды.

Таким образом, предлагаемые формулы гидравлики позволяют определять расходы стоков в кольцуемых коллекторах, работающих в напорном, безнапорном и напорно-безнапорном режимах.

Как уже отмечалось, надежность и безопасность систем водоотведения можно повысить за счет конструктивных решений, минимизирующих появления засоров и других неполадок, либо за счет организации кольцуемых коллекторов или устройства полностью кольцевых систем водоотведения. Такие мероприятия позволяют избежать отключения работающих коллекторов. С другой стороны увеличивают пропускную способность и повышают манёвренность системы водоотведения в целом. Вместе с тем, опыт проектирования и строительства кольцевых систем канализации не значительный по причине недостаточного исследования гидравлических, технико-экономических, эксплуатационных особенностей напорных и безнапорных кольцевых трубопроводных систем.

При напорном режиме движения стоков, также как и в кольцевых водопроводных системах, распределение потоков подчиняется законом сохранения массы и энергии. Особенностью для систем водоотведения является то, что напорный режим может привести к выходу стоков на поверхность земли. Для моделирования таких явлений задачу распределения потоков предлагается решать на расширенной, циклической схеме, в которой каждый колодец моделируется фиктивной ветвью, замыкаемой на узел с атмосферным давлением и действующими напорами, равными геодезическим отметкам колодцев [6]. При этом система уравнений – аналогов первого и второго законов Кирхгофа имеет следующий вид:

$$A \cdot q = 0 \quad (10)$$

$$A^T P = y; \quad y_i = h_i + Z_i \quad (11)$$

Здесь уравнения представлены в векторно-матричной форме. Уравнения (1) является условием материального баланса в узлах схемы; вектор q – расходы стоков по ветвям схемы. Уравнение (2) представляет связь между узловыми пьезометрическими напорами (P) через перепады (y) на участках сети, которые соответствуют сумме потерь напора (h) и действующих напоров (Z -отметок поверхности земли y колодцев) для активных и фиктивных ветвей. A – матрица соединений узлов и ветвей схемы. Ее размерность следующая: $A = \left| a_{ji} \right|_n^m$; m, n – количество узлов и участков схемы, $j = 1, \dots, m$; $i = 1, \dots, n$. Здесь $a_{ji} = -1$, если ветвь i направлена к узлу j ; $a_{ji} = 1$, если ветвь i исходит из узлу j ; $a_{ji} = 0$, когда узел j не принадлежит участку i .

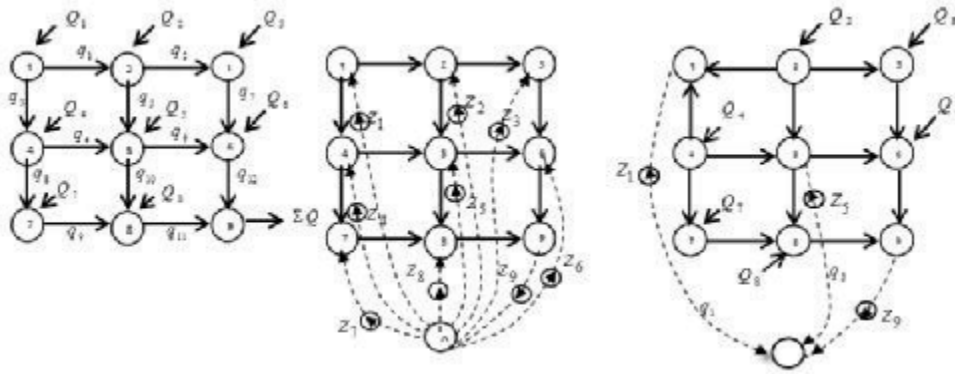


Рис. 6. Моделирование распределения потоков в напорных кольцевых системах водоотведения
 Fig. 6. A design of distributing of streams is in the pressure circular systems of the sewage system

