**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

МЕТОДИКА СНИЖЕНИЯ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Москва 2018 г.

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 7
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 7
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 8
4 СТРУКТУРА НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ 10
5 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ. ВОДНЫЙ БАЛАНС 13
6 ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН И ВЕЛИЧИН ПОТЕРЬ ВОДЫ 36
7 МЕТОДИКА СНИЖЕНИЯ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ 42
7.1 Структура Методики 42
7.2 Мероприятия по управлению давлением в системе водоснабжения 44
7.2.1 Методика оценки непроизводительных расходов воды и потерь воды, обусловленных избыточными напорами в сети 45
7.2.2 Зонирование водопроводной сети 48
7.2.3 Снижение и стабилизация давления в городской водопроводной сети с использованием регуляторов давления 49
7.2.4 Мониторинг давления 50
7.2.5 Контроль свободных напоров в сети 51
7.2.6 Гидравлическое моделирование для анализа работы сети и оптимизации режимов 52
7.3 Активный поиск и контроль утечек и потерь воды 53
7.3.1 Инструментальный контроль за строительством 53
7.3.2 Контроль за выполнением противокоррозионных мероприятий 54
7.3.3 Поиск мест аварий и повреждений трубопроводов 55
7.3.4 Измерение скоростей, расходов и давления воды 55
7.3.5 Работы по телевизионной диагностике внутреннего состояния трубопроводов городской водопроводной сети, локальному ремонту трубопровода, толщинометрии 57
7.3.6 Работы по электрозащите трубопроводов 57
7.4 Управление инфраструктурой. Модернизация и реконструкция водопроводной сети 59
7.4.1 Восстановление и обновление водопроводных трубопроводов с использованием высокопрочных труб и бестраншейных технологий реконструкции 60
7.4.2 Внедрение стратегии планирования восстановления трубопроводов для обоснования инвестиций и выбора объемов и объектов

восстановления и обновления водопроводных трубопроводов 62
7.4.3 Эффективная защита эксплуатируемых трубопроводов
от старения и коррозии 65
7.4.3.1 Бестраншейные технологии ремонта труб 65
7.4.3.2 Защита подземных трубопроводов от электрохимической коррозии 66
7.5 Скорость и качество ремонта, интенсификация аварийно-
восстановительных и планово-профилактических работ 68
7.5.1 Аварийно-восстановительный и планово-предупредительный ремонты .. 68
7.6 Снижение коммерческих потерь воды 69
7.6.1 Водный аудит систем водопотребления абонентов 73
7.6.2 Мероприятия по борьбе с несанкционированным водопотреблением 72
8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАТРАТ И ЭФФЕКТИВНОСТИ
РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ СНИЖЕНИЯ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ
И ПОТЕРЬ ВОДЫ 75
8.1 Экономия от сокращения затрат на ликвидацию аварий
и повреждений трубопроводов 76
8.2 Экономия от сокращения затрат на возмещение экологического
ущерба, обусловленного восполнимыми и невосполнимыми
потерями окружающей среде при аварии трубопровода и изливе воды 77
8.3 Экономия от снижения потерь водного ресурса 77
8.4 Экономия от сокращения затрат на электроэнергию 78
Список использованных источников 81

Введение

Современный этап развития водоснабжения в России характеризуется старением инженерной инфраструктуры городов и поселений. Особую актуальность для сокращения водопотребления, устранения непроизводительных затрат и потерь воды приобретают вопросы оценки и управления неучтенными расходами и потерями воды, поскольку они оказывают существенное влияние на качество и себестоимость услуг водоснабжающих предприятий [1, 2, 3].

Производство питьевой воды всегда превышает размер суммарной рациональной потребности, что обусловлено целым рядом причин технического характера, а также бесполезным потреблением и неучтенными расходами воды [5].

Потери воды есть во всех системах подачи и распределения воды, изменяется только их объем. Результатом высокого размера потерь воды становятся рост прямых эксплуатационных затрат, ухудшение финансово-экономических показателей деятельности предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ), перегрузки мощностей сооружений и возникновение искусственных дефицитов воды, т.е. прямое ухудшение качества оказываемых услуг. Кроме того, ухудшается экологическая обстановка вследствие отрицательного воздействия на здания, сооружения, инженерную инфраструктуру города утечек из водонесущих коммуникаций, приводящих к подтоплениям и размывам грунта [3,4,8].

Хозяйственное значение снижения потерь воды заключается в том, что оно не только обеспечивает экономию значительных материальных и энергетических ресурсов, создает условия для снижения капиталовложений или отнесения их на более отдаленные сроки, но и одновременно способствует решению задачи охраны и защиты водных ресурсов от истощения и загрязнения.

Следствием всех видов потерь воды является и то, что для обеспечения нормального снабжения потребителей водой необходимо наращивать мощ-

ности систем водоснабжения опережающими темпами, что вызывает необходимость отвлечения значительных дополнительных капитальных вложений, а также материальных и трудовых ресурсов

Очевидно, что эффективно работающая система водоснабжения должна иметь систему управления всеми компонентами потерь воды [9, 10].

При реализации методики управления потерями воды следует учитывать, что для каждой водопроводной системы существует уровень утечек, ниже которого дальнейшие вложения инвестиций в снижение издержек являются неэкономичными. Другими словами, стоимость сэкономленной воды меньше, чем расходы на дальнейшее снижение утечек. Это так называемый экономичный уровень утечек [9].

В настоящее время существует ряд документов, регламентирующих порядок определения потерь воды и неучтенных расходов воды в системах коммунального водоснабжения. Однако они ориентированы в основном на небольшие предприятия ВКХ и не содержат материалов и предложений по проблеме снижения и управления потерями воды [4].

Это определило актуальность работы: создание единого методического подхода к проблеме снижения потерь воды – разработка методических указаний «Методика снижения неучтенных расходов и потерь воды в системах водоснабжения». Методические указания разработаны в развитие положений СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02–84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» для реализации проектировщиками требований, заложенных в своде правил, и выполнения грамотного и рационального проектирования сооружений и оборудования систем водоснабжения, обеспечивающих требуемое качество услуг водоснабжения и снижение всех видов потерь воды.

В Методических указаниях приведены основные принципы организационно-технических мероприятий и требований по снижению неучтенных расходов и потерь воды в системах водоснабжения.

Методические указания разработаны для применения специалистами,

чья деятельность связана с проектированием, строительством и эксплуатацией централизованных систем наружного водоснабжения, в том числе специалистами:

- проектных и эксплуатирующих организаций;

- государственных и иных органов экспертизы и согласования;

- надзорных служб в сфере природопользования, охраны водных ресурсов, защиты прав потребителей и благополучия человека;

- органов лицензирования и сертификации.

Пособие подготовлено авторским коллективом в составе: Г.Н. Громов, к.т.н. Д.Б.Фрог, к.т.н. П.Л. Карасев, к.т.н. Г.П.Варюшина, к.т.н. О.Б. Говоров, Д. В. Худякова.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Методические рекомендации распространяются на проектирование и эксплуатацию централизованных систем наружного водоснабжения населенных пунктов и объектов народного хозяйства.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»

СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02–84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»

Постановление Правительства РФ от 05.09.2013 №782 «О схемах водоснабжения и водоотведения»

СП 30.13330.2012 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий»

Методические указания по расчету потерь горячей, питьевой, технической воды в централизованных системах водоснабжения при ее производстве и транспортировке. Утв. приказом Минстроя РФ от 17 октября 2014 г. № 640/пр.

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящих Методических указаниях применяются термины и понятия, используемые в Федеральном законе от 7 декабря 2011 г. №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» и других нормативных правовых актах в сфере водоснабжения.

Водоснабжение – водоподготовка, транспортировка и подача питьевой или технической воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем холодного водоснабжения (холодное водоснабжение) или приготовление, транспортировка и подача горячей воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем горячего водоснабжения (горячее водоснабжение).

Водопроводная сеть – комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для транспортировки воды, за исключением инженерных сооружений, используемых также в целях теплоснабжения.

Абонент – юридическое лицо, а также предприниматели без образования юридического лица, имеющие в собственности, хозяйственном ведении или оперативном управлении объекты, системы водоснабжения и (или) канализации, которые непосредственно присоединены к системам коммунального водоснабжения и (или) канализации, заключившие с организацией водопроводно-канализационного хозяйства в установленном порядке договор на отпуск (получение) воды и (или) прием (сброс) сточных вод.

Водопотребление – использование воды абонентом (субабонентом) на удовлетворение своих нужд.

Неучтенные расходы воды – разность между объемами забранной воды водозаборными сооружениями и отпущенной (полученной) питьевой воды **абонентам.**

Нормативы неучтенных расходов воды – показатели, отражающие технически реальную (обоснованную) структуру и размеры неучтенных

расходов воды для конкретной водоснабжающей организации, подлежащие включению в состав затрат при калькулировании себестоимости и формированию тарифов на услуги по водоснабжению, разработке мероприятий по экономии и рациональному использованию воды, расчете лимитов забора воды из водных источников, корректировке норматива водопотребления для абонентов.

Утечки воды – самопроизвольное истечение воды из емкостных сооружений и различных элементов водопроводной сети при нарушении их герметичности и авариях.

Скрытые утечки воды – часть утечек воды, не обнаруживаемых при внешнем осмотре водопроводной сети.

Естественная убыль воды – потеря (уменьшение массы воды при сохранении ее качества в пределах требований (норм), устанавливаемых нормативными правовыми актами), являющаяся следствием естественного изменения биологических и (или) физико-химических свойств воды.

Подача воды – объем воды, поданный в водопроводную сеть зоны обслуживания от всех источников за расчетный период.

Реализация воды – объем реализованной абонентам воды по выставленным счетам за водоснабжение за расчетный период;

Потеря воды в системе водоснабжения – объем воды, теряющийся при ее транспортировании, хранении, распределении и охлаждении.

4 СТРУКТУРА НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ

Неучтенные расходы воды структурно подразделяются на следующие группы:

- полезные, технологически необходимые расходы воды,

- потери воды из водопроводной сети и емкостных сооружений,

- нерегистрируемые.

Неучтенные полезные, технологически необходимые расходы воды включают:

а) расходы питьевой воды на собственные нужды предприятия ВКХ:

• профилактическое обслуживание водопроводных сетей – промывка и дезинфекция тупиков, действующих участков трубопроводов, проверка пожарных гидрантов, проверка пропускной способности участков водопроводной сети при работе гидрантов на водоотдачу и т.п.;

- промывка и дезинфекция участков трубопроводов новых водопроводных сетей (новое строительство),

- чистка резервуаров питьевой воды (опорожнение, промывка, дезинфекция и т.д.);

- технологические нужды эксплуатации сети водоотведения (промывка и прочистка сетей);

б) расходы питьевой воды на противопожарные нужды (тушение пожаров);

в) расходы воды на нужды городского хозяйства, не предъявляемые к оплате потребителям по решению местных органов власти.

В связи с практикой проведения на водопроводной сети работ по ее обследованию, наладке и интенсификации к неучтенным нужно также относить количества воды, расходуемые при выполнении натурных гидравлических испытаний. Показатель «неучтенные расходы воды» должен отражать (и соответственно в него должны включаться в качестве составляющих) неоплачиваемые, но необходимые технологические расходы,

обеспечивающие нормальную эксплуатацию и хозяйственно-финансовую деятельность водоснабжающего предприятия.

Потери воды из водопроводной сети и емкостных сооружений включают:

а) скрытые утечки воды из водопроводной сети и емкостных сооружений – разновидность утечек воды, не обнаруживаемых при внешнем осмотре водопроводной сети и емкостных сооружений;

б) видимые (реальные) утечки воды при авариях и повреждениях трубопроводов и арматуры;

в) потери воды при проведении работ, связанных с устранением повреждений на водопроводной сети (ремонте трубопроводов, арматуры и сооружений);

г) утечки через водоразборные колонки.

Нерегистрируемые расходы включают:

- расходы воды, не зарегистрированные средствами измерений вследствие недостаточной чувствительности и наличия погрешности средств измерений;

- расходы воды, не регистрируемые организацией водопроводно-канализационного хозяйства и не оплаченные потребителями при самовольном пользовании системами коммунального водоснабжения.

Расчет потерь воды при ее транспортировке осуществляется в целях обоснования балансов водоснабжения, установления долгосрочных параметров регулирования тарифов, расчета тарифов организаций, осуществляющих горячее водоснабжение, холодное водоснабжение, а также в целях определения показателей эффективности использования ресурсов.

Размер неучтенных расходов может быть оценен на основе анализа их структуры, сбора, систематизации, обработке и анализа исходной информации по эксплуатации и особенностям устройства городских водопроводных сетей. Общий размер неучтенных расходов воды для конкретной системы водоснабжения определяется как сумма

соответствующих объемов воды по вышеперечисленным группам, входящим в структуру неучтенных расходов [4] .

Разовое определение всех видов неучтенных расходов и потерь воды, включая утечки воды из сети, непосредственно на водопроводах невозможно, учитывая непрерывный цикл производства и потребления воды. Кроме того, этот подход не позволяет получить достоверные данные об их уровне в дальнейшем, так как при таком определении велика вероятность получения случайных, нехарактерных значений.

Поэтому Методика регламентирует как применение расчетных методов, базирующихся на вероятностно-статистических оценках, в основу которых положены накопленные за длительные периоды наблюдений данные о фактических расходах воды и фактические показатели надежности элементов системы (сооружений, участков труб, арматуры и т. п.), так и использование эксплуатационных данных, отражающих технически реальную структуру и размер неучтенных расходов воды.

Основным источником информации по оценке неучтенных расходов и потерь воды должны служить сведения, предоставляемые эксплуатационными службами предприятия ВКХ [7].

Организация целенаправленной и планомерной борьбы с потерями воды возможна только при условии совершенствования технической эксплуатации сооружений, интенсификации производства, коренного улучшения повседневного учета и контроля подачи и реализации воды.

5 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ. ВОДНЫЙ БАЛАНС

Методы оценки неучтенных расходов и потерь воды разработаны на основе законодательных актов Российской Федерации, строительных норм и правил, санитарных правил и норм, правил пожарной безопасности и содержат порядок определения величин неучтенных расходов и потерь воды в городской водопроводной сети [6, 7].

