

основній річці, так і в гирловій частині бокового притоку і при рівності витрат може досягати 18-23% глибини води в основній річці.

Список література

1. *Милович А.Я.* Теория деления и соединения потоков. – Изд-во Министерства речного флота СССР, М-Л, 1947.
2. *Трофимов Г.И.* Рациональное начертание границ на участке слияния двух потоков, Труды ЛИИВТ, в.132. – Изд-во «Транспорт», Л, 1972.
3. *Козлов Д.А., Будыка С.Х.* Определение глубины в зоне слияния безнапорных потоков под углом $\pi/2$. – Док. АН БССР, 1976. – Т.20, № 7. – С.649-652.
4. *Дупляк В.Д.* Определение глубин воды в трапецеидальном канале в зоне соединения с боковым потоком, поступающим под углом $\pi/2$. – в кн. Мелиорация и водное хозяйство – К., 1975. – Вып. 33. – С. 86-96.
5. *Шлихта В.М.* Кинематика потока в узле слияния за трубчатыми выпускными сооружениями. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. Наук. – Ровно, 1990. – 173 с.
6. *Дупляк О.В., Величко С.В.* Дослідження впливу трансформації 1% паводкової витрати сухими гірськими ємностями на рівні паводкової витрати річок басейну Тиси // Проблеми водопостачання, водовідведення і гідравліки. – К.: КНУБА, 2014. – Вип.23. – С.45-52.

Надійшло до редакції 19.05.2015

УДК 628.16.067

П.А. ГРАБОВСКИЙ, доктор технических наук
Г.М. ЛАРКИНА, кандидат технических наук
В.И. ПРОГУЛЬНЫЙ, доктор технических наук
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ ПИТЬЕВАЯ ВОДА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

Проаналізовано способи забезпечення людей високоякісною питною водою. Розроблено схему питного водопостачання для існуючих будівель. Проведено техніко-економічний аналіз, який підтвердив доцільність запропонованої схеми.

Ключові слова: питне водопостачання, доочищення води, технологічна схема.

Проанализированы способы обеспечения людей высококачественной питьевой водой. Разработана схема питьевого водоснабжения для

существующих зданий. Проведен технико-экономический анализ, подтвердивший целесообразность предложенной схемы.

Ключевые слова: питьевое водоснабжение, доочистка воды, технологическая схема.

It is analyzed ways to provide people with high quality drinking water. The scheme of the drinking water supply for existing building worked out. Economical evaluation conducted that confirmed the feasibility of the proposed scheme.

Key words: drinking water, water purification, process flow diagram.

Проблема обеспечения населения качественной питьевой водой становится все более острой. Это обусловлено, с одной стороны, загрязнением источников водоснабжения, а с другой стороны, ужесточением требований к воде [1]. Общеизвестным стал путь создания параллельно централизованному водопроводу систем питьевого водоснабжения (СПВ). В таких системах вода (обычно из водопроводной сети) подвергается дополнительной очистке от веществ, которые не могут быть удалены в головных водопроводных сооружениях (соли тяжелых металлов, органические соединения и т. п.). Такие системы являются сейчас, в период затянувшегося экономического кризиса, единственно реальным способом решения проблемы чистой питьевой воды. Для обоснованного выбора способа обеспечения людей высококачественной питьевой водой проведен сравнительный анализ таких систем [2]. Сравнение выполнено на примере города Одессы по следующим показателям:

- экономическим – капитальные, годовые эксплуатационные и приведенные затраты;
- санитарно-гигиеническим (гарантированное и стабильное качество питьевой воды);
- комфортабельности для потребителей.

Рассмотрены следующие возможные варианты:

1. Реконструкция станции "Днепр". Комплекс существующих сооружений дополняется озонаторными установками, камерами для первичного и вторичного контакта воды с озоном, блоками фильтров, загруженными активным углем, резервуарами и промежуточными насосными станциями.

2. Бутылирование воды. Строится одна или несколько небольших станций (цехов) глубокой очистки воды, в которых вода разливается в специальную тару, затем перевозится в магазины и продается населению.