Как и в методике, изложенной в работе [2], для кольцевых коллекторов предлагается схема последовательного и итеративного решения системы уравнений (10), (11) на основе циклической схемы с последующим анализом расходов на фиктивных ветвях. При этом если фиктивная ветвь будет направлена к узлу – «колодцу», то для этого узла сброс стока фиксируется Q_i и фиктивная ветвь из схемы удаляется. В итоге остаются ветви, на которых потоки направлены от колодцев к узлу с атмосферным давлением, а расходы на этих ветвях будут соответствовать величинам стоков, выходящих на поверхность земли. Если после таких расчетов фиктивных ветвей в расчетной схеме не останется, следовательно, и не будет выхода стоков на поверхность земли. На рис. 6 представлена исходная, циклическая схема напорного движения стоков в кольцевых системах водоотведения, а также результаты расчета. Согласно результатам расчета из колодцев 1, 5 стоки будут изливаться на поверхность земли и на ближайших к этим колодцам участках образуются противотоки. Следует отметить, что в кольцевых системах водоотведения при работе их в напорных режимах, потоки на ветвях могут меняться и быть направлены в противоположном направлении к уклонам трубопроводов, что очень важно учитывать при их

проектировании и эксплуатации. Заранее невозможно знать, будет ли напорный или безнапорный режим движения стоков. В любом случае расчеты начинаются с решения задачи (10), (11) на расширенной циклической схеме. В случае отсутствия выхода стоков на поверхность земли и образования противотоков, производится сопоставление расходов по участкам сети с расходами движения стоков полным сечением. Если для всех участков $q_i > q_{in}$, режим будет напорным и расчет считается законченным. Если для всех участков $q_i < q_{in}$, констатируется безнапорный режим. Для безнапорного движения стоков кольцевую сеть можно рассматривать как ориентированный граф, направление потоков в котором определено уклонами коллекторов. В этом случае распределение потоков определяется путем наращивания расходов, начиная от узлов, из которых только выходят потоки в направлении к узлу, в который только входят потоки (например, КОС). Для сети, представленной на рис.6 приведены этапы таких вычислений и проиллюстрированы на рис. 7. Вычислительный процесс организуется, начиная с узла 1 в направлении к узлу 9. При этом если из узла выходит два и более коллекторов, то величины расходов на этих коллекторах определяются согласно (7).

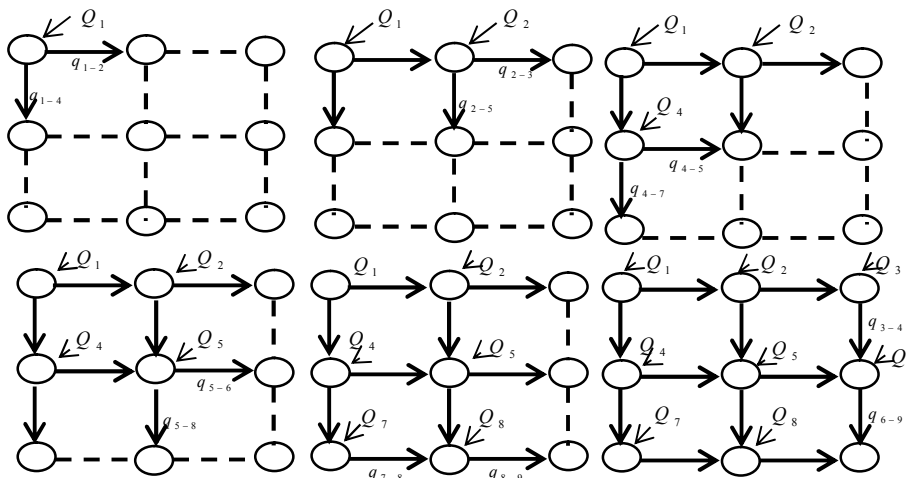


Рис.7. Вычисление распределения потоков в безнапорных кольцевых системах водоотведения
 Fig.7. Calculation of distributing of streams in without pressure circular systems of the sewage

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Для напорных безнапорных коллекторов распределение потоков осуществляется согласно (3). Расчет распределения потоков производится так же, как и для случая безнапорного движения стоков. Начиная от вершин исхода потоков, наращиваются расходы в направлении к узлам схода потоков. Обратным ходом корректируются значения напоров в колодцах и уточняются кривые сопряжения в начале и в конце расчетных участков. Если в узлах

схемы, из которых выходит несколько потоков, будет наблюдаться небаланс пьезометрических напоров, то производится корректировка расходов на выходящих участках и все вычисления повторяются. Причем корректировка расходов осуществляется в той же последовательности, как и прямой ход. В качестве примера, рассмотрим кольцевую систему водоотведения, состоящую из шести коллекторов (см. рис.8).