5.1 Расход воды на собственные нужды предприятия ВКХ

Расходы воды на собственные нужды предприятий ВКХ складываются из расходов воды на обслуживание производственных фондов (очистных сооружений, резервуаров питьевой воды, водопроводных и канализационных сетей, производственных баз, мастерских, гаражей и др.) и на хозяйственно-питьевые нужды структурных подразделений предприятия ВКХ.

Процент расхода воды на собственные нужды станций водоподготовки $П_{СН}$ не должен превышать при повторном использовании промывной воды 3–4% количества воды, подаваемой потребителям, без повторного использования – 10–14%, для станций умягчения воды – 20–30% [7]:

$$П_{СН} = \frac{W_{СН}}{W_{под}} \cdot 100\%, \qquad (5.1)$$

где $П_{СН}$ – процент собственных нужд;

$W_{СН}$ – расход воды на собственные нужды;

$W_{под}$ – объем воды, поданной в сеть.

Если вода на технологические нужды станций водоподготовки забирается из собственного водопровода, обслуживающего очистные сооружения, то затраты на ее подачу включаются в калькуляцию себестоимости очистки воды, т. е. не включаются в структуру неучтенных расходов воды и определяются в соответствии с СП 31.3330. 2012 [8].

Расходы воды на нужды лабораторий организаций водопроводно-канализационного хозяйства определяются по количеству работающих и нормам СП 30.13330. 2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Объем $W_{лаб}$, м^3 израсходованной воды равен:

$$W_{лаб} = 0{,}001 q N T, \quad (5.2)$$

где q – расход воды на одного работающего, принимаемый по СП 30.13330. 2012,

N – число работающих в лабораториях, чел.,

T – продолжительность расчетного периода, сут.

Расход воды из пробоотборных кранов на насосных станциях определяется по нормам СП 30.13330.2012 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий» на 1 кран [10].

Общий объем воды $W_{проб}$, м^3, израсходованной из пробоотборных кранов за расчетный период, составит:

$$W_{проб} = 8{,}64 T_n, \quad (5.3)$$

где n – общее число пробоотборных кранов.

Расходы воды на обслуживание производственных фондов предприятия ВКХ нормируются по действующим нормативным документам, проектным данным или по паспортным данным заводов-изготовителей соответствующего оборудования.

Расходы и объемы воды на производственные нужды собственной котельной, компрессорной, воздуходувной станции, мастерской, гаража и других объектов вспомогательного назначения определяются по данным типовых или индивидуальных проектов этих объектов по соответствующим нормативам.

Суммарный объем воды $W_{пр}$, м^3, израсходованной на производственные нужды объектов вспомогательного назначения за расчетный период, составит:

$$W_{пр} = T \sum_{1}^{n} Q_i \quad (5.4)$$

где Q_i – расход воды на производственные нужды i-го объекта, м^3,

n – число объектов вспомогательного назначения.

Нормативные расходы воды на собственные хозяйственно-питьевые нужды также определяют по СП 30.13330. 2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Объем воды на хозяйственно-питьевые нужды $W_{хп}$, м^3, израсходованной за расчетный период, составит:

$$W_{хп} = T \sum_{1}^{n} q_i N_i, \qquad (5.5)$$

где q_i – норма расхода воды по таблице 5.1,

N_i – число потребителей.

Оплата указанного количества воды идет по смете затрат соответствующим подразделениям. Вследствие этого указанные расходы не входят в состав показателей, формирующих структуру нереализованной воды, и включаются в объем реализации.

5.2 Профилактическое обслуживание водопроводных сетей

Для поддержания пропускной способности водопроводных сетей и обеспечения их санитарной надежности (особенно тупиковых участков и участков с малыми скоростями) в соответствии с «Правилами технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации» (М., Госстрой РФ, 2000) проводится их профилактическая прочистка и промывка [7].

Профилактическое обслуживание водопроводных сетей включает следующие виды работ:

- прочистка, промывка и дезинфекция тупиков, действующих участков трубопроводов,

- проверка пожарных гидрантов,

- проверка пропускной способности участков водопроводной сети при работе гидрантов на водоотдачу.

Частота промывки, протяженность промываемых участков осуществляется по годовым планам профилактических работ. Проводятся промывки:

- действующей сети,
- тупиковых участков,
- участков трубопроводов после реконструкции (санации) и ремонта,
- участков трубопроводов нового строительства.

При наличии жестких отложений в трубопроводах профилактической промывке должна предшествовать прочистка трубопроводов с последующей дезинфекцией.

Прочистка трубопроводов имеет не только самостоятельное значение (восстановление пропускной способности, предотвращение вторичного загрязнения), но также является обязательным этапом в технологическом процессе восстановления внутренней поверхности труб. В основном применяются следующие способы очистки трубопроводов от отложений: механический (скребковый), гидромеханический, гидродинамический, гидропневматический, гидравлический.

Секундный расход воды q, м/сек на промывку i-го участка водопроводной сети зависит от способа промывки, промываемого диаметра трубопровода и скорости движения воды. До промывки участков они отключаются и опорожняются. Потери воды Q_i при опорожнении трубопроводов определяются по формуле:

$$Q_i = \sum l d_i^2 \pi / 4, \qquad (5.6)$$

где ℓ – длина опорожняемого участка, м,

d_i – диаметр трубопровода, м

Продолжительность промывки на одном участке принимается по опыту эксплуатации, но не менее 1 ч в зависимости от характера и количества отложений. Объем воды, израсходованный на профилактическую промывку тупиков, вычисляется по следующей формуле:

$$W^{np}_1 = 3600 \sum f_i v_i t_i = 3600 p/4 \sum d_i^2 v_i t_i = 2800 \sum d_i^2 v_i t_i, \qquad (5.7)$$

где V – скорость при промывке i-го тупика, м/с;

f_i – площадь сечения i-го тупика, м^2;

d_i – диаметр i-го тупика, м;

t_i – продолжительность промывки тупика, ч.

Объем воды, израсходованный на профилактическую промывку действующих водопроводных сетей (с малыми скоростями), определяется по формуле:

$$Q_i^{np} = 7489\, d^2_i\, \sqrt{H_i}\; t_i\, n, \qquad (5.8)$$

где H_i – давление, м. вод. ст.;

d_i – диаметр трубопровода, м;

t_i – продолжительность промывки i-го промываемого участка, ч (принимается по опыту эксплуатации, но не менее 1 ч для тупиков и 4 ч для промывки водопроводных сетей);

n – количество промытых участков.

Дезинфекция водопроводных сетей и расчет объема воды на промывку трубопроводов после дезинфекции определяется на основании «Правил технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации» (Госстрой РФ, 2000) и согласовывается с территориальным отделением Роспотребнадзора [7, 10].

Дезинфекции подлежат участки трубопроводов и арматура, на которых проводились ремонтные или профилактические работы с нарушением герметичности водопровода, а также новые трубопроводы. Порядок и метод выполнения дезинфекции зависят от характера работ, произведенных на водопроводной сети. Дезинфекция водопроводных сетей проводится водным раствором гипохлорита натрия ГОСТ 11086-76А.

Расход воды на дезинфекцию водопроводных сетей в соответствии с требованиями Приложения 5 СНиП 3.05.04-85* «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации» складывается из объемов воды на заполнение и промывку трубопровода и вычисляется по формуле:

$$Q^{\text{дез}} = 0{,}785\sum d^2 i L_i (K_1 + K_2) \qquad (5.9)$$

где $Q^{\text{дез}}$ – объем воды, м^3, израсходованный при дезинфекции участка трубопровода протяженностью L_i, м, законченного строительством или отремонтированного после аварии,

d_i – диаметр i-го промываемого участка,

L_i – протяженность i-го промываемого участка,

K_1 и K_2 – коэффициенты, учитывающие необходимое увеличение объема воды на дезинфекцию и промывку для достижения концентраций хлорной воды в наиболее удаленной точке участка трубопровода, составляющих по СНиП 3.05.04-85* «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации не менее 0,3 г/м^3 остаточного хлора в промывной воде.

Объем воды на промывку определяется 12-кратным объемом промываемого участка трубопровода (K_1 = 2, K_2 = 10). Диаметр и длина участка выбираются из Базы данных инвентаризации участков трубопроводов или задаются диспетчером предприятия ВКХ. Обмен воды рассчитывается на максимальные скорости (не менее 1,5 м/с), исходя из пропускной способности водостока и водоотводов.

5.3 Расход воды при новом строительстве и реконструкции водопроводных сетей

Профилактическое обслуживание новых участков водопроводных сетей, а также участков после капитального ремонта включает их промывку и дезинфекцию.

Объем воды, требуемый для промывки и дезинфекции, рассчитывается на максимальные скорости не менее 1,5 м/с, при этом предусматривается 12-кратный объем воды. Объем воды определяется по формуле

$$Q_i^{\text{пр}} = \sum l d_i^2 \pi / 4 \cdot 12,$$

где d_i – диаметр i-го промывного участка

l – протяженность i-го промывного участка, м

Расход воды на дезинфекцию определяется по формуле:

$$Q^{\text{дез}} = 0{,}785\sum d^2 i L_i (K_1 + K_2).$$

5.4 Расходы воды на проверку пожарных гидрантов и пропускной способности участков водопроводной сети на водоотдачу

Общий объем воды, израсходованный на проверку действия пожарных гидрантов, определяется по формуле:

$$Q^{\text{пг}} = 3{,}6\sum (q_i n_i t_i), \qquad (5.10)$$

где q_i – расход воды, л/с, на 1 ствол при тушении пожара из гидрантов (15 л/с);

n_i – количество задействованных гидрантов;

t_i – продолжительность действия гидрантов, ч (принимается по фактическим данным, при их отсутствии допускается принимать продолжительность действия равной 0,12 ч).

Этот вид работ относится к профилактическому обслуживанию водопроводных сетей. Рекомендуется проверять совместно с противопожарной службой пожарные гидранты на водоотдачу два раза в год (полным сечением). По данным эксплуатации на 1 гидрант расходуется 0,3 м^3 воды.

При проверке пропускной способности участков водопроводной сети на водоотдачу проверяются задвижки на спускных линиях, отвод воды в дренажную или водосточную сеть.

5.5 Расходы воды на тушение пожаров

На цели пожаротушения вода расходуется из пожарных гидрантов, внутренних пожарных кранов, спринклерных и дренчерных систем, автоцистерн. В соответствии с «Правилами пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации» [6]

учет расходов воды на пожаротушение осуществляется в порядке, определяемом органами местного самоуправления. Объем воды, израсходованный на тушение *i*-того пожара, определяется по формуле:

$$Q^{пож} = m_i V + 3{,}6\sum(q_i n_i t_i), \quad (5.11)$$

где m_i – количество автоцистерн;

V – вместимость автоцистерны, м^3

q_i – расход воды л/с на 1 ствол при тушении пожара из гидрантов, на 1 пожарный кран и на одну систему автоматического пожаротушения, 15 л/с,

n_i – количество задействованных гидрантов, кранов или систем автоматического пожаротушения,

t_i – продолжительность действия гидрантов кранов или систем автоматического пожаротушения, ч,

Параметры m_i, V, n_i, t_i принимаются по данным государственной противопожарной службы, при отсутствии данных допускается принимать продолжительность действия равной 3 ч.

Общий объем воды $Q^{пож.}$, м^3, израсходованной на пожаротушение за расчетный период, составит:

$$Q^{пож.} = \sum Q^{пож.} \quad (5.12)$$

5.6 Расходы воды при проведении работ, связанных с устранением аварий и повреждений на водопроводной сети

При ремонтных работах, связанных с устранением аварий и повреждений трубопроводов при их ремонте и замене, расходы воды вызваны:

- опорожнением трубопроводов для производства ремонтных работ;
- промывкой трубопроводов перед дезинфекцией;
- дезинфекцией трубопроводов;
- промывкой трубопроводов после дезинфекции.

Объем воды при опорожнении участка трубопровода $Q^{оп}$ определяется по формуле:

$$Q^{оп} = \Sigma l d_i^2 \pi / 4,$$

где ℓ – длина опорожняемого участка, м;

d_i – диаметр трубопровода, м.

Диаметр и длина участка выбираются из базы данных участков трубопроводов. Расход воды на промывку трубопроводов после устранения повреждений при отключении сети вычисляется по формуле:

$$Q = \ell \cdot \pi d^2 / 4,$$

где ℓ – длина промываемого трубопровода;

d –диаметр промываемого трубопровода.

Диаметр и длина промываемого участка выбираются из базы данных участков. Задаваемый расход на 12-кратный обмен воды рассчитывается на максимальные скорости (не менее 1,5 м/с), исходя из пропускной способности водостока и водоотводов.

Объем воды при дезинфекции участков трубопровода после устранения повреждений определяется по следующей формуле:

$$Q^{дез} = 0{,}785 \Sigma d^2_i L_i (K_1 + K_2). \qquad (5.13)$$

5.7 Расходы воды на профилактическую очистку резервуаров питьевой воды (РПВ).

Расходы воды на профилактическую очистку резервуаров питьевой воды (РПВ) складывается из расходов воды на смыв осадка, дезинфекцию и промывку стенок и днища и включает:

А) Расход воды на утечку с поверхности РПВ: (определяется в соответствии со СниП 3.05.04-85 «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации», п. 7.33.: для емкостных сооружений убыль воды за сутки не превышает 3 л на 1 м^2 смоченной поверхности стен и днища).

Б) Расход воды на промывку и дезинфекцию резервуаров питьевой воды, который определяется как сумма:

- объема воды в РПВ, сбрасываемого в водосток, после сработки уровня воды в резервуаре до 1,5 м;

- объема воды на отмывку внутренних поверхностей резервуара и смыв осадка с днища;

- объема воды для приготовления раствора гипохлорита натрия, идущего на дезинфекцию резервуара;

- объема воды в РПВ, сбрасываемого в водосток по окончании времени контакта с дезинфицирующим раствором, после наполнения резервуара до уровня 0,5 м;

- объема воды, равный 1,5 $W_{\text{рпв}}$, сбрасываемый в водосток при разбавлении дезинфицирующего раствора и водообмене.

В). Расход воды на гидравлическое испытание РПВ, равного его объему.

Дезинфекцию РПВ осуществляют согласно СНиП 3.05.04-85*: через 2 часа после дезинфекции выполняют промывку РПВ для удаления из него отработанного раствора гипохлорита натрия методом наполнения резервуара водой на высоту около 0,5 м и последующим ее сбросом в водосток (в случае дезинфекции методом орошения).