3. Микрорайонные станции доочистки и реализации питьевой воды.

Здесь возможны следующие модификации: а) вода отбирается из водопроводной сети, дополнительно очищается в специальной установке (УДВ), расположенной в этом пункте, а затем реализуется населению в его собственную тару; б) источником водоснабжения является артезианская скважина, вода из которой при необходимости очищается, обеззараживается, а затем реализуется.

4. Микрорайонные станции реализации питьевой воды. Вода очищается в одной или нескольких станциях, расположенных в пределах населенного пункта (аналогично варианту бутылирования), а затем специальными автоцистернами доставляется в микрорайонные пункты, заливается в баки-накопители, из которых отпускается потребителям.

5. Системы питьевого водоснабжения в жилых домах.

6. Квартирные установки, монтируемые у крана мойки.

Стоимость по варианту 1 (реконструкция головных очистных сооружений) определена по данным проектного института АП "Одессакоммунпроект". Для остальных вариантов расчетные расходы определены, исходя из нормы 2 л на человека в сутки или 730 литров в год.

Для варианта 2 (бутылированная вода) эксплуатационная стоимость найдена, исходя из продажной цены воды в торговой сети (г.г. Киев и Одесса). Аналогичным образом определена и стоимость по варианту 3. Стоимость доочистки воды по варианту 5 вычислены, исходя из данных по установкам типа КВУ и ЛВУ, разработанным в Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Стоимость квартирных установок (вариант 6) и затраты на их эксплуатацию определены по данным, полученным на выставках "Экватэк" в 1994, 1996, 1998 и 2000 годах (г. Москва), "ЭТЭВК" (г. Ялта), а также в торговой сети г.г. Одесса и Сан-Франциско.

При расчетах эксплуатационных затрат учитывалась зарплата обслуживающего персонала, стоимость материалов, электроэнергии, транспортные, амортизационные отчисления, стоимость сервисного обслуживания, а также начисления и налоги. Расчеты проведены по ценам, действовавшим в 1996 году, исключением является варианты 3 и 4, для которых взяты цены 2000г. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Стоимость систем водоснабжения

Вариант системы	Краткое описание	Затраты, \$/чел.		
		Капитальные	Эксплуатационные	Приведенные
1	Реконструкция головных очистных сооружений	218	31,3	64
2	Бутылированная вода	-	207-406	-
3,4	Пункты доочистки воды, пункты реализации привозной воды	-	20	-
5	СПВ в жилом доме	18...39	1,2...2,6	3,9...8,4
6	Квартирные установки	1,1...24,2	2,2...22,2	2,4...23,0

Как видно из таблицы, самым дорогим является вариант использования бутылированной воды. По-видимому, этот вариант доступен

далеко не всем. На втором месте по дороговизне – вариант реконструкции головных сооружений. Стоимость остальных вариантов была значительно меньшей. При этом квартирные установки оказались дороже, чем вариант внутридомовой системы питьевого водоснабжения.

Поскольку строгие количественные критерии для оценки санитарной надежности и комфортности систем питьевого водоснабжения отсутствуют, был использован метод экспертных оценок. В сформированной группе экспертов из 23 человек были специалисты технологи и гигиенисты. Им была предложена анкета, в которой нужно было оценить все варианты от 5 до 10 баллов по двум показателям – санитарной надежности и комфортности (самая высокая оценка – 10 баллов). Результаты анкетирования были подвергнуты статистической обработке, на основе которой определялись средний балл для каждого варианта, а также среднеквадратичное отклонение. Анализ показал незначимое различие в оценке установок гигиенистами и технологами. Результаты обработки представлены в табл. 2. и на рис.1.