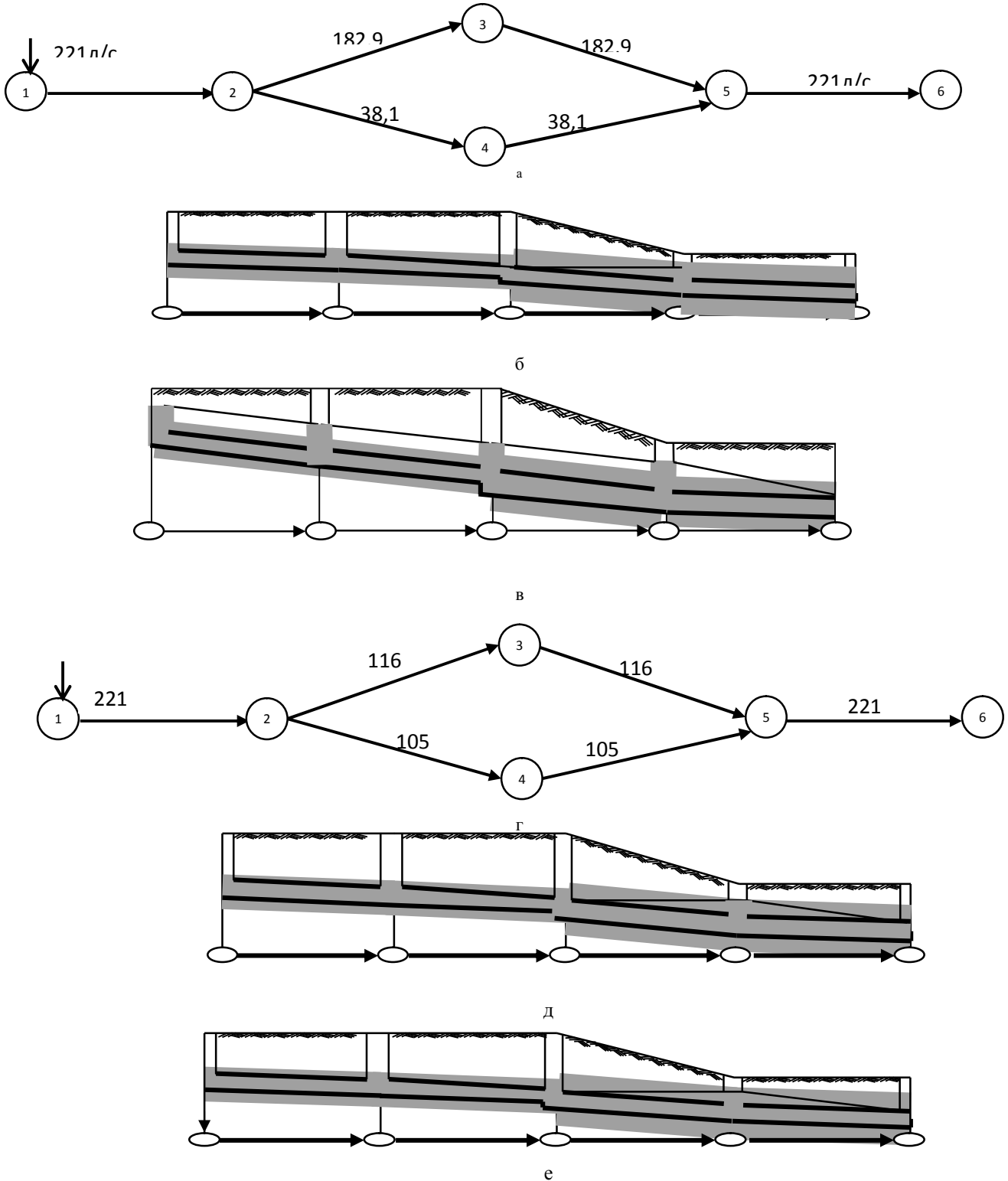


Рис 8. Распределение потоков в кольцевых системах водоотведения
Fig. 8. Distributing of streams is in the circular systems of the sewage system