Промывку производят так же, как и смыв осадка. Для резервуаров вместимостью более 100 м^3 объем воды Q_{pi}, м^3 , израсходованной на очистку i-го резервуара, составит:

$$Q_{pi} = 3{,}6\, q_i\, n\, (t_1 + t_2) + 0{,}5\, F_i\, 10^{-3}, \qquad (5.14)$$

где: q_i – расход струи, л/с ;

t_1 – продолжительность смыва осадка, ч;

t_2 – продолжительность последующей промывки, ч;

n – число струй;

F_i – площадь внутренней поверхности резервуара, м^2.

Промывка резервуара питьевой воды проводится по согласованию с территориальным отделением Роспотребнадзора.

5.8 Технологические нужды эксплуатации трубопроводов сетей водоотведения – промывка сетей

Объем воды на технологические нужды эксплуатации сетей водоотведения (промывка сетей) определяется по формуле:

$$Q_m = 2800 \sum d_i^2 v_i t^i , \qquad (5.15)$$

где V_i – скорость при промывке 1,5 м/с

d_i – диаметр *i*-го промывного участка, м

t_i – продолжительность промывки i-го промывного участка, ч

Скорость промывки, (м/с) принимается:

- при водяной промывке 1–1,5 м/с;

- при гидропневматической и гидромеханической – в зависимости от вида отложений от 1,5 до 3 м/с.

5.9 Расходы питьевой воды, не зарегистрированные средствами измерений и неучтенные расходы воды вследствие погрешности средств измерений

Учет воды на водопроводных станциях должен осуществляться автоматизированной системой диспетчерского контроля и управления (АСКДУ). В состав измерительных каналов АСКДУ входят следующие компоненты: ультразвуковые расходомеры, контроллеры, линии связи. Погрешность при измерениях подачи воды в город составляет 2,5% от подачи воды и складывается из погрешности непосредственно приборов учета воды (1,5%) и погрешности каналов связи (1,0%). Для учета воды у абонентов предприятия ВКХ применяются водосчетчики крыльчатого типа – калибры 15, 20, 25, 32, 40 мм и турбинного типа – 50, 65, 80, 100, 150, 200 мм. Предел средней интегральной погрешности счетчика составляет 1,8%.

5.10 Утечки воды через водоразборные колонки

Объем воды Q_i, м^3, вытекшей через водоразборные колонки, имеющие утечки за расчетный период t, ч, составит:

$$Q_i = \delta \cdot n \cdot q \cdot t\,, \qquad (5.16)$$

δ – доля водоразборных колонок, имеющих утечки в долях единицы,

n – общее количество водоразборных колонок,

q – средний расход воды при утечке, м^3/сут (при отсутствии фактических данных средний расход воды при утечке через водоразборные колонки допускается принимать равным 21,6 м^3/сут)

t – расчетный период (сут).

5.11 Расходы воды при авариях на водопроводной сети до локализации повреждения

Расход воды, вытекающий из i-того отверстия в трубах или арматуре при авариях или повреждениях на водопроводной сети рассчитывается по формуле:

$$Q_i = 3600\mu\,\omega\,\sqrt{2gH_i}\,, \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad (5.17)$$

где: μ – коэффициент расхода, 0,6 ,

ω – площадь живого сечения i-го отверстия, м^2,

g – ускорение силы тяжести, 9,81 м/с^2,

H_i – средний напор воды в трубопроводе на поврежденном участке, м.

При этом объем воды Q, вытекший за расчетный период t (ч) из n-го отверстия, составит:

$$Q = 9600\,t\,\omega\sqrt{H_i}\,, \qquad (5.18)$$

где t – продолжительность утечки по фактическим данным с момента заявки до локализации, ч,

ω – площадь живого сечения i-го отверстия, м^2,

H_i – средний напор воды в трубопроводе на поврежденном участке, м.

Площадь живого сечения отверстия ω измеряют при вскрытии поврежденного участка, например, наложением миллиметровки на отверстие, однако это не во всех случаях возможно. Тогда для различных видов повреждений используют средние величины, исходя из опыта эксплуатации.

Так при повреждениях стенок трубопроводов, нарушениях стыковых соединений трубопроводов, поломках запорно-регулирующей арматуры, обратных клапанов, фланцев принимают следующие средние значения площади живого сечения характерного повреждения:

$$\omega_i = 0{,}0002 \text{ м}^2.$$

При трещинах в трубопроводах:

$$\omega_i = 0{,}0002 \text{ м}^2.$$

При переломах труб

$$\omega_i = 0{,}03 \text{ м}^2.$$

При описании вида повреждения указываются геометрические размеры повреждения:

а) для свищей, электрокоррозии труб задается диаметр повреждения в мм;

б) при течи между фланцами, компенсаторов, раструбных соединений, трещинах на трубах, расстройствах сварных швов, стыков или цементной заделки задается длина и ширина в мм;

в) при течи сальников задвижки задается длина и ширина в мм;

г) при переломах труб, разбитых трубах, размороженных или разорванных трубах, задвижках или фасонных частях, если площадь изливного отверстия больше поперечного сечения трубы или размеры повреждения не заданы, то при расчетах используется диаметр трубопровода;

д) при нарушении герметичности пожарного гидранта и при повреждении запрашивается длина и ширина в мм, если введен только один размер он задает диаметр,

е) при открытом пожарном гидранте задается диаметр в мм и % открытия.

Длительность излива воды (продолжительность утечки) определяется как разность между временем поступления заявки и временем закрытия. При

выполнении работ без закрытия время локализации определяется по времени окончания работы (раскопки).

Давление в магистралях, сетях и на водопроводных вводах определяется по напорам на планшете в соответствии с данными манометрической съемки, проводимой два раза в год, а для заводомерной сети или, если данных по напорам нет, задается диспетчером по запросу.

5.12 Скрытые утечки

Наличие скрытых утечек воды из водопроводной сети обнаруживают с помощью электронно-акустических приборов, а также по результатам манометрических съемок или систематического контроля давлений в сети при наличии соответствующих средств регистрации. Основной метод обнаружения скрытых утечек основан на улавливании шумов, распространяющихся в земле вдоль трубопровода. Источником этих шумов является течь воды из поврежденного трубопровода.

Установлено, что весьма разнообразные по происхождению данные об утечках аппроксимируются линейной функцией зависимости удельных объемов потерь воды и интенсивности отказов (рис. 5.1):

$$q_{ср} = 0{,}5\lambda + 0{,}15, \qquad (5.19)$$

где $q_{ср}$ – средняя величина утечек для данной категории трубопроводов, л/с/км;

$\lambda(t)$ – интенсивность отказов трубопровода (с изливом воды), определяется по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{\sum n_i(t)}{\sum l_i\, t} \qquad (5.20)$$

здесь n – количество отказов участков трубопроводов определенного материала и диаметра за период времени эксплуатации t,

$\sum l_i$ – суммарная длина всех участков трубопроводов каждого диаметра и материала.

Интенсивность отказов участка трубопровода – $\lambda(t)$ характеризует плотность вероятности возникновения отказа в рассматриваемый момент времени (т. е. риск появления отказа (аварии или повреждения) трубопровода).

Полученная формула (5.19) позволяет с одной стороны определить общую величину расходов воды из-за скрытых утечек по всей водопроводной сети города, а с другой объективно сопоставить полученные данные с результатами зарубежных оценок величины скрытых потерь воды.

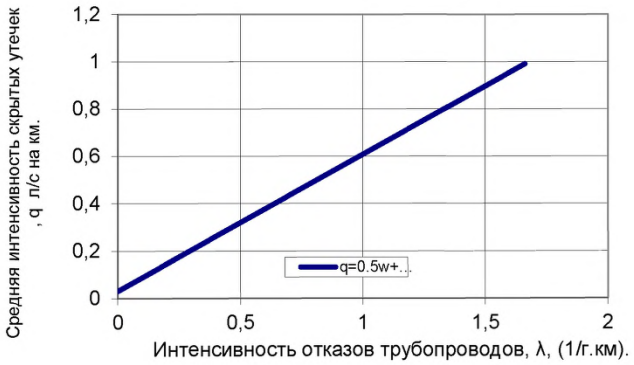

Рисунок 5.1 – Зависимость средней величины утечек от интенсивности отказов трубопроводов

На рисунке 5.2 показана взаимосвязь между интенсивностью появления утечек $\lambda_{ут}$, определяемой как удельное число утечек на 1 км сети, и параметром потока отказов.

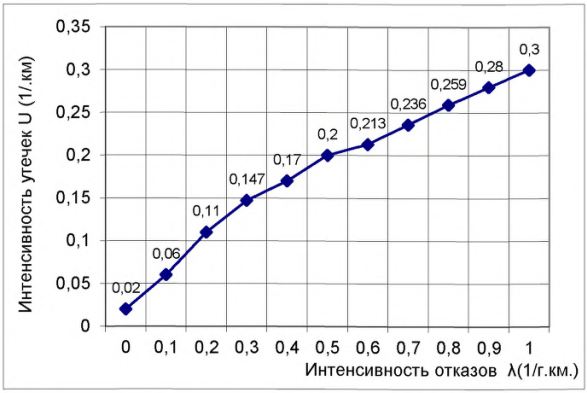

Рисунок 5.2 – Зависимость интенсивности утечки от интенсивности отказов

Расчет общей величины скрытых утечек производится следующим образом:

а) по данным о протяженности сети и количестве аварий на трубопроводе данного диаметра (или по сети в целом) определяется интенсивность отказов $\lambda(t)$.

б) по графику рисунка 5.1 определяется средняя величина скрытых утечек, $q_{ср.}$, л/с/км;

в) определяется общая величина расхода воды при скрытых утечках

$$Q_{ут.} = Lq \quad (м^3/с)., \tag{5.21}$$

где $Q_{ут}$ – общий объем утечек, $м^3/с$;

L – длина трубопроводов сети, м;

г) вычисляется объем утечки за сутки:

$$Q_{ут} = 86400 Q_{ут};$$

д) определяется относительная величина скрытых утечек

$$K(п) = Q_{ут}/ Q_{ср.сут.} \times 100, \ м^3/сут.;$$

где Кп – относительная величина скрытых утечек, %,

$Q_{ут.}$ – общий объем утечек, $м^3/сут.$;

$Q_{ср.сут.}$ – средняя суточная подача воды в сеть, $м^3/сут.$

5.13 Потери питьевой воды за счет естественной убыли

Потери питьевой воды за счет естественной убыли определяются на основании Постановления Правительства Российской Федерации от 12 ноября 2002 г. №814 «О порядке утверждения норм естественной убыли при хранении и транспортировке товарно-материальных ценностей» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, № 46, ст. 4596)

Норма естественной убыли – это предельно допустимая величина безвозвратных потерь воды, возникающих непосредственно при ее транспортировке и передаче абонентам вследствие сопровождающих их физических процессов (просачивания через поверхности, брызгоуноса и испарения).

В норму естественной убыли включаются:

- потери от просачивания воды при ее подаче по напорным трубопроводам водопроводной сети

- потери от просачивания воды при ее хранении в РЧВ, размещенных на водопроводной сети, при их исправном техническом состоянии

- потери на брызгоунос (ветровой и капельный унос) и испарение воды при эксплуатации фонтанов, в случае, если фонтанные системы имеют балансовую принадлежность организации ВКХ.

Нормы естественной убыли воды при хранении в РЧВ, размещенных на ВС устанавливаются в килограммах на 1 $м^2$ смоченной поверхности РЧВ в час.

Нормы естественной убыли воды при эксплуатации фонтанов установлены в килограммах на тонну воды, находящейся в оборотной системе фонтана в течение часа. Нормы естественной убыли воды на ветровой и капельный унос при эксплуатации фонтанов принимаются 20 килограммов на тонну воды, находящейся в оборотной системе фонтана в течение часа

Естественная убыль воды при ее хранении в резервуаре питьевой воды (РПВ), определяется по формуле:

$$Q_2 = t\sum_i^N F_i \times 0{,}125t\,, \qquad (5.22)$$

где F_i – на 1 м^2 смоченной поверхности i-го РПВ. Площадь смоченной поверхности определяется при наполнении резервуара до половины рабочей глубины;

0,125 – норма естественной убыли воды при хранении в РПВ, кг/м^2 ч,

t – продолжительность работы i-го РПВ за расчетный период, ч;

N – количество резервуаров питьевой воды.

5.14 Определение общего размера неучтенных расходов и потерь воды

Общий размер неучтенных расходов и потерь воды определяется как сумма соответствующих объемов воды по вышеперечисленным группам, входящим в структуру неучтенных расходов и потерь воды.

Расчетная величина потерь и неучтенных расходов воды городской водопроводной сети в процентах от объема поданной в сеть воды, определяется по формуле:

$$P = \frac{Q}{Q_n} \cdot 100\ (\%), \qquad (5.23)$$

где P – расчетная величина (в %) потерь и неучтенных расходов воды;

Q – расчетный годовой объем потерь и неучтенных расходов воды, м^3;

Qn – годовой объем воды, поданный в сеть городского водопровода, м^3.

В качестве перспективных методов определения лучшего показания эффективности по управлению потерями следует рассматривать потери воды в кубометрах на 1 км трубопроводов или в литрах по потребительский отвод в день на 1 м давления [13].

При этом расчетная величина потерь и неучтенных расходов воды городской водопроводной сети в м^3/(сут·км) определится по формуле:

$$P^l = \frac{Q}{\sum L} \qquad (5.24)$$

где Q – расчетный объем потерь и неучтенных расходов воды, м^3/сут.;

$\sum L$ – протяженность трубопроводов городской водопроводной сети, км.

5.15 Расчет водного баланса

Потери воды являются основой составления водного баланса. Он определяется путем оценки или учета произведенной, потребленной и потерянной воды – вычисления должны привести к балансу.

