УДК 628.1:620.9

**Липатников Николай Владимирович,**
студент магистратуры,
ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»

Научный руководитель:
**Самолина Ольга Владимировна,**
канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»

# ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ВОДОЗАБОРНОМ УЗЛЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

**Аннотация.** В статье обоснованы переход к эксплуатации одной установки ультрафиолетового обеззараживания для двух наружных сетей, выбор основной насосной станции и автоматизация отопления и вентиляции. Практическое значение работы состоит в определении очередности модернизации с учётом энергетической экономии, стоимости обслуживания и сохранения технологического резерва.

**Ключевые слова:** Водозаборный узел, энергосбережение, УФ-обеззараживание, насосная станция, автоматизация, эксплуатационные затраты.

Для водозаборных узлов (ВЗУ) жилых комплексов актуально сокращение расхода электроэнергии при сохранении качества подготовки воды и технологического резерва. Эксплуатационные мероприятия позволяют решать эту задачу на действующем оборудовании с ограниченными капитальными вложениями. Значение оптимизации насосных режимов для уменьшения энергозатрат показано в исследовании T. Luna и соавторов [1]. К. В. Афонин и соавторы рассматривают периодическую вентиляцию с совместной оценкой электрических и тепловых затрат [2]. Цель настоящей работы – обосновать энергосберегающие режимы оборудования ВЗУ жилого комплекса и определить приоритет их реализации.

Исследован ВЗУ жилого комплекса, эксплуатируемый ООО «УК «Авеню-Сервис». Базовое электропотребление за 2025 год составляет 102 000 кВт·ч, отпуск воды потребителям – 92150 м³. Сопоставлены существующие и предлагаемые режимы обеззараживания, насосных станций, отопления и вентиляции. Расчёт охватывает год продолжительностью 8760 ч.

Насосная станция № 1 включает пять насосов с двигателями по 15 кВт, станция № 2 – четыре с двигателями по 7,5 кВт. Электрическая мощность определена по заводским характеристикам насосных частей с учётом изменения скорости вращения [3; 4]. Станции сравниваются при одинаковых подаче и напоре 39,77 м, соответствующем давлению 3,9 бар. Мощность на валу пересчитана во входную электрическую мощность с учётом постоянных КПД двигателей 0,919 и 0,901 соответственно и преобразователей 0,97.

Профиль нагрузки сформирован по данным почасового учёта воды, подаваемой в одну из двух независимых сетей водоснабжения жилого комплекса, на которую приходится около 80 % общего отпуска воды. В расчёт включены 2736 часовых интервалов архива за 2026 год. Часовые объёмы разделены на среднее значение архива и масштабированы на среднечасовой отпуск всего ВЗУ за 2025 год – 10,52 м³/ч. Расходы обеих веток в модели изменяются пропорционально. Исходное полугодовое чередование сопоставлено с использованием станции № 2 как основной. В основном сценарии два её насоса работают совместно 1 ч/сут в периоды наибольшего разбора с равным распределением общей подачи. Эта продолжительность принята для расчёта, поскольку сведения о фактических включениях насосов в архиве отсутствуют.

Денежная экономия определена по тарифам марта 2026 года: 7,61 руб./кВт·ч днём и 3,27 руб./кВт·ч ночью. Цены комплектующих приняты по данным сентября 2026 года. Периодические затраты пересчитаны в среднегодовые значения по срокам замены элементов. Простой срок окупаемости рассчитан как отношение вложений к среднегодовому денежному эффекту. В существующей схеме две установки ультрафиолетового (УФ) обеззараживания УДВ-3А500НО-10-150-N круглосуточно обслуживают отдельные наружные сети. Предлагается объединить линии трубопроводом диаметром 110 мм и длиной 14 м. Установка № 2 обрабатывает весь поток, установка № 1 сохраняется в резерве. Для подземной воды после сорбционной очистки при проектном УФ-пропускании 80 % и дозе 25 мДж/см² производительность одной установки достигает 111 м³/ч [5]. Допустимость работы ниже паспортной границы 24 м³/ч подтверждена изготовителем.

Резервную камеру после химической промывки осушают, отсекают задвижками и обесточивают. Плановое чередование не предусматривается, сохраняются контроль УФ-интенсивности и действующие уставки. Отключение постоянной нагрузки 1,65 кВт при годовой наработке 8760 ч даёт экономию 14 454 кВт·ч. Потребление УФ-узла уменьшается с 28 908 до 14 454 кВт·ч/год. Сохранение ресурса осушенного резерва сокращает расходы на комплектующие и промывки. При расчётной подаче 10,52 м³/ч мощность одного работающего насоса станции № 2 составляет 1,87 кВт, станции № 1 – 2,08 кВт. С ростом расхода преимущество станции № 2 уменьшается, поэтому основной режим выбран по годовому потреблению. Оно снижается примерно с 17 615 до 16 730 кВт·ч. Экономия составляет 885,4 кВт·ч/год, или около 5 %. При изменении продолжительности совместной работы двух насосов от 0 до 2 ч/сут результат находится в пределах 820–930 кВт·ч/год. Станция № 1 остаётся в резерве, частотное регулирование и автоматическое подключение дополнительного насоса сохраняются.