После первой итерации прямого и обратного хода расходы по коллекторам, выходящим из узла 2, получились такими, как это показано на рис. 8а., а профили, построенные по маршрутам: 1-2-3-5-6; 1-2-4-5-6 представлены на рис. 8б. и 8в. Из рис. 8б и 8в. видно, что в узле 2 возник небаланс пьезометрических давлений. С целью выравнивания давления в узле 2 корректируются расходы на ветвях 2-3 и 2-4. В итоге получаем значения расходов и пьезометрических давлений, представленных на рис. 8г, д, е.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате выполненных исследований, предлагается методика расчета систем водоотведения кольцевой структуры. Данная методика позволит проектировщикам обосновывать параметры кольцуемых и разгрузочных коллекторов при решении задач реконструкции и развития систем водоотведения. Для эксплуатирующихся организаций она может быть полезная в системе диспетчерского управления при локализации аварийных ситуаций и оптимизации режимов транспортирования стоков. Используя полученные зависимости, можно моделировать движение стоков в системах водоотведения произвольной конфигурации и решать задачи развития и реконструкции с обоснованием параметров кольцуемых трубопроводов. В условиях автоматизации распределения потоков с помощью данной методики можно заранее рассчитать управляющие воздействия на «шиберные» устройства и вычислить последствия их открытия или прикрытия.

Следует отметить, что выход из строя любого участка сети (или группы участков) является случайным событием, также как и величины стоков, которые будут при этом изливаться на поверхность земли. В работах С.Ю.Игнатчика [8, 9] предложена методика определения таких параметров, основанная на статистических данных по интенсивностям отказов и восстановлений конкретной исследуемой системы водоотведения. Эту методику можно распространить и на кольцевые системы водоотведения [10]. Но надо учитывать тот фактор, что даже одна крупная авария может нанести такой значительный экологический ущерб, что любые затраты в повышение надежности сети могут быть оправданы.

Предлагаемая ниже методика определения расчетных расходов и параметров водоотведения

кольцевой структуры учитывает тот фактор, что при аварийном отключении любого расчетного участка, транспортируемые стоки не выйдут на поверхность земли, а будут перераспределяться по другим коллекторам и попадать на очистные сооружения. Этапы данной методики проиллюстрированы на рис. 9. Согласно предлагаемой методики, последовательно просматриваются узлы сброса и отвода стоков и анализируются варианты отключения участков, выходящих из данного узла. Например, из узла 1 исходят участки 1-2; 1-4 (см. рис. 9а.). При отключении участка 1-2, весь сток направляется по участку 1-4, и наоборот (рис. 9в., 9с.). Для некоторых узлов (например, 3,6,7,8), у которых только один исходящий участок, при его отключении, возникает потребность в организации противотоков по другим инцидентным участкам.

Обоснование параметров таких участков требует особого рассмотрения. Это могут быть участки с прямым уклоном, либо с параллельной вертикальной или горизонтальной прокладкой дополнительных коллекторов, либо с обратным уклоном. Выбор окончательного варианта требует технико-экономических и гидравлических расчетов. Если исходящих из анализируемого узла ветвей больше чем две, то расходы стоков распределяются по оставшимся ветвям пропорционально их количеству и их длинам.

При отключении любого аварийного участка расходы по оставшимся ветвям корректируются и наибольшие из них значения фиксируются. Таким образом, после обхода всех расчетных узлов, определяются максимальные расходы по расчетным участкам сети. Их значения для исследуемой схемы представлены на рис. 9, п и являются основой для определения оптимальных параметров транспортирующих сооружений.