С учетом рекомендаций Международной ассоциации по водоснабжению (IWA) предлагается стандартизированный подход к структуре и составлению водного баланса. Структура водного баланса приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Водный баланс стандарта IWA

Общая	1. Санкцио-нированное потребление	1.1. Оплаченное санкционированное потребление	1.1.1.Реализация воды (измеренное водопотребление)	Доходная вода
		1.2. Неоплаченное санкционированное потребление (Полезные технологически необходимые расходы воды)	1.2.1.Собственные нужды предприятия ВКХ. 1.2.2.Профилактическое обслуживание водопроводных сетей: - промывка тупиков (опорожнение, промывка, дезинфекция), - промывка действующих участков трубопроводов (опорожнение, промывка, дезинфекция), сетей с малыми скоростями - промывка новых участков трубопроводов (опорожнение, промывка, дезинфекция) – новое строительство, - проверка пожарных гидрантов, - проверка работоспособности пожарных выпусков, 1.2.3.Расходы воды при проведении работ, связанных с устранением аварий и повреждений на водопроводной сети, (опорожнение, промывкой трубопроводов, дезинфекция, промывкой трубопроводов после дезинфекции): 1.2.4.Профилактическая чистка резервуаров питьевой воды (опорожнение, промывка, дезинфекция) 1.2.5.Технологические нужды эксплуатации трубопроводов	Бездоходная вода

подача воды в сеть			сетей водоотведения (промывка) 1.2.6. Противопожарные нужды – тушение пожаров. 1.2.7. Расход воды на нужды городского хозяйства (полив зеленых насаждений, улиц).	
	2. Потери воды	2.1. Нерегистрируемые расходы	2.1.1. Расходы воды, не зарегистрированные средствами измерений вследствие недостаточной чувствительности средств измерений, 2.1.2. Неучтенные расходы воды вследствие погрешности средств измерений. 2.1.3.Несанкционированное водопользование	Бездоходная вода
		2.2. Утечки воды	2.2.1.Расходы воды при авариях на водопроводной сети до локализации повреждения. 2.2.2. Расход воды при утечке через водоразборные колонки 2.2.3. Скрытые утечки 2.2.4. Утечки воды в резервуарах питьевой воды	

Санкционированное потребление – годовой объем учтенной и/или неучтенной воды, отобранный зарегистрированными потребителями. (абонентами).

Бездоходная вода – разность между входным объемом системы и оплаченным санкционированным потреблением, состоит из:

- неоплаченного санкционированного потребления (как правило, малая компонента водного баланса);

- потерь воды.

Потери воды равны разности входного объема системы и санкционированного потребления и включают в себя видимые потери и реальные потери. Видимые потери состоят из несанкционированного потребления и всех видов погрешности учета. Реальными потерями называется ежегодный объем воды, теряемой через все виды утечек, разрывов трубопроводов, переполнений резервуаров чистой воды, вплоть до водосчетчика потребителя.

Объем бездоходной воды вычисляется путем вычитания объема оплаченного санкционированного потребления из входного объема системы. Для автоматизированного расчета Водного баланса разработана программа для ЭВМ – «Водный баланс».

Главное меню программы «Водный баланс» приведено на рисунке 5.3.

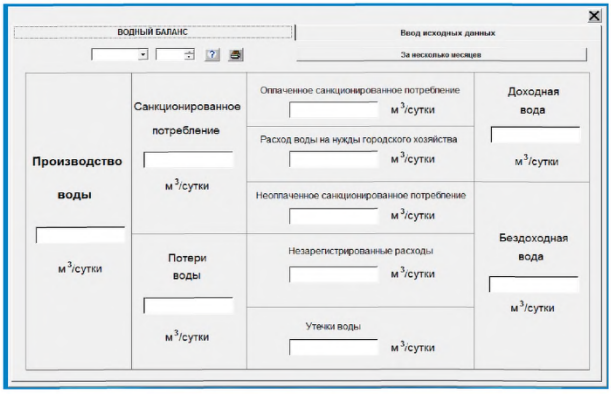

Рисунок 5.3 – Главное меню программы «Водный баланс»

На рисунке 5.4 приведена форма ввода исходных данных для расчета потерь воды.

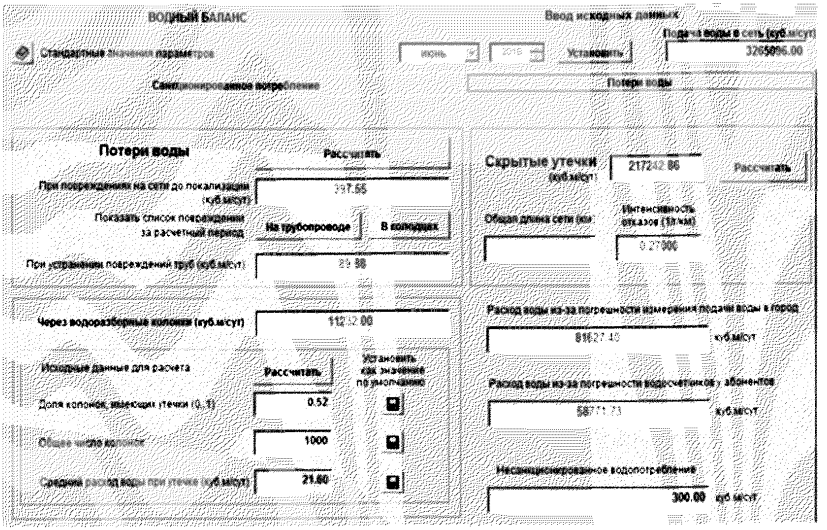

Рисунок 5.4 – Форма ввода исходных данных для расчета потерь воды

6 ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН И ВЕЛИЧИН ПОТЕРЬ ВОДЫ

Основной причиной низкой надежности трубопроводов являются неудовлетворительные условия эксплуатации, низкое качество строительно-монтажных работ, труб и соответственно их раннее старение. Существенными факторами являются условия прокладки, окружающая среда (городское движение транспорта, наличие блуждающих токов, подземных вод, высокое давление в сети и др.).

К наиболее часто встречающимся дефектам водопроводных труб, приводящим к утечкам воды относятся:

- свищ с инфильтрацией воды;
- свищ без инфильтрации воды;
- расхождение сварных стыковых соединений без инфильтрации;
- расхождение сварных стыковых соединений с инфильтрацией;
- свищевые повреждения, устраненные чопами;
- известковые отложения на стенках трубопроводов;
- трещина в полиэтиленовой трубе;
- перелом чугунной трубы;
- зазор в раструбном соединении трубы;
- сколы в железобетонной трубе.

К основным внешним дестабилизирующим факторам влияния на уровень надежности трубопровода и следовательно риск возникновения его отказа (повреждения с изливом воды) относятся следующие факторы, которые могут быть ранжированы в следующей последовательности:

1 ранг: материал труб и его качество (сталь);

2 ранг: наличие и качество изоляционного покрытия;

3 ранг: отсутствие защиты от электрокоррозии (в т. ч. наличие блуждающих токов и коррозионной активности грунта)

4 ранг: возраст трубопроводов;

5 ранг: диаметр трубы;

6 ранг: наличие и глубина залегания подземных вод;

7 ранг: гидравлические показатели (величина и динамика изменения напоров в сети, скоростей течения);

8 ранг: интенсивность транспортных и пассажиропотоков;

9 ранг: глубина залегания труб;

10 ранг: число уже прошедших аварий (повреждений) на участке;

11 ранг: тип грунта;

12 ранг: качественные характеристики транспортируемой воды.

В таблице 6.1 представлен перечень внешних и дестабилизирующих надежность труб факторов по балльной системе их значимости.

Таблица 6.1 – Перечень внешних и дестабилизирующих надежность труб факторов по балльной системе их значимости

Номер	Внешние факторы и элементы их состояния	Баллы значимости
1	2	3
1.	Материал труб и его качество	
	- трубы из асбестоцемента	100
	- чугунные	20
	- стальные	18
	- ПВХ	15
	- ПЭ	7
	- ВЧШГ	6
	- железобетонные	5
2.	Наличие и качество изоляционного покрытия	
	Наличие внешнего покрытия	
	1. удовлетворительное состояние внешнего покрытия	55
	2. неудовлетворительное состояние внешнего покрытия;	100
	Наличие внутреннего покрытия	
	3. удовлетворительное состояние внутреннего покрытия	55
	4. неудовлетворительное состояние	100

	внутреннего покрытия;	
	При одновременном наличии внешнего и внутреннего покрытий:	Если (1) и (3), принять 4 Если (1) и (4), принять 55 Если (2) и (3), принять 55 Если (2) и (4), принять 100
3.	Отсутствие защиты от электрокоррозии	
	- отсутствие СКЗ	100
	- наличие СКЗ и неэффективная ее работа	51
	- наличие СКЗ и эффективная ее работа	2
4.	Возраст трубопроводов (год укладки)	
	- чугунные трубы (годы):	
	1–4	15
	5 –10	10
	11- 15	4
	16–20	30
	21–25	45
	26–30	60
	31–35	70
	36–40	85
	41 и более	100
	- стальные трубы:	
	1–4	20
	5–10	10
	11–15	4
	16–20	35
	21–25	45
	26–30	65
	31–35	75
	36–40	90
	41 и более	100
5.	Диаметр трубопровода, мм	Сталь Чугун ВЧШГ
	100	100 100 100

	200	99	40	20
	300	22	23	10
	400	17	18	9
	500	11	12	8
	600	9	10	5
	700	7	8	4
	800	5	6	3
	900	2	3	1
	1000 и более	1	1	1
6.	Наличие и глубина залегания подземных вод			
	- при напоре воды свыше 4 м и наличии минерализованных вод	100		
	- то же при наличии слабоминерализованных вод	75		
	- то же при наличии пресных вод	50		
	- при напоре воды от 3 до 4 м и наличии минерализованных вод	95		
	- то же при наличии слабоминерализованных вод	70		
	- то же при наличии пресных вод	45		
	- при напоре воды от 2 до 3 м и наличии минерализованных вод	90		
	- то же при наличии слабоминерализованных вод	65		
	- то же при наличии пресных вод	40		
	- при напоре воды от 1 до 2 м и наличии минерализованных вод	85		
	- то же при наличии слабоминерализованных вод	60		
	- то же при наличии пресных вод	35		
	- при напоре воды менее 1 м и наличии минерализованных вод	80		
	- то же при наличии слабоминерализованных вод	55		
	- то же при наличии пресных вод	30		
	Отсутствие подземных вод	8		

	Отсутствие сведений о подземных водах	54
7.	Гидравлические показатели	
	до 20 м вод. ст.	2
	от 21 до 30 м вод. ст.	40
	от 31до 40 м вод. ст.	60
	более 40 м вод. ст.	100
8.	Интенсивность транспортных и пассажиропотоков	
	Высокая:	
	- с расположением участка до кромки дорожного полотна до 20 м	100
	- то же от 20 до 50 м	80
	- то же от 50 до 100 м	60
	Средняя:	
	- с расположением участка до кромки дорожного полотна до 10 м	50
	- то же от 10 до 20 м	40
	- то же от 20 до 50 м	30
	Низкая:	
	- на проезжей части	10
	- на газоне	5
9.	Глубина залегания труб:	
	менее 2 м	100
	от 2 до 4 м	52
	более 4 м	4
10.	Число уже прошедших аварий (повреждений) На участке	
11.	Тип грунта и его состояние (оценка по 4 уровням – *а,б, в* и *г* с выбором максимального значения из них)	
	а). преобладающий тип грунта:	
	- суглинок	5
	- сухой песок	20
	- сухой пылевидный грунт	35

	- сухой пылевидный грунт с глинистыми включениями	50
	- влажный песок	65
	- влажный пылевидный грунт	80
	- влажный пылевидный грунт с глинистыми включениями	90
	- глина	100
12.	Качественные характеристики транспортируемой воды	
	а) pH более 7,2	25
	pH 7,2 и менее	1
	б) концентрация железа более 0,2 мг/л	20
	концентрация железа 0,2 мг/л и менее	1
	в) концентрация растворенного кислорода более 10 мг/л	20
	концентрация растворенного кислорода 10 мг/л и менее	0
	г) концентрация остаточного хлора более 0,3 мг/л	20
	концентрация остаточного хлора 0,3 мг/л и менее	0
	д) концентрация хлоридов более 30 мг/л	5
	концентрация хлоридов 30 мг/л и менее	0
	е) концентрация сульфатов более 50 мг/л	5
	концентрация сульфатов 50 мг/л и менее	0
	ж) концентрация карбонатов более 30 мг/л	5
	концентрация карбонатов 30 мг/л и менее	0
	Суммарный рейтинг по качественным показателям	Сумма значений столбца 3

7 МЕТОДИКА СНИЖЕНИЯ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

7.1 Структура методики

Методика снижения неучтенных расходов и потерь воды представляет собой систему управляемых организационно-технических мероприятий по воздействию на основные элементы системы водоснабжения с целью доставки питьевой воды потребителю с минимальными потерями. Методика реализуется и управляется комбинацией из четырех первичных компонент контроля и снижения реальных потерь воды, а именно (рисунок 7.1):

- управление давлением, оптимизация работы системы транспорта воды,
- скорость и качество ремонта, интенсификация аварийно-восстановительных и планово-профилактических работ,
- активный поиск и контроль за утечками,
- управление инфраструктурой – модернизация и реконструкция сети.

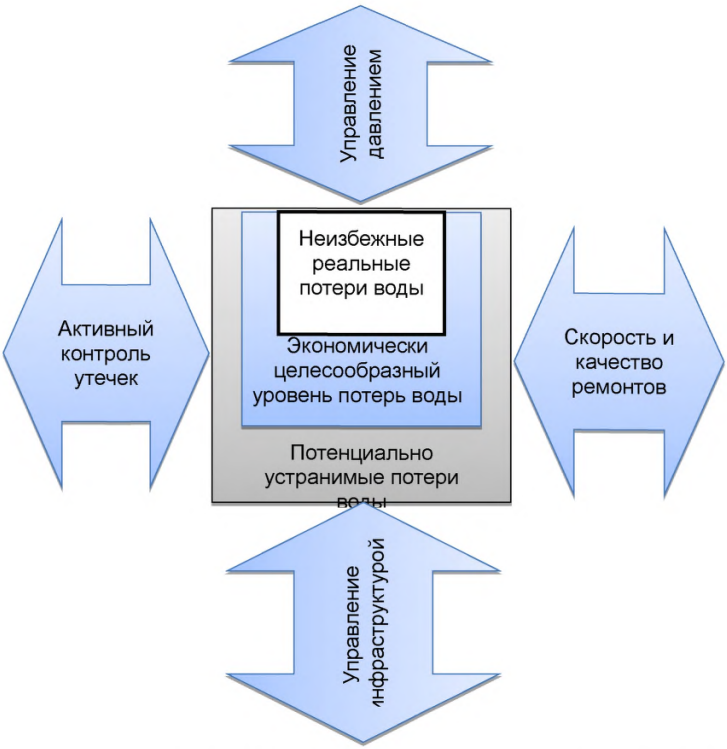

Рисунок 7.1 – Управление реальными потерями воды

Минимальный технически достижимый годовой объем реальных потерь представляет собой неизбежные годовые реальные потери, представленные малым прямоугольником на рисунке 7.1.