Для отопления разработано управление, разрешающее работу нагревателей при температуре воздуха +10 °С и снимающее разрешение при +12 °С. Уставка включения назначена с запасом 2 °С относительно проектного минимума +8 °С. Штатное регулирование теплоносителя и защиты сохраняются, циркуляция не прерывается. Управление вытяжкой учитывает температуру холодной поверхности и внутреннюю и наружную точки росы – температуры начала образования конденсата. При риске конденсации вытяжка включается, если наружный воздух способствует удалению влаги, а температура помещения выше +10 °С. Сохраняется ручной приоритет включения.

Мощность вентилятора принята равной 0,12 кВт. В сценарии сокращения его наработки с 8760 до 4380 ч/год экономия составляет 525,6 кВт·ч. С учётом круглогодичной нагрузки автоматики и приборов учёта 0,02 кВт чистое сокращение равно 350,4 кВт·ч/год. Потребление котла принято неизменным: отдельная экономия отопления не начисляется. Управление реализуется на контроллере ОВЕН ПР200 с датчиками температуры и влажности, средствами контроля холодной поверхности и раздельного учёта.

Стоимость УФ-мероприятия составляет 160 тыс. руб., автоматизации и учёта – 36 054,70 руб. Используются существующие шкаф и контакторы, работы выполняет штатный персонал. Изменение режима насосов отдельных вложений не требует. Сокращение расходов на обслуживание УФ-узла составляет в среднем 126 288 руб./год. Например, комплект трёх ламп стоимостью 124 тыс. руб. при замене раз в два года соответствует 62 тыс. руб. в год. Фактическая экономия на приобретении комплектующих относится к годам их замены. Сводные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты оценки мероприятий в основном сценарии

| Мероприятие | Вложения, руб. | Экономия, кВт·ч/год | Денежный эффект, руб./год |
|---|---|---|---|
| УФ-обеззараживание | 160 000 | 14 454,0 | 215 373 |
| Выбор основной насосной станции | 0 | 885,4 | 4 839 |
| Управление отоплением и вентиляцией | 36 055 | 350,4 | 2 160 |
| Комплекс мероприятий | 196 055 | 15 689,8 | 222 372 |

Расчётное сокращение электропотребления комплекса составляет 15,38 % базового уровня. Простой срок окупаемости по среднегодовому денежному эффекту равен 10,6 месяца, по одной экономии электроэнергии – 24,5 месяца. Показатели таблицы округлены, денежный эффект УФ-мероприятия включает экономию обслуживания. При изменении продолжительности совместной работы насосов от 0 до 2 ч/сут и наработки вытяжки от 2920 до 6570 ч/год суммарная экономия составляет 15,36–15,91 тыс. кВт·ч/год, срок окупаемости – 10,5–10,7 месяца при неизменном потреблении котла. Устойчивость общего результата в этих пределах обусловлена основным вкладом отключения постоянной УФ-нагрузки.

Таким образом, основной энергетический и денежный эффект обеспечивает изменение схемы УФ-обеззараживания. Выбор насосной станции № 2 как основной даёт дополнительный эффект без приобретения оборудования. Для автоматики срок окупаемости по одной экономии вентилятора составляет 16,7 года, поэтому её внедрение связано также с соблюдением проектной температуры и согласованием отопления с воздухообменом. Практический результат работы – обоснование очерёдности модернизации действующего ВЗУ с сохранением технологического резерва. Контроль эффекта предусматривает раздельный учёт и сопоставление потребления с водоподачей и наружной температурой.

*Список литературы:*

1. Luna T., Ribau J., Figueiredo D., Alves R. Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 213. P. 342–356. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.190.

2. Афонин К. В., Жилина Т. С., Загорская А. А., Молостова И. Е. Эффективность систем вентиляции с периодическим режимом работы // Архитектура, строительство, транспорт. 2024. № 1. С. 58–67. DOI: 10.31660/2782-232X-2024-1-58-67.

3. Grundfos. CRE15-05 A-A-A-E-HQQE 3x380-500 60 HZ: data booklet. Version 2018.06.003. 16 p. URL: https://www.lenntech.com/uploads/grundfos/99071860/Grundfos_CRE-15-5-A-A-A-E-HQQE.pdf (дата обращения: 11.10.2026).

4. Grundfos. CRE32-5-2 A-F-A-E-HQQE 3x400 60 HZ: data booklet. Version 2018.06.003. 16 p. URL: https://www.lenntech.com/uploads/grundfos/96122663/Grundfos_CRE-32-5-2-A-F-A-E-HQQE.pdf (дата обращения: 11.10.2026).

5. Паспорт установки обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением УДВ-3А500НО-10-150-N. 2013. URL: https://mcgrp.ru/files/viewer/914356/1 (дата обращения: 25.10.2026).