Следует также отметить, что принцип деления потоков пропорционально количеству исходящих коллекторов и их длинам носит весьма условный характер. Как показали гидравлические расчеты [10], деление потоков в узлах разветвления схемы происходит пропорционально диаметрам исходящих коллекторов и их длинам и уклонам, а также в зависимости от длин путей ведущих от этого узла до узла сброса стоков на КОС. Для новых кольцевых систем водоотведения деление потоков и параметры коллекторов можно определить только путем последовательных приближений и решения задачи оптимизации параметров транспортируемых сооружений [11].

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

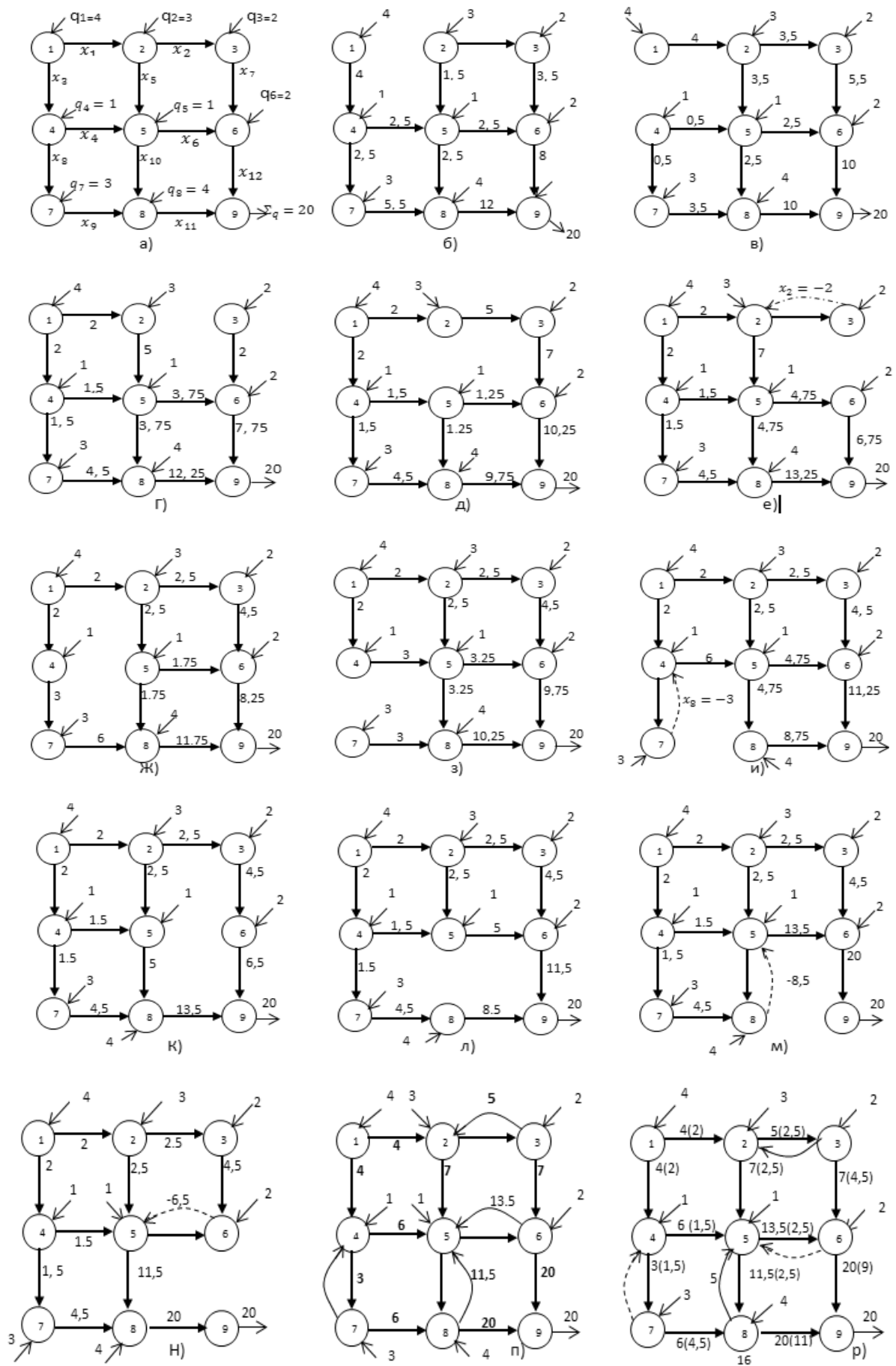


Рис. 9 Определение расчетных расходов в кольцевых системах водоотведения
 Fig.9. Determination of calculation charges in the circular systems of the sewage