В неизбежные годовые реальные потери воды входят:

1) профилактическое обслуживание водопроводных сетей:

- промывка тупиков (опорожнение, промывка, дезинфекция),

- промывка действующих участков трубопроводов (опорожнение, промывка, дезинфекция), сетей с малыми скоростями

- промывка новых участков трубопроводов (опорожнение, промывка, дезинфекция),

- проверка пожарных гидрантов;

2) расходы воды при проведении работ, связанных с устранением аварий и повреждений на водопроводной сети,

3) профилактическая чистка резервуаров питьевой воды

4) допустимая утечка, безвозвратные потери (естественная убыль) в резервуарах питьевой воды

5) технологические нужды эксплуатации трубопроводов сетей водоотведения

Реальные потери имеют тенденцию к увеличению по мере старения систем, однако могут управляться с использованием соответствующей комбинации всех четырех компонентов (действий) Методики снижения потерь воды. Разницу между неизбежными годовыми реальными потерями (малый прямоугольник) и текущими годовыми реальными потерями представляют потенциально устранимые реальные потери.

К потенциально устранимым реальным потерям воды относятся:

1) расходы воды при авариях на водопроводной сети до локализации повреждения.

2) расход воды при утечке через водоразборные колонки.

3) скрытые утечки.

Для каждого из четырех действий существует некоторый экономический уровень инвестиций, который рассчитывается или оценивается, и зависит от предельной суммы, выделяемой на мероприятия по уменьшению реальных потерь воды.

Ниже приведено описание основных мероприятий по снижению неучтенных расходов и реальных потерь воды.

7.2 Мероприятия по управлению давлением в системе водоснабжения

Управление давлением является основополагающим в контроле и снижении объемов потерь воды и включает следующие мероприятия:

- гидравлическое моделирование для анализа работы сети и оптимизации режимов, разработка электронной модели сети, создание и ведение электронных Баз данных по эксплуатации водопроводной сети и оборудования;

- снижение и стабилизация давления в городской водопроводной сети;

- зонирование водопроводной сети;

- оптимизация режимов работы насосных станций;

- разработка и внедрение технических решений по снижению непроизводительных потерь воды, обусловленных избыточными напорами;

- мониторинг давления, проведение манометрических съемок, телеметрия.

Существуют различные способы стабилизации напоров в сети. Наиболее экономична стабилизация напора осуществляется энергосберегающими системами автоматизированного управления (САУ) на основе использования регулируемых электроприводов (частотных, вентильных и т.д.). Чтобы выбрать наиболее подходящий способ или выбрать сочетание нескольких способов, надо сопоставить затраты на их реализацию со стоимостью сэкономленной воды. В результате работ по управлению и давлением в городской водопроводной сети можно добиться:

- продления срока службы распределительной сети;

-снижения интенсивности аварий и повреждений трубопроводов и соответственно расхода воды на утечки;

-уменьшения частоты новых аварий и повреждений труб на потребительских отводах.

7.2.1 Методика оценки непроизводительных расходов воды и потерь воды, обусловленных избыточными напорами в сети

Расход воды, вытекающий из отверстия, определяется формулой:

$$q = \mu\omega\sqrt{2gH}\,, \tag{7.1}$$

где μ – коэффициент расхода (зависит от конфигурации отверстия);

ω – сечение отверстия, м^2;

g – ускорение силы земного тяготения, м/с^2;

H – напор (давление), м.

Необходимое давление на напорном коллекторе насосной установки определяется характеристикой трубопровода (рисунок 7.1):

$$H_c = H_п + sQ^2, \tag{7.2}$$

где $H_п$ – статическое противодавление, м;

s – гидравлическое сопротивление трубопровода, с^2/м^5;

Q – расход воды по водоводу (подача насосной станции), м^3/с.

Фактическое давление на напорном коллекторе насосной станции, если частота вращения насосов не регулируется, определяется характеристикой насоса, которая описывается уравнением:

$$H_н = H_ф - s_ф Q^2. \tag{7.3}$$

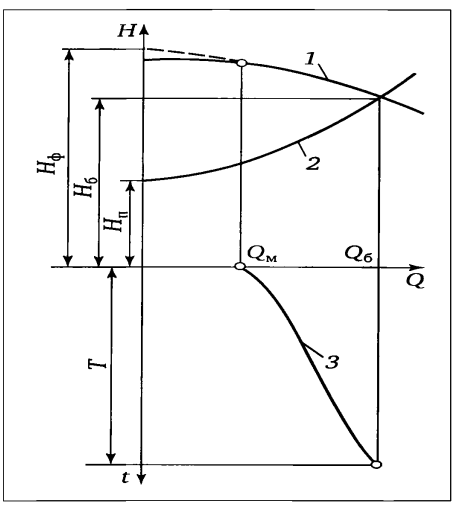

Рисунок 7.2 – График совместной работы насоса с трубопроводом и упорядоченная диаграмма подачи воды:

1 – напорная характеристика насоса; *2* – характеристика трубопровода; *3* – упорядоченная диаграмма водоподач

Давление на напорном коллекторе, если насос не дросселируется, соответствует давлению насоса. Под тем же давлением находится водопроводная сеть. Избыточное давление определяется разницей ординат между характеристиками насоса (кривая 1 на рисунке 7.1 и трубопровода (кривая 2 на рисунке 7.2).

Вычитая (7.2) из (7.3), получаем:

$$\Delta H = H_{ф} - s_{ф}Q^2 - H_{п} - sQ^2 = H_{ф} - H_{п} - (s_{ф} + s)Q^2. \qquad (7.4)$$

Величина избыточного давления зависит от трех факторов:

- глубины регулирования по подаче воды, т. е. параметра $\lambda = \frac{Q}{Q_{б}}$;

- крутизны характеристики насоса, т. е. параметра $H^{*}_{ф} = \frac{H_{ф}}{H_{б}}$;

- крутизны характеристики водовода, т. е. параметра $H^{*}_{п} = \frac{H_{п}}{H_{б}}$.

Если насосная установка и система подачи и распределения воды (СПРВ) оснащена системой автоматизированного управления, например, на основе регулируемого электропривода (РЭП), которая стабилизирует давление в диктующей точке сети, рабочая точка насоса перемещается по характеристике трубопровода. В этом случае создаваемое насосной установкой давление соответствует требуемому давлению, а избыточное давление отсутствует.

Многие насосные установки систем водоснабжения работают в режиме саморегулирования, при этом водопроводная сеть находится под избыточным напором, из-за чего существенно увеличиваются утечки и непроизводительные расходы воды. Ниже сравниваются утечки и непроизводительные расходы воды при саморегулировании и при плавном и непрерывном управлении режимами работы насосных установок, например, с помощью РЭП.

При саморегулировании суммарная подача воды, в том числе, вода, необходимая потребителю (Q_0), вместе с утечками и непроизводительными расходами (q_1), равна:

$$Q_0 + q_1 = \mu\omega\sqrt{2g(H_{тр} + \Delta H)}, \tag{7.5}$$

где ΔH – избыточный напор, м.

При плавном и непрерывном регулировании частоты вращения насоса в соответствии с изменением водопотребления, избыточный напор отсутствует, поэтому подача воды, в том числе воды, необходимой потребителю (Q_0), вместе с утечками и непроизводительными расходами (q_2), равна:

$$Q_0 + q_2 = \mu\omega\sqrt{2gH_{тр}}). \tag{7.6}$$

Вычитая (7.6) из (7.5), получаем снижение подачи воды за счет плавного и непрерывного регулирования частоты вращения насоса, например, с помощью РЭП:

$$\Delta q = q_1 - q_2 = \mu\omega\sqrt{2g}(\sqrt{H_{тр} + \Delta H} - \sqrt{H_{тр}}). \tag{7.7}$$

Разделив (7.3) на (7.1), получим относительное снижение расхода воды, по отношению к суммарному расходу воды, который имел место до использования РЭП, (Q_0+q_1):

$$\Delta q^* = \frac{\Delta q}{Q_0 + q_1} = \frac{\sqrt{H_{тр} + \Delta H} - \sqrt{H_{тр}}}{\sqrt{H_{тр} + \Delta H}}. \tag{7.8}$$

7.2.2 Зонирование водопроводной сети

Для оптимизации давления в сети особенно эффективны работы по зонированию водопроводной сети города. Разделение системы водоснабжения на зоны определяется тремя основными факторами:

- разностью отметок в пределах территории, снабжаемой водой;
- требуемыми свободными напорами;
- максимальными потерями напора в сети.

Для обеспечения более эффективной работы системы подачи и распределения воды (СППВ), оптимизации давления в сети и повышения ее

управляемости целесообразно упорядочить и определить границы зон питания станций водоподготовки и насосных станций.

Для обеспечения надежности работы СПРВ между смежными зонами и районами питания необходимо организовать контролируемые узлы перетока воды. Эти узлы должны иметь приборы учета расхода воды и давления, иметь регулируемые затворы с электрифицированным приводом и дистанционным управлением с районных диспетчерских пунктов или центрального диспетчерского пункта (ЦДП) города.

Целесообразно использование рельефа местности для создания самотечных линий наполнения резервуаров РПВ. Для подачи воды в отдельные районы СПРВ, существенно отличающиеся по рельефу местности и режимам водопотребления, предлагается выделять отдельные группы насосов в сочетании с секционированием напорных коллекторов. Технические характеристики насосных агрегатов, входящих в группу, должны соответствовать параметрам выделенного района СПРВ.

7.2.3 Снижение и стабилизация давления в городской водопроводной сети с использованием регуляторов давления

Применение регуляторов давления в системах водоподачи обеспечивает требуемые гидродинамические параметры подаваемой воды, стабилизирует давление, расход, выполняет предохранительные функции и в конечном итоге существенно снижает стоимость подачи воды потребителю и повышает надежность работы системы.

Для реализации мероприятий по снижению и стабилизации давления в городской водопроводной сети с использованием регуляторов давления необходимо выполнить работы по выделению районов с повышенным давлением в отдельные зоны, с помощью установки на связках с распределительной сетью автономных полуавтоматических устройств – регуляторов давления, использующих для обеспечения их работы потенциальную энергию давления в системе водоподачи. Они позволят ограничить и стабилизировать городской напор в требуемых пределах в

соответствии с условиями эксплуатации водопровода.

Обследование оборудования центральных тепловых пунктов (ЦТП) (подкачивающих насосов и регуляторов давления) позволяет установить нижнюю допустимую величину давления на водопроводных вводах. Установлено, что снижение давления в зоне регулирования на 35–40% уменьшает статическую и динамическую нагрузку на все элементы распределительной сети и, как следствие, ведет к сокращению числа аварий с изливом воды, связанных с повышенным давлением.

Наличие выделенных зон сетевого регулирования давления дает возможность решения целого комплекса управленческих задач: автоматизированный контроль водопотребления зоны и возможных утечек по изменению давления в трубопроводах, автоматизированный контроль качества воды, включая элементы телеуправления.

Разделительная арматура, установленная в колодце с регулятором давления, должна быть телеуправляемой из Главного диспетчерского пункт (ГДП). При поступлении сигнала о снижении давления на сети в зоне регулирования или информации от МЧС о пожаре, диспетчер ГДП должен иметь возможность оперативного управления этой арматурой для обеспечения пропуска воды и поддержания требуемого давления (при крупных пожарах более 100 л/сек).

Для контроля давления в выделенной зоне необходимо использовать не менее двух точек контроля давления (информационные) на водопроводных вводах потребителей (1 – в основной зоне регулирования и 1 – в подзоне).

В среднем установка регуляторов давления в зоне позволяет снизить потери воды на 25–40%.

7.2.4 Мониторинг давления

Система мониторинга давления позволяет решать такие задачи, как контроль давления воды на водопроводных сооружениях и распределительной сети города, минимизировать потери воды при

повреждениях на трубопроводах, предупреждать образование избыточных напоров в распределительной сети.

Эффективность управления давлением в трубопроводах во многом зависит от количества датчиков давления, установленных в городе. Места установки датчиков определяются в соответствии со схемой водоснабжения, спецификой режима подачи, а также по территориальному принципу.

Автоматизированная система контроля давления в сети должна включать:

- датчики давления, установленные на водопроводной сети, в характерных точках рельефа местности города, вблизи магистралей, а также на напорных коллекторах насосных станций

- системы передачи данных;

- электронную базу данных, в которой должна храниться вся информация за несколько лет о давлении в точках.

7.2.5 Контроль свободных напоров в сети

Среднедневной свободный городской напор рекомендуется определять два раза в год по результатам измерений в колодцах. Эта работа должна проводиться службой эксплуатации предприятия ВКХ при весеннем и осеннем обходах пожарных гидрантов.

Полученная информация должна обрабатываться по зонам влияния водопроводных станций, а затем и по городу в целом для определения среднедневных городских напоров. По результатам манометрической съемки выпускается карта свободных напоров. Данные о свободных напорах должны заводиться в компьютер. Анализ полученной информации позволяет:

- выявить существующие неисправности арматуры;

- определить фактическое сопротивление трубопроводов;

- откорректировать значение среднесуточного свободного напора.

Вся информация используется при создании гидравлической модели сети.

7.2.6 Гидравлическое моделирование для анализа работы сети и оптимизации режимов

Гидравлическое моделирование помогает оценивать реальные возможности существующей сети для подключений потребителей при новом строительстве, выявлять источники потерь воды и нерационального водопользования. Учитывая существующую динамику снижения водопотребления в большинстве городов России, необходимо выполнение гидравлического расчета на основные водоводы и водопроводные магистрали, которое даст возможность: обоснованно принимать решения по уменьшению действующих диаметров водоводов и магистралей; ликвидации дублирующих участков магистралей, определить необходимые скорости, обеспечивающие качество воды.

Рекомендуется для гидравлического моделирования использовать следующие программные продукты:

1) комплекс программ Bentley Systems;

2) комплекс программ MIKE URBAN;

3) комплекс программ ZuluHydro.

Комплексы Bentley и MIKE URBAN основаны на одном стандарте EPANET.