Таблица 2

Экспертная оценка СПВ по надежности и комфортности

Показатель	Средний балл по варианту					
	1	2	3	4	5	6
Санитарная надежность	6,5	9,33	8,6	7,5	9,62	8,95
Комфортность	9,68	6,5	6,8	6,64	9,85	9,27

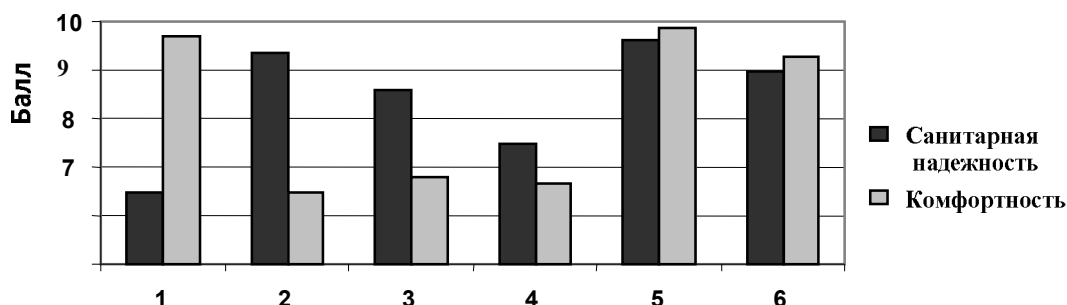


Рис.1. Оценка санитарной надежности и комфортности

Как следует из таблицы и рисунка, вариант реконструкции головных сооружений имеет самую низкую оценку по санитарной надежности. Видимо, эксперты учитывали состояние водопроводных сетей и их "вклад" в качество воды.

Вариант 2 (бутылированная вода) получил высокую оценку по санитарной надежности, но самую низкую по комфортности. Это объясняется небольшим количеством личного автотранспорта у населения, из-за чего для семьи из 4-х человек придется ежедневно нести из магазина 8л воды. По этой же причине невысокие оценки комфортности получили и варианты 3 и 4. Санитарная надежность по варианту 3, где УДВ находится в месте продажи,

оказалась почти на 1 балл выше, чем варианта 4. По-видимому, эксперты посчитали, что перевозка воды в цистернах может сказаться на качестве воды.

Самые высокие оценки и по санитарной надежности и по комфортности получил вариант 5 (УДВ в жилых домах). Связано это с тем, что в этом варианте нет длинных сетей между очистными сооружениями потребителями, как в варианте 1, а чистая вода льется из крана в собственной кухне. Комфортность варианта 5 оказалась даже несколько выше, чем в варианте 1, хотя в обоих случаях вода подведена к каждой квартире. Видимо, здесь сказался опыт экспертов, живущих в Одессе, где вода в большинстве районов подается по графику, а в варианте 5 при правильном проектировании можно обеспечить круглосуточную подачу воды.

Несколько ниже, чем в варианте 5, оценки по варианту 6 квартирных установок. Надежность здесь более низкая из-за того, что в отличие от других вариантов, здесь полностью отсутствует квалифицированное обслуживание установки. В результате, при нарушении правил эксплуатации (а нарушить их очень легко), можно получить воду, качество которой хуже, чем водопроводной воды. Комфортность этого варианта также меньшая, чем в 1 и 5 вариантах из-за необходимости систематических покупок сменных элементов установок, их монтажа и демонтажа.

Не очень высокими (но большими, чем в варианте 1) были оценки надежности вариантов 3 и 4. Однако, учитывая возможность быстрой реализации этих вариантов при небольших капиталовложениях, следует признать их вполне перспективными в ближайшем будущем.

Общие выводы, которые можно сделать в результате проведенного анализа, следующие:

1. Целесообразность решения проблемы питьевой воды путем полной реконструкции головных очистных сооружений весьма сомнительна как с санитарно-гигиенических позиций, так и по экономическим причинам. Вместе с тем работы, направленные на улучшение эффективности очистки центральной станции должны постоянно проводиться.

2. Остальные варианты могут успешно сосуществовать, дополняя друг друга, а потребитель может выбрать ту или иную систему, учитывая как надежность и комфортность, так и свои финансовые возможности (при этом потребитель должен получать достаточно достоверную информацию по каждому варианту).