Роман Чупин

Для исследуемой сети, состоящей из 12 узлов коллекторов). Для этих вариантов подобраны диаметры (колонка 6 табл. 3) и определены затраты исходя из расчетных расходов, полученных в результате анализа каждой аварийной ситуации. Эти диаметры и их стоимостные показатели предоставлены в таблице 1 (колонка 7). Так же рассмотрен вариант сети с кольцевой структурой без отклонения аварийных участков (потоки делились пропорционально количеству исходящих из

диаметры (колонка 6 табл. 3) и определены затраты (колонка 8, табл.1). Из анализа результатов, представленных в таблице 1 видно, что расчет сети с учетом аварий на каждом из участков сети приводит к увеличению стоимости прокладки сети в 2,5 раза (с 714 тыс. руб. до 1794,5 тыс. руб.).

Таблица 1. Расчет стоимости прокладки кольцевых систем водоотведения
Table 1. Calculation of cost of gasket of the circular systems of the sewage

№ участка	j уклон	lj, м	q _j ⁽¹⁾ м ³ /с	q _j ⁽²⁾ м ³ /с	При h/d =0,8		Стоимость прокладки без учета надежности тыс. руб	Стоимость прокладки с учетом надежности тыс. руб.
					d ⁽¹⁾ мм	d ⁽²⁾ мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	0,0001	100	0,002	0,004	170	220	21,5	56,0
2-3	0,0001	100	0,0025	0,005	190	240	34,0	80,0
1-4	0,0001	100	0,002	0,004	170	220	21,5	56,0
2-5	0,0001	100	0,0025	0,007	190	280	34,0	136,0
3-6	0,0001	100	0,0045	0,007	230	280	67,0	136,0
4-5	0,0001	100	0,0015	0,006	150	260	16,0	108,0
5-6	0,0001	100	0,0025	0,135	190	350	34,0	234,0
4-7	0,0001	100	0,0015	0,003	150	200	16,0	38,5
7-8	0,0001	100	0,0045	0,006	230	260	67,0	108,0
5-8	0,0001	100	0,0025	0,0115	190	330	34,0	206,0
8-9	0,0001	100	0,011	0,020	330	410	206,0	318,0
6-9	0,0001	100	0,009	0,020	300	410	164,0	318,0
Σ							714,0	1794,5

Таблица 2. Удельные стоимости (руб./ м) труб из ПВХ

Table 2. Specific costs (rub/m) of pipes from PVH

d, мм	150	170	190	220	230	240	260	280	290	300	330	350	370	410
3 уд. руб.	160	215	340	560	670	800	1080	1360	1500	1640	2060	2340	2620	3180

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

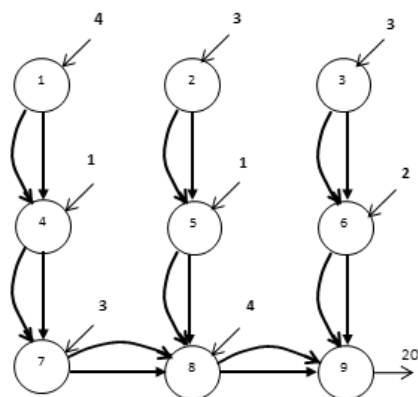


Рис. 10. Схема системы водоотведения с разветвленной структурой и параллельными коллекторами.
 Fig. 10. Chart of the system of the sewage system with the ramified structure and parallel collectors.