Построение гидравлической электронной модели включает следующие этапы [14]:

- построение расчетной схемы;
- определение расходной характеристики модели;
- проведение предварительных расчетов системы;
- калибровка модели;
- анализ результатов моделирования и разработка перечня необходимых мероприятий, направленных на улучшение работы существующей системы и снижения потерь воды.

Для построения электронной модели водоснабжения города необходимы следующие исходные данные:

1) трассировка магистральных трубопроводов, их диаметры, длины и геодезические отметки начала и конца трубопроводов. Так же данные включают места расположения основных насосных станций, резервуаров, камер переключения и т.д.;

2) данные об оборудовании сооружений на сети.

Эти данные должны включать в себя количество и характеристику основного оборудования сооружений. Например, для резервуаров это его размерная характеристика, для насосных станций – количество насосных агрегатов и их марки;

3) статистические эксплуатационные данные работы сети. К ним относятся почасовые данные о расходе на всех основных сооружениях системы; свободные напоры насосными станциями; уровни воды в резервуарах; свободные напоры в сети, наблюдаемые в городе. К другим видам исходных данных относятся: информация о работе регуляторов давлений, замеры расходов и напоров в системе, информация о закрытых или прикрытых задвижках, неисправных трубопроводах и т.д.

На этапе калибровки результаты гидравлического моделирования сравниваются и сопоставляются с реальными режимами подачи и распределения воды.

7.3 Активный поиск и контроль утечек и потерь воды

Активный поиск и контроль утечек и потерь воды осуществляется диагностикой технического состояния трубопроводов и является эффективным методом поддержания требуемой надежности трубопроводов, предотвращения аварий и повреждений труб, вызванных износом и старением труб и приводящих к утечкам воды, и включает следующие виды работ и мероприятий.

7.3.1 Инструментальный контроль за строительством

Инструментальный контроль за строительством должен включать: контроль сварных швов стальных и полиэтиленовых трубопроводов,

контроль за проведением противокоррозионных мероприятий (контроль наружного защитного покрытия стальных трубопроводов, контроль за обустройством электроперемычек в камерах и в колодцах), а также телевизионное обследование при строительстве новых, реконструируемых водопроводных и сетей и при аварийно-восстановительных работах.

Контроль сварных швов трубопроводов (стальных и полиэтиленовых) должен включать:

- визуальный контроль (внешний осмотр) сварных соединений и инструментальный контроль их геометрических параметров;

- ультразвуковой контроль сварных стыковых соединений;

- рентгенографический контроль сварных стыковых соединений.

Визуально – измерительному контролю подвергаются соединения, выполненные любым способом сварки. Контроль качества сварных швов на строящихся и перекладываемых полиэтиленовых трубопроводах может производится с использованием ультразвуковых дефектоскопов.

7.3.2 Контроль за выполнением противокоррозионных мероприятий

Контроль наружного изоляционного (защитного) покрытия должен проводиться с целью выявления соответствия параметров изоляции требованиям нормативно-технической документации для изоляции весьма усиленного типа.

Проводятся следующие мероприятия:

- измерение толщины защитного покрытия в траншее до засыпки;

- измерение адгезии защитного покрытия в траншее до засыпки (на 10% сварных швов);

- при выявлении мест с отсутствием адгезии на теле труб (образование воздушных пузырей, складок) необходимо провести измерение адгезии и в других местах на теле труб;

- определение диэлектрической сплошности защитного покрытия в траншее до засыпки;

- проверка отсутствия внешних повреждений, вызывающих непосредственный электрический контакт между металлом труб и грунтом после обратной засыпки (в случае открытой прокладки стальных трубопроводов).

7.3.3 Поиск мест аварий и повреждений трубопроводов

К основному виду работ в части уменьшения потерь воды при авариях и повреждениях труб относится определение и прогноз возможных мест аварий повреждений трубопроводов водопроводной сети.

Мероприятия по определению мест повреждений трубопроводов осуществляются как в рамках штатной эксплуатации водопроводных сетей, так и при их капитальном ремонте и завершении нового строительства.

Для выполнения работ по поиску мест повреждений трубопроводов применяются:

- корреляционные течеискатели,
- акустические течеискатели,
- трассоискатели,
- металлоискатели,
- стекловолоконный локационный кабель со специальным акустическим передатчиком (микрофоном) GOK A-10.

Одним из важнейших направлений технической диагностики являются работы по поиску скрытых утечек, а также работы по обследованию трубопроводов на герметичность. Основной метод обнаружения скрытых утечек основан на улавливании шумов, распространяющихся в земле вдоль трубопровода. Источником этих шумов является течь воды из поврежденного трубопровода. Эффективность этого метода характеризуется тем, что с помощью коррелятора удастся выявить и локализовать скрытые утечки с точностью до полуметра. Подобная точность достигается в 93 случаях из 100. Для поиска скрытых утечек рекомендуется акустические корреляторы.

7.3.4 Измерение скоростей, расходов и давления воды

Знание фактических гидравлических параметров позволяет устранять выявленные нарушения в работе, планировать развитие сети. Диагностические работы включают работы на сетях и водоводах, как по измерению гидравлических характеристик потоков воды по суточной записи расходов и напоров, так и по определению величины и наличию скрытых утечек, определению объема воды, используемой на промывку вновь вводимых сетей, работы по обслуживанию регуляторов давления.

Наружный контроль давлений и расходов (скоростей) воды предназначен как для оценки «расходно-напорных» характеристик конкретных участков сети, так и для наблюдения и управления их зонными распределениями, а также для контроля функционирования системы транспорта воды (в том числе и для формирования баз данных для программного обеспечения).

Измерения давлений на сети делятся на 2 вида: с дистанционной передачей показаний и локально-стационарные. Дистанционные измерения давлений осуществляются специально оснащенными приборами с передачей данных по оптоволоконным системам связи с контрольных точек сети. Эти приборы входят базовыми элементами в автоматизированные системы контроля и управления (СПУ, АСУ и т.п.) соответствующего уровня развития.

Локально-стационарные измерения давлений выполняются с помощью приборов различного назначения (показывающими и самопишущими манометрами, а также автономными регистраторами давлений типа АИР-2). Автономные регистраторы способны измерять давления в течение нескольких суток с интервалами менее 1 с. Это позволяет ставить и решать такие технологические задачи, как регистрация гидроударов и связанных с ними возможных повреждений трубопроводов, а также проводить оптимизацию переключений агрегатов на насосных станциях и регулирующих узлах.

Дистанционные измерения давлений производятся в штатном режиме по контрольным точкам на городской водопроводной сети. Для выполнения вышеуказанных задач используются:

- ультразвуковые расходомеры;

- самописцы давления и регистраторы давления.

7.3.5 Работы по телевизионной диагностике внутреннего состояния трубопроводов городской водопроводной сети, локальному ремонту трубопровода, толщинометрии

Работы проводятся с использованием телероботов и включают:

1. Телевизионный осмотр трубопроводов при помощи робототехнических комплексов и проталкиваемого ТВ устройства.

2. Удаление «чопов», обработка сварных швов и локальный ремонт трубопроводов при помощи робототехнических комплексов.

3. Осмотр гидротехнических устройств при помощи погружного устройства.

4. Гелио-диагностика гидротехнических сооружений и водопроводных сетей.

5. Видеосъемка трубопроводов большого диаметра и мест проведения работ.

6. Измерение толщины стенок трубопроводов и внутренних защитных покрытий.

Для вышеуказанных работ применяется следующее оборудование:

- робототехнические комплексы;

- толщиномеры ферромагнитных материалов4

- цифровая видеокамеры;

- портативные индикаторы гелия.

7.3.6 Работы по электрозащите трубопроводов

Работы по электрозащите трубопроводов должны включать:

1) выдачу строительным и проектным организациям технических условий на проведение мероприятий по защите стальных трубопроводов от электрохимической коррозии;

2) осуществление контроля за выполнением противокоррозионных мероприятий, предусмотренных проектом при строительстве и реконструкции инженерных сетей (контроль внешней изоляции – 100%, контроль сварных швов);

3) осуществление 100%-ной проверки качества восстановления изоляции при выполнении обособленными подразделениями работ по устранению повреждений на стальных трубопроводах.

Коррозионные диагностические измерения на стальных трубопроводах городской водопроводной сети должны выполняться с целью оценки:

- опасности коррозии;
- эффективности ЭХЗ;
- степени защищенности;
- влияния на смежные коммуникации;
- качества (состояния) изоляционных покрытий.

Измерения по определению опасности коррозии выполняются при проектировании электрозащиты на вновь строящихся и реконструируемых трубопроводах городской водопроводной сети, при обследовании эксплуатируемых трубопроводов, не оборудованных электрозащитой (ЭХЗ).

Измерения по определению эффективности установок катодной защиты и степени защищенности подземных трубопроводов проводятся при проведении пуско-наладочных работ, контроле состояния противокоррозионной защиты трубопроводов. Измерения по определению качества изоляционных покрытий проводятся при приемке трубопроводов и при периодическом приборном контроле действующих трубопроводов.

Измерения по оценке опасности коррозии включают:

- определение коррозионной агрессивности грунта,
- определение наличия блуждающих токов в земле,

- выявление анодных и знакопеременных зон на подземных трубопроводах,

- определение степени влияния переменного тока.

Определение эффективности ЭХЗ включает:

- измерения потенциалов катодно-защищаемых трубопроводов с целью проверки соответствия потенциалов ГОСТ 9.602 «Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии»;

- анализ повреждаемости трубопроводов (в зоне действия УКЗ) по причине коррозионных повреждений;

- ориентировочную оценку скорости коррозии стали в грунте с помощью специальных индикаторов.

Оценка качества изоляции на эксплуатируемых трубопроводах включает:

- без вскрытия трубопровода: определение сплошности покрытия;

со вскрытием трубопровода: определение толщины, сплошности, адгезии, переходного сопротивления изоляции.

При обнаружении коррозионного повреждения на действующем трубопроводе проводится обследование с целью выявления причины коррозии и разработки противокоррозионных мероприятий.

7.4 Управление инфраструктурой. Модернизация и реконструкция водопроводной сети

Определяющими факторами этого направления служат техническая политика в отношении планирования восстановления трубопроводов, использования высоконадежных и долговечных материалов и оборудования трубопроводов, насосного оборудования, трубопроводной арматуры и других элементов системы водоснабжения. К мероприятиям этого направления отнесены:

7.4.1 Восстановление и обновление водопроводных трубопроводов с использованием высокопрочных труб и бестраншейных технологий реконструкции

Методика рекомендует использование следующих труб для систем водоснабжения.

Траншейная прокладка

Трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) с наружным цинковым и внутренним цементно-песчаным покрытием (ГОСТ ИСО 2531-2012). У труб ВЧШГ предел прочности в 24 раза выше, чем у полиэтиленовых. Трубы из высокопрочного чугуна имеют стыковые раструбные соединения со специальной формой прокладки и раструба. Преимущества данных соединений заключаются в способности стыка оставаться герметичным при любом давлении, выдерживаемом самой трубой, и возможности углового поворота (3-5°), что придает гибкость секции собранного трубопровода и позволяет выполнять повороты большого радиуса без использования фасонных частей. Трубы ВЧШГ обладают высокой пластичностью.

Трубы из ВЧШГ стойки к пиковым нагрузкам под давлением, грунтовым нагрузкам и подвижке грунта при подземной прокладке, ударным нагрузкам при автомобильных и железнодорожных перевозках, выдерживают знакопеременные нагрузки. На сегодняшний день трубы из высокопрочного чугуна являются наиболее перспективными по параметрам «цена-качество-надежность-долговечность». В России трубы диаметром до 1000 мм выпускает завод «Свободный Сокол», г. Липецк.

Трубы из полиэтилена ПЭ100 и ПЭЮО-RC (стойкого к растрескиванию). ГОСТ 18599-2001, СП 40-102-2000. Одной из главных проблем, с которыми приходится сталкиваться при использовании продукции из ПНД, является повышенная уязвимость к нарушениям технологического процесса на этапе производства труб. Для качественной прокладки полиэтиленовых труб в условиях загруженного подземного

пространства крупных городов требуется высокая культура их монтажа, необходим квалифицированный контроль технологии сварки.

Стальные (сталь 20 и сталь 17Г1С, 17Г1СУ) **трубы** с внутренним цементно-песчаным покрытием и наружной изоляцией усиленного типа в футляре с центровкой трубы.

Основной недостаток – внешняя и внутренняя коррозия, даже при наличии внутреннего антикоррозионного покрытия требуется дорогостоящая защита от электрохимической коррозии.

Железобетонные трубы. Сортамент бетонных, железобетонных и композитных труб определяется ГОСТ 22000-86, который делит подобные изделия на две большие группы: безнапорные и напорные трубы, и распространяется на сборные бетонные и железобетонные трубы, изготовляемые различными способами и предназначенные для прокладки подземных безнапорных и напорных трубопроводов, транспортирующих жидкости. Диаметр бетонных труб от 100 до 1000мм, длина до 2500 мм. Диаметр железобетонных труб от 400 до 2400 мм, длина 5000 мм

Трубы имеют большой вес, требующие при монтаже подъемных механизмов. Бетонные трубы, за счет наличия арматурного каркаса, могут подвергаться воздействию блуждающих токов, что требует предусматривать их защиту от коррозии.

Для железобетонных труб решающим фактором является защита от коррозии преднапряженной высокопрочной арматуры. Поэтому должна быть гарантирована сохранность защитного слоя при деформациях труб под воздействием внешней нагрузки и внутреннего давления.

Хризотилцементные трубы. Изготавливаются путем тщательного перемешивания водной суспензии портландцемента (80–85%) и смеси длинных и средних волокон хризотил-асбеста (15–20%). Диапазон диаметров от 100 до 500 мм, длина от 2950 до 5000 мм, рабочее давление от 0,3 до 1,6 МПа.

Нормативный срок службы хризотилцементных труб для сетей водоснабжения составляет 20 лет.

Бестраншейная прокладка

1) Трубы из ВЧШГ на неразъемном соединении с наружным цинковым покрытием и внутренним цементно-песчаным покрытием в футляре с центровкой трубы.

2) Трубы из полиэтилена (стойкого к растрескиванию) с дополнительным защитным наружным покрытием от механических повреждений на базе лненной композиции из полипропилена на сварном соединении методом ГНБ или в заранее проложенном футляре.