3. Учитывая высокие показатели варианта 5 (как санитарные и комфортные, так и сравнительно невысокую стоимость), целесообразно предусматривать такие установки при строительстве нового жилья. При этом стоимость этого варианта может быть существенно понижена, если одна установка будет обслуживать не одно, а несколько соседних зданий. Для снабжения основной части населения в районах жилой застройки перспективными являются микрорайонные станции (варианты 3 и 4). При соответствующей организации эксплуатации и сервисного обеспечения, а также контроля качества воды санитарные показатели этих вариантов могут

быть повышены. Низкая же стоимость этих систем позволяет достаточно быстро осуществить решение проблемы питьевой воды даже в условиях экономического кризиса.

Вариант 5 непригоден для существующих зданий, поскольку жильцы будут возражать против прокладки дополнительной сети в их квартирах. Для решения этой проблемы возможны два варианта:

А) очистка всей воды, подаваемой в дом;

Б) из центральной очистной установки, обслуживающей дом или группу домов, доочищенная вода подается в автоматы, расположенные в каждом подъезде. Жильцы набирают воду в собственную тару и доставляют ее домой.

Сравнительный анализ вариантов А и Б показывает, что вариант А будет иметь более несколько более высокие оценки по санитарной надежности и комфортности. Однако, производительность очистной установки будет на два порядка выше, чем в варианте Б (А – норма водопотребления 200-250 л/чел в сутки, Б– 2-2,5 л/чел). Поэтому стоимость здесь будет даже выше, чем в варианте 1 (доочистка всей воды на головных очистных сооружениях).

Схема варианта Б для одного из микрорайонов г. Киева представлена на рис.2. Прямоугольники здесь – это жилые дома, а цифры внутри них – число квартир.

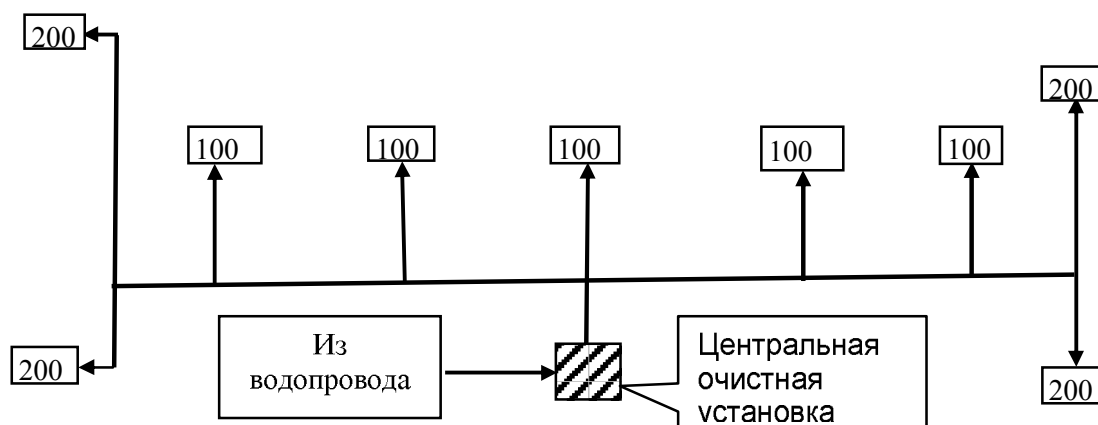


Рис.2. Схема питьевого водоснабжения микрорайона.

На рис.3 дана технологическая схема очистной установки. Вода из водопроводной сети проходит через сетчатый фильтр, регулятор давления, сорбционный фильтр, ультрафиолетовую лампу и поступает в бак – накопитель. Из него насосом с мембранным баком очищенная вода качается в автоматы зданий. Для обеспечения циркуляции часть воды по специальной линии закачивается в бак–накопитель.

Каждый автомат оборудован небольшим накопительным баком с ультрафиолетовой лампой, расположенной внутри автомата. Для повышения надежности обеззараживания поступающая в бак вода облучается ультрафиолетовыми лучами дважды – на входе в бак и при выходе из него.