Таблица 3. Расчет стоимости разветвленных систем водоотведения с параллельной прокладкой дополнительного коллектора
 Table 3. Calculation of cost of the ramified systems of the sewage system with the parallel gasket of additional collector

№ участка	j уклон	l _j , м	q м ³ /с	d мм	Стоимость прокладки тыс. руб.	Стоимость с параллельной прокладки
1-4	0,0001	100	0,004	220	56,0	112
2-5	0,0001	100	0,003	150	16,0	32
3-6	0,0001	100	0,002	170	21,5	43
4-7	0,0001	100	0,005	240	80,0	160
5-8	0,0001	100	0,004	220	56,0	112
6-9	0,0001	100	0,004	220	56,0	112
7-8	0,0001	100	0,008	290	15,0	30
8-9	0,0001	100	0,016	370	262,0	514,0
Σ					562,5	1125,0

Другой вариант повышения надежности сети заключается в прокладке дублирующих коллекторов (см. рис.3).

Для такого варианта, подобраны диаметры и определена стоимость прокладки сети. Так же расчеты представлены в таблице 3. Стоимость такого варианта составила 1125 тыс. рублей.

ВЫВОДЫ

Следовательно, вариант с дублирующими участками получился значительно экономичнее, чем кольцевая структура системы водоотведения. Такой результат получен на тестовом примере, где все длины равны 100м и уклон 0,0001. В реальных условиях все может быть иначе. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо проводить технико-экономические и гидравлические сравнительные расчеты. Для этого требуется разработка методики оптимизации систем водоотведения кольцевой и разветвлённой структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубопроводные системы энергетики. Методы математического моделирования и оптимизации, 2010. Под ред. Н.Н. Новицкого. Новосибирск: Наука. – 419.
2. Saliev E., 2009. Ecological and economic problems of power saving up technologies' introduction in Ukraine. // MOTROL - №11В, 104 – 110.
3. Saliev E., Nikolenko I., 2012. The feasibility report on maintainability of the water and sewage system// MOTROL – Vol.14, №5, 119 – 124.
4. Saliev E., 2013. Reliability of the functioning of of the water and sewage system// MOTROL – Vol.15, №5, 53 – 60.
5. Зайченко Л., Лесной В., Попов А., 2013. Анализ неучтенных расходов воды в системе водоотведения// MOTROL – Vol.15, №5, 61 – 68.
6. Чупин Р.В., Мелехов Е.С., 2011. Развитие теории и практики моделирования и оптимизации систем водоснабжения и водоотведения. Иркутск: Изд. ИрГТУ. – 323.

7. Алексеев М.И., Кармазинов Ф.К., Курганов А.М., 1997. Гидравлический расчет сетей водоотведения. Часть 1. Санкт-Петербург. Изд.: СПб ГАСУ. – 128.
8. Игнатчик С.Ю., 2011. Расчет надежности, безопасности и инвестиционной эффективности сети водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. - №12, 57-67.
9. Игнатчик С.Ю., 2010. Обеспечение надежности и энергосбережения при расчете сооружений для транспортировки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - №8, 81 - 96.
10. Чупин Р.В., Бобер А.А., 2012. Повышение надежности проектируемых и реконструируемых систем водоотведения. // Вестник ИрГТУ. - №9, 111 - 119.
11. Чупин В.Р., Мелехов Е.С., Чупин Р.В., 2010. Напорное движение стоков в безнапорных коллекторах// Водоснабжение и санитарная техника. – №7, 15 – 24.

PRESSURE AND WITHOUT PRESSURE MOTION OF FLOWS IN SEWAGE SYSTEM WITH CIRCULAR STRUCTURE

Summary. In the article the questions design of motion of flows are considered in the systems of the sewage system with a circular structure. Such systems take place at a reconstruction and development of the sewage system. Sizes of charges of flows which are distributed on separate girdling collectors, it is suggested to determine on the basis of decision of equalizations of maintenance of mass and energy. In the article resulted equalization for the different cases of flows motion in the sewage system. The examples of calculations of all these cases are also given. The method of determination of calculation charges is presented in the circular systems of the sewage system. The examples of calculations are resulted on this method.

Key words: sewage system, collector, flows, pressure and without pressure mode, ring network, calculation pressure.