3) Стальные прямошовные трубы с внутренним цементно-песчаным покрытием и наружной изоляцией весьма усиленного типа по ГОСТ 9.602-2005 в футляре с центровкой трубы. Диаметр до 500мм – сталь марки Ст20. Диаметр 500 мм и более – сталь марки 17Г1С, 17Г1СУ. ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10705-80, ГОСТ 10706-76, ГОСТ 20295-85, МГСН 6.01-03

Выбор материала и класса прочности труб для водоводов и водопроводных сетей следует производить на основании технико-экономического и статического расчетов, учета агрессивности грунта и транспортируемой воды, а также условий работы трубопроводов и требований к качеству воды [8].

7.4.2 Внедрение методики планирования восстановления трубопроводов

Методика планирования восстановления трубопроводов основана на формировании и использовании результатов:

- оценки и прогноза показателей надежности трубопроводов по результатам статистической обработки данных по отказам трубопроводов;

- учета и анализа технического состояния участков трубопроводов (техническая диагностика);

- паспортизации и опыта эксплуатации участков трубопроводов;

- балльного (рейтингового) ранжирования участков трубопроводов по комплексному воздействию дестабилизирующих надежность труб факторов и условий эксплуатации;

- расчета остаточного ресурса (для стальных трубопроводов);

- оценки экономической эффективности реконструкции труб.

Рекомендуемый алгоритм стратегии планирования восстановления водопроводных трубопроводов основан на многофакторном анализе и оценке надежности и технического состояния трубопроводов, пошаговом процессе выбора для восстановления из большого числа потенциальных участков трубопроводов некоторого ограниченного количества приоритетных участков и включает:

- выбор потенциальных объектов восстановления трубопроводов на основе выделения и количественной оценки базового (основного) фактора, которым служит уровень надежности трубопроводов, определяемый числом и интенсивностью отказов (аварий) трубопроводов за выбранный промежуток времени;

- выбор приоритетных объектов восстановления на основе ранжирования дестабилизирующих и косвенных факторов, влияющих на надежность участков трубопроводов, их остаточный ресурс и технико-экономические показатели в реальных условиях эксплуатации.

Для определения приоритетных объектов восстановления (участков трубопроводов городской водопроводной сети методика рекомендует использовать полученную на практике и дополненную теоретическими выкладками по рейтингам или коэффициентам значимости последовательность ранжирования дестабилизирующих надежность труб факторов (таблица 6.1). Количественная бальная оценка элементов состояния каждого фактора представляется в ранжированном виде. Приоритетные объекты восстановления трубопроводов определяются по бальной системе в результате оценки и анализа 12 факторов и обстоятельств, влияющих на надежность участков трубопроводов и определения коэффициентов

значимости участков – весовых» коэффициентов.

7.4.3 Эффективная защита эксплуатируемых трубопроводов от старения и коррозии

7.4.3.1 Бестраншейные технологии ремонта труб

Методика рекомендует использование бестраншейных технологий восстановления (реконструкции) и прокладки водопроводных и других сетей, что является альтернативой традиционному открытому способу реконструкции и строительству трубопроводов траншейным способом.

Под бестраншейными технологиями понимаются технологии прокладки, замены, ремонта, инспекции и обнаружения дефектов в подземных коммуникациях различного назначения без разрытия поверхности земли. На сегодняшний день зарубежная и отечественная практика насчитывает свыше двадцати основных методов бестраншейного восстановления трубопроводов, однако из многообразия методов наибольшее распространение в России получили следующие:

- нанесение цементно-песчаных и полимерных покрытий на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода;
- протаскивание нового трубопровода в поврежденный старый (с его предварительным разрушением или без разрушения) с помощью специальных устройств, например, пневмопробойников;
- протаскивание новой полимерной трубы внутрь старого трубопровода;
- использование гибкого комбинированного рукава (чулка), позволяющего формовать новую композитную трубу внутри старой;
- использование полимерных покрытий (методом напыления на внутренние стенки трубы);
- нанесение точечных (местных) покрытий.

Перечисленные и другие методы бестраншейного восстановления достаточно полно описаны в специальной технической литературе. Каждый из используемых методов отличается специфическими особенностями и

имеет свои преимущества, на основе которых определяется соответствующая область их применения для проведения ремонтно-восстановительных работ на коммунальных сетях водоснабжения и водоотведения.

Обоснование целесообразности использования того или иного метода определяется после детальных диагностических обследований трубопровода и заключения технической экспертизы по состоянию старого трубопровода. В каждом конкретном случае рассмотрению подлежат материал изготовления трубопровода и степень его износа, протяженность ремонтного участка, его диаметр, вид транспортируемой среды, окружающая наземная и подземная инфраструктура (в частности, степень ее скученности), тип грунтов, наличие подземных вод и ряд других факторов, способных повлиять на выбор метода бестраншейной реновации.

Аналогичные подходы требуются для выбора оптимального метода бестраншейной прокладки новых трубопроводов, среди которых на сегодняшний день наиболее распространенными являются горизонтальная проходка в грунтах и протягивание (протаскивание) в образовавшуюся скважину отдельных модулей труб или плетей трубопроводов.

Проходка горизонтальных (наклонных) скважин, а также вертикальных стволов и протягивание в них трубопроводов могут производиться с помощью следующих технологий:

- горизонтального (наклонного) направленного бурения (в том числе, шнекового),
- микротоннелирования,
- ударно-импульсного продавливания,
- раскатки.

7.4.3.2 Защита подземных трубопроводов от электрохимической коррозии

Основным способом противокоррозионной защиты стальных трубопроводов является изоляция трубопроводов в сочетании с электрохимической защитой.

Эффективная электрозащита достигается при следующих условиях

а) поддержание на трубопроводе защитных значений поляризационного потенциала;

б) обеспечение потенциалов по всей длине участка трубопровода, требующего электрохимической защиты по ГОСТ 9.602-2016.

в) непрерывная по времени катодная поляризация (с допустимым перерывом не более 14 суток).

Основные критерии повышения эффективности защиты трубопроводов от электрохимической коррозии и соответственно снижение потерь воды из-за свищевых повреждений:

- использование эффективных и надежных анодных заземлителей из малорастворимых материалов (железокремнистые анодные заземлители, глубинные заземлители из электропроводной резины, протяженные гибкие аноды);

- эксплуатация установок катодной защиты нового поколения, основанных на базе высокочастотных преобразователей, имеющих высокий КПД;

- устройство на вводах водопровода в здание изолирующих соединений (вставок);

- использование протекторной защиты;

- внедрение современных телекоммуникационных средств контроля и управления эксплуатацией системы электрозащиты трубопроводов.

- использование автоматизированной информационно-технической системы контроля эксплуатации системы электрозащиты и эффективности функционирования УКЗ;

- использование системы планирования ввода УКЗ, учитывающей показатели надежности трубопроводов, результаты диагностики и технико-экономическую целесообразности электрозащиты в каждом конкретном случае.

Целесообразно ежегодно планировать не количество СКЗ, а протяженность трубопроводов, которые необходимо защищать от электрохимической коррозии.

7.5 Скорость и качество ремонта, интенсификация аварийно-восстановительных и планово-профилактических работ

7.5.1 Аварийно-восстановительный и планово-предупредительный ремонты

Одним из факторов, влияющих на техническое состояние городской водопроводной сети и снижение утечек воды является качественное проведение аварийно-восстановительного и планово-предупредительного ремонтов трубопроводов – внедрение инновационных технологий ремонта.

Планово-предупредительный ремонт (ППР) трубопроводов и оборудования сети представляет собой совокупность организационных и технических мероприятий по надзору за состоянием и ремонту трубопроводов, сооружений и оборудования городской водопроводной сети, проводимых периодически по заранее составленному плану в соответствии с «Положением о проведении планово-предупредительного ремонта в организациях водопроводно-канализационного хозяйства Российской Федерации» [12].

Текущий ремонт сооружений и оборудования сети выполняется для обеспечения или восстановления работоспособности участков трубопроводов и оборудования сети и предусматривает проведение работ по профилактическому обслуживанию сети, устранению мелких дефектов и неисправностей, замене и (или) восстановлении отдельных частей [7].

В объем текущего ремонта могут включаться как плановые профилактические работы, так и дополнительные работы, выявленные в процессе эксплуатации (непредвиденные работы). Текущий ремонт проводится регулярно в течение года по графикам, составленным на

основании осмотров сооружений и оборудования, а также заявок районов водопроводной сети.

Капитальный ремонт осуществляют по согласованным и утвержденным проектам, разработанным с учетом требований действующих нормативных документов, с предварительным составлением и утверждением титульного списка и смет [7]. Для обеспечения организации работ по текущему и капитальному ремонтам составляются перспективные планы этих мероприятий.

Капитальному ремонту подлежат участки сети, поврежденные внешней коррозией, трубопроводы, потерявшие пропускную способность вследствие зарастания, а также трубопроводы с малой глубиной заложения, подверженные опасности замерзания.

7.6 Снижение коммерческих потерь воды

Наряду со снижением реальных потерь воды, снижение коммерческих потерь является весьма эффективным шагом реализации «Методики» и не требует больших инвестиций и может привести к быстрой окупаемости.

К коммерческим потерям относятся:

- собственные нужды предприятия ВКХ;

- противопожарные нужды (тушение пожаров);

- расход воды на нужды городского хозяйства (не предъявленные к оплате);

- неучтенные расходы воды вследствие погрешности средств измерений подачи воды в город;

- неучтенные расходы воды вследствие погрешности водосчетчиков абонентов;

- несанкционированное водопользование.

Для иллюстрации методики снижения коммерческих потерь воды на рисунке 7.2 приведена схема четырех основных принципов снижения коммерческих потерь воды.

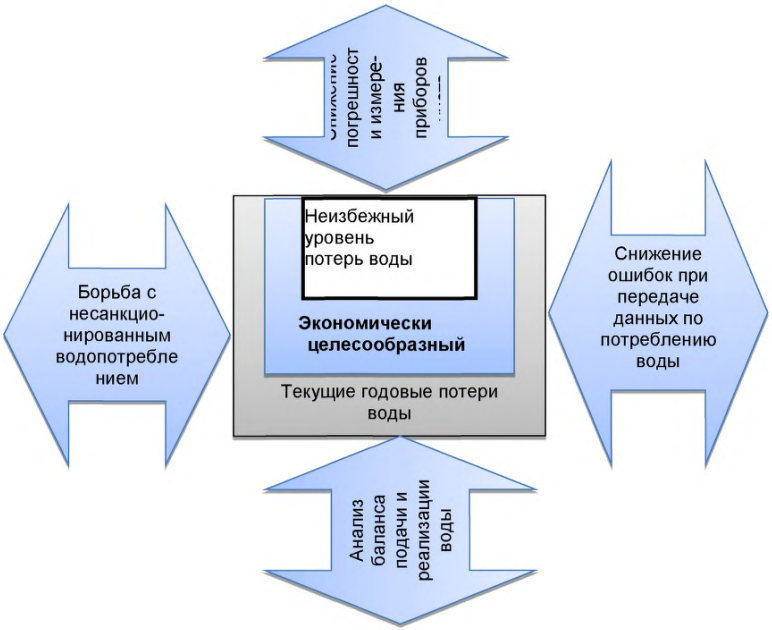

Рисунок 7.2 – Управление коммерческими потерями воды (недоходная вода)

Мероприятия по снижению погрешности измерения приборов учета:

- проведение метрологического аудита средств измерений учета расхода воды;

- использование проливных стендов и ресурсных установок в целях подбора новых типов водосчетчиков в зависимости от режимов водопотребления;

- проведение мониторинга водосчетчиков с нестабильными метрологическими характеристиками с целью изменения межповерочного интервала и решения вопроса об их дальнейшей эксплуатации;

- использование устройств записи часового расхода воды (датa-логгеров) для определения среднечасовых расходов воды и принятия решения о переустановке водосчетчиков;

- установка дублирующих устройств на водомерных узлах расположенных в труднодоступных местах.

Мероприятия по снижению ошибок при передаче данных:

- модернизация существующего парка средств измерений учета расхода воды;

- модернизация контроллерного оборудования и замена аналоговых линий связи на цифровые;

- применение крыльчатых и турбинных водосчетчиков с сокращенным межповерочным интервалом;

- приобретение и установка комбинированных водосчетчиков;

- модернизация водомерных узлов с установкой магнитно-механических фильтров в целях обеспечения достоверности измерений потребленной воды и защиты приборов учета от механических повреждений до водосчетчика, замена морально устаревших магнитных фильтров;

- установка ультразвуковых расходомеров с цифровым выходом на насосных станциях и регулирующих водопроводных узлах;

- проведение мониторинга работы комбинированных водосчетчиков.

Мероприятия анализа баланса подачи и реализации воды:

1. Сбор и анализ информации по потерям воды – оценка неучтенных расходов и потерь воды, автоматизированный расчет водного баланса.

2. Комплексное обследование зон водоснабжения:

- подготовка информации об абонентах в обследуемой зоне (количество жителей, категория абонентов, расчет удельного водопотребления;

- проведение замеров расходов воды с помощью ультразвуковых расходомеров;

- проведение проверки правильного снятия показаний с водосчетчиков;

- проведение измерений гидравлических параметров (скорость, давление, расход)

- проведение инвентаризации и актуализации баз данных информационных систем.

3. Оценка существующего состояния обследованных зон водоснабжения:

- проведение анализа суточного водопотребления и анализа категорий потребителей;

- определение диапазона изменений водопотребления;

- анализ гидравлических параметров;

- расчет водного баланса.

4. Формирование Водного паспорта зоны (территории) и программы мероприятий по снижению потерь воды и неучтенных расходов и контроля водоснабжения.

5. Водный аудит водопотребителей.

7.6.1 Водный аудит водопотребителей

Одной из причин неучтенных расходов и потерь воды являются наличие скрытых повреждений на заводомерных сетях, незаконное водопользование, наличие неисправных приборов учета воды, запорной арматуры. Это приводит и к несоответствию баланса водопотребления при расчетах за использование воды по домовым приборам учета. Одним из эффективных способов снижения неучтенных расходов и потерь воды является проведение водного аудита систем водопотребления абонентов.