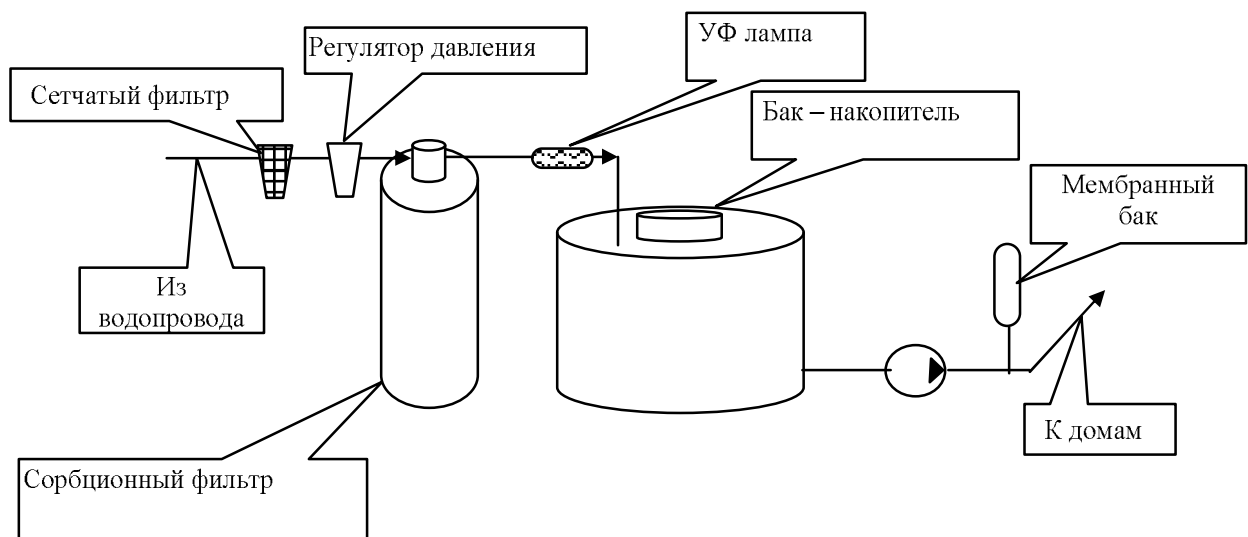


Рис.3. Технологическая схема центральной очистной установки

Для определения экономической целесообразности предложенного варианта выполнены расчеты стоимости капиталовложений, эксплуатационных затрат и срока окупаемости. Эти стоимости составили:

- Капиталовложения – стоимость оборудования и его монтаж (сорбционные фильтры, баки-накопители, ультрафиолетовые лампы, насосы, автоматы для продажи воды и т.п.) -620 тыс. грн.
- Эксплуатационные расходы – электроэнергия, амортизация, ремонт, ежемесячные анализы воды и т.п. – 130 тыс. грн.

На основе этих данных определена цена доочищенной воды и срок окупаемости проекта. В качестве базы для сравнения взят вариант воды, привозимой в дом в бутылках. Принята норма потребления 2л/сут на 1 человека. При этом принято, что пользуются доочищенной водой 50% общего числа жителей. Результаты расчетов:

- Отпускная цена ~ 0.4 грн./л (стоимость привозной воды – 1,5грн./л).
- Срок окупаемости проекта – 1 год.
- Годовая экономия – 800грн/чел, или 3200 грн. в год на одну квартиру.

Таким образом, предложенный вариант снабжения существующих жилых домов питьевой водой технически и экономически целесообразен.

Список литературы

1. ГСанПиН 2.2.4-171-10. Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком.
2. Грабовский П.А., Карпов И.П., Ларкина Г.М., Прогульный В.И., Триль А.А. Sposoby zaopatrywania w wode wysokiej jakosci /Сб. докл. 8 польской и 1-го международной конференции "Качество воды и защита водных источников" – Закопане: 1998. – С. 163-170.

Надійшло до редакції 11.11.2015