Водный аудит – это всестороннее обследование системы подачи, распределения и учета потребления воды микрорайона (зоны) с целью определения:

- фактического состояния системы учета воды и соответствия действующим нормативам и лучшим мировым практикам;

- путей снижения непроизводительных потерь воды;

- программы мероприятий по совершенствованию системы учета производства и потребления воды, включая обеспечение:

- оптимальных гидравлических режимов в распределительной сети микрорайона (зоны);
- оперативного контроля водопотребления микрорайона (зоны);
- обнаружения скрытых утечек для их своевременного устранения;
- управления реальными потерями воды;
- оперативного контроля качества воды в водопроводной сети микрорайона (зоны) по заданным параметрам.

Результаты водного аудита:

- расчет водного баланса объекта;

- водный паспорт объекта (микрорайона, зоны, территории);

- программа мероприятий по повышению эффективности системы управления и контроля водоснабжения объекта.

7.6.2 Мероприятия по борьбе с несанкционированным водопотреблением:

- обследование водомерных узлов на предмет незаконного водопользования через обводные задвижки и врезки до водосчетчика;

- обследование колодцев на предмет незаконного водопользования;

- обследование присоединенных строений к ЦТП/ИТП и схемы присоединения.

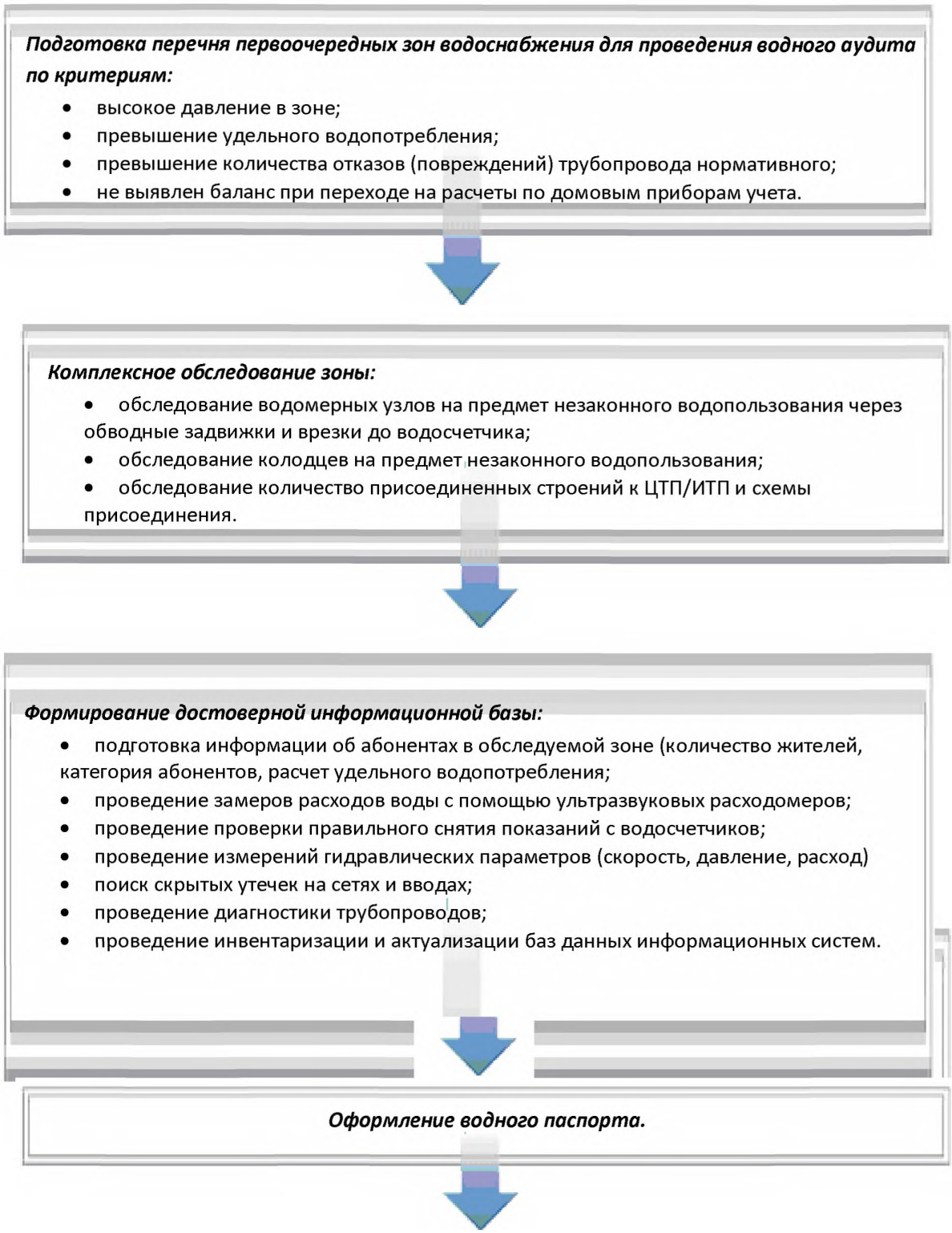

Рисунок 7.3 – Пошаговая методика проведения водного аудита

8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАТРАТ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ СНИЖЕНИЯ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ И ПОТЕРЬ ВОДЫ

Эффективность реализации методики управления всеми видами потерь воды включает:

- технико-экономическую эффективность,

- общественную (социально-экономическую) эффективность.

Показателем экономического эффекта от реализации Методики является показатель ежегодного, по сравнению с текущим уровнем, снижения затрат на ликвидацию аварий за счет сокращения их количества на 1 км трубопровода, снижение затрат от потери водного ресурса, экономии электроэнергии.

Другими положительными эффектами от реализации «Методики» являются:

1. Повышение надежности водоснабжения.

В результате повышенного износа, коррозионной активности окружающей среды участки водопроводной сети подвержены разрушению с изливом воды в грунт. Соответственно, на период проведения ремонтных работ прекращается или ограничивается подача воды потребителям. В части потребителей, оборудованных системами учета потребления воды, это является причиной уменьшения выручки от реализации и, соответственно, недостатка финансирования условно-постоянных затрат предприятия.

2. Повышение качества подаваемой воды.

В результате образования повреждений трубопроводов до момента их обнаружения и устранения в местах образования свищей в водопроводную сеть могут попасть неочищенные промышленные и бытовые стоки и иные загрязнения, вызывающие отклонения качества водопроводной воды вплоть до состояния, непригодного для использования потребителем. Кроме прямого ущерба для здоровья потребителей, данные факторы могут быть

причиной финансовых требований о возмещении причиненного потребителям ущерба.

3. Снижение количества аварийных изливов воды.

В результате образования повреждений трубопроводов до момента их обнаружения и устранения в местах образования свищей происходят изливы воды, являющиеся прямыми потерями предприятия ВКХ. Кроме того, в ходе проведения ремонтных работ происходит расход воды на промывку и дезинфекцию участка трубопровода, на котором производятся ремонтные работы.

4. Снижение затрат капитального характера за счет уменьшения количества ремонтно-восстановительных работ.

5. Снижение эксплуатационных затрат.

Увеличение гидравлического сопротивления участков водопроводных труб в результате явлений коррозии влечет за собой снижение рабочего давления на сети, включающей данный участок. Это приводит к ненормативному перерасходу электроэнергии на транспортировку воды, повышению физического износа трубопровода, иных эксплуатационных затрат, возникающих вследствие отклонений рабочего давления от расчетной величины.

6. Улучшение имиджа и деловой репутации предприятия ВКХ.

Ниже приведена методика расчета экономического эффекта от поэтапной реализации «Методики управления всеми видами потерь воды».

8.1 Экономия от сокращения затрат на ликвидацию аварий и повреждений трубопроводов.

Экономия от сокращения затрат на ликвидацию аварий и повреждений трубопроводов при реализации «Методики» на предприятии ВКХ рассчитывается по формуле:

$$Э_{ав} = (n_{до} - n_{после}) \cdot С_{ав},$$

где $Э_{ав}$ – экономия от сокращения затрат на ликвидацию аварий и повреждений трубопроводов, тыс. руб.;

$n_{до}$ – число отказов в год (аварий и повреждений) трубопроводов, сопровождающихся изливом воды в окружающую среду до реализации «Методики»,

$n_{после}$ – число отказов в год (аварий и повреждений) трубопроводов, сопровождающихся изливом воды в окружающую среду после реализации «Методики»,

$С_{ав}$ – стоимость ликвидации аварии, тыс. руб.

8.2 Экономия от сокращения затрат на возмещение экологического ущерба, обусловленного восполнимыми и невосполнимыми потерями окружающей среде при аварии трубопровода и изливе воды

Экономия от сокращения затрат на возмещение экологического ущерба:

$$Y_э = 365 \cdot (Q_1 \cdot y_1 - Q_2 \cdot y_2),$$

где Q_1 – суммарная величина потерь воды при авариях трубопроводов и скрытых утечках до реализации «Методики», $м^3$/сут.;

Q_2 – суммарная величина потерь воды при авариях трубопроводов и скрытых утечках после реализации «Методики», $м^3$/сут.;

y_1 и y_2 – экспертная оценка удельного экологического ущерба $Y_э$ при поступлении 1 $м^3$ воды в грунт до реализации «Методики» и после.

8.3 Экономия от снижения потерь водного ресурса

Экономия от снижения потерь водного ресурса представляет собой разницу между потерями воды до реализации «Методики» и после ее реализации.

$$Y_п = 365(Q_1 \cdot y_1 - Q_2 \cdot y_2),$$

где Q_1 – суммарная величина потерь воды при авариях трубопроводов и скрытых утечках до реализации «Методики»,

Q_2 – суммарная величина потерь воды при авариях трубопроводов и скрытых утечках после реализации «Методики»,

y_1 и y_2 экспертная оценка стоимости 1 м^3 воды до реализации «Методики» и после.

8.4 Экономия от сокращения затрат на электроэнергию

Экономия электроэнергии за счет уменьшения гидравлического сопротивления после реконструкции трубопровода и, следовательно, уменьшения потерь напора по длине трубопровода, подсчитывается по формуле:

$$\Delta Э = \frac{\gamma \cdot Q \cdot \Delta H}{102 \cdot \eta_{агр}} \cdot T,$$

где ΔH – снижение потерь напора по длине трубопровода, м вод. ст.

Потери напора по длине трубопровода рассчитываются по формуле:

$$H = i \cdot L = \lambda \, (1/d_p) \cdot (V^2/2g) \cdot L,$$

где i – гидравлический уклон, м вод. ст.;

λ – коэффициент гидравлического трения;

d_p – расчетный внутренний диаметр трубы, м;

v – средняя скорость движения воды, м/с;

g – ускорение свободного падения, м^2/ с;

L – протяженность трубопровода, м.

Снижение потерь напора по длине трубопровода за счет нанесения защитного покрытия (например, цементно-песчаного) определяется из выражения:

$$\Delta H = H_1 - H_2 = \lambda_1 \, (1/d_{p1}) \cdot (V_1^2/2g) L - \lambda_2 (1/ d_{p2}) \cdot (V_2^2/2g) \cdot L,$$

где H_1 – потери напора в невосстановленном трубопроводе, м вод. ст.;

H_2 – потери напора в восстановленном (реконструированном) трубопроводе, м вод. ст;

λ_1, λ_2 – коэффициенты гидравлического трения, соответственно, исходного и реконструированного трубопроводов.

Расчет величины годовой экономия электроэнергии ΔЭ (кВт·ч) на единицу длины трубопровода при его реконструкции бестраншейными методами представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Сводные расчетные данные по годовой экономии электроэнергии $\Delta Э_{1м}$ в при реконструкции трубопровода.

Метод реновации	Внутренний диаметр старого трубопровода, м	Значения ΔЭ, кВт·ч
Протаскивание полимерной трубы	1,0	68,7426
	0,8	49,3853
	0,6	38,4467
	0,4	20,6902
	0,2	2,9214
Нанесение цементно-песчаного покрытия	1,0	60,3373
	0,8	50,3047
	0,6	42,1841
	0,4	27,5611
	0,2	13,8871

$\Delta Э_{ср} = 38,85$ кВт·ч

С учетом этих данных при прогнозном значении тарифа на электроэнергию. экономия от сокращения затрат на электроэнергию при реализации «Методики» при реконструкции ветхих водопроводных трубопроводов определяется по формуле:

$$Э = {}_{\Delta}Э \cdot L \cdot T,$$

где L – протяженность восстановленных трубопроводов;

$Э$ – экономия от сокращения затрат на электроэнергию;

${}_{\Delta}Э$ – величина снижения расхода электроэнергии на транспортировку воды, тыс. кВт·ч/год при условии санации ветхих труб, км;

T – тариф на электроэнергию.

Общественная эффективность реализации «Методики»

Общественная эффективность реализации «Методики управления всеми видами воды потерь воды» включает социальную и экологическую эффективность. Социальная эффективность характеризуется улучшением качественных показателей. Это бесперебойность водоснабжения, выполнение Правил предоставления коммунальных услуг гражданам, соответствие воды качественным показателям и нормативам, закрепленным в законодательстве РФ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пупырев Е.И., Примин О.Г. Водная отрасль России: проблемы и решения. Журнал «Коммунальный комплекс России», ОАО «АСТ – Московский полиграфический Дом» 2012, № 5, с. 8–12.

2. Храменков С.В., Примин О.Г. Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных систем. М., 2008 г. Издательство Ассоциации строительных вузов.

3. Примин О.Г. Разработка и применение информационных технологий для оценки и обеспечения экологической безопасности и надежности сетей водоснабжения и водоотведения города, дисс., д-р техн. наук, М., 2001, 275 с.

4. Методика оценки неучтенных расходов и потерь воды в системе коммунального водоснабжения. С.-Пб., 2004.

5. М. Фарлей, С. Троу. Потери в водопроводной распределительной сети, пер. с анг., 2007, Лондон

6. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации. М., 1998

7. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и водоотведения. М., Госстрой РФ, Союзводоканалпроект, 2000, 128 с.

8. Оптимизация (обоснование) удельных нормативов водопотребления. Отчет по НИР № 41010(2017) от 04.04.2017 г., НИИСФ РААСН, М., 345 с.

9. Lambert A and Lalonde A (2005). Using practical predictions of Economic Intervention Frequency to calculate Short-run Economic Leakage Level, with or without Pressure Management.Proceedings of IWA Specialised Conference ‘Leakage 2005’, Halifax, Nova Scotia, Canada.

10. Постановление Правительства РФ от 05.09.2013 №782 «О схемах водоснабжения и водоотведения».

11. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.

12. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства, утв. в 2001 г. Госстроем РСФСР. 57 с.

gost.e-ecolog.ru