

2. Курушин, А. А. Школа проектирования СВЧ устройств в CST STUDIO SUITE / А. А. Курушин. – М. : Сам Полиграфист, 2014. – 433 с.
3. Курушин, А. А. Расчет теплового поля в биологических объектах под воздействием СВЧ излучения / А. А. Курушин ; под ред. В. А. Пермякова. – М. : One-Book, 2015. – 403 с.
4. Васильева, Т. И. Влияние электромагнитного поля сотового телефона на организм человека в зависимости от возраста / Т. И. Васильева, О. Ю. Сарокваша // Вестн. СамГУ. Естеств. сер. – 2012. – № 3/2 (94). – С. 29–36.

## ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О РЕЖИМАХ РАБОТЫ НАСОСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБОСНОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В. В. Павлов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. А. Капанский

*Рассмотрены источники получения информации о водо- и энергопотреблении насосных агрегатов для дальнейшего обоснования внедрения на них частотного электропривода. Проанализированы работа портативного ультразвукового расходомера «Акрон-01-02», многофункциональных измерителей мощности, системы «Акватория». Описан способ оценки эффективности эксплуатации насосных агрегатов, который основан на анализе режимов работы скважин и определении времени эксплуатации при максимальном КПД.*

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, характеристики насосных агрегатов, частотный электропривод.

С целью повышения эффективности использования энергии в работе насосных станций возможно внедрение частотных преобразователей. Они обеспечивают плавное регулирование напорной характеристики насосов, что позволяет оптимизировать работу всей системы водоснабжения. Однако для обоснования эффективности таких проектов требуется выполнение технико-экономических расчетов, которые основываются на информационной базе о работе насосных станций. Для получения информации о производительности насосов применяются различные методы измерений, которые условно можно разделить на разовые и систематические. Первые измерения проводятся в момент технического аудита, где анализируются параметры конкретного насоса. В свою очередь, систематические измерения выполняются периодически или непрерывно, что позволяет оценить изменения режимных параметров за длительный период времени. Цель данного исследования – изучение возможных источников получения информации для дальнейшей оценки энергоэффективности насосных агрегатов.

**База вычислительного эксперимента.** Одним из эффективных методов получения информации о режимах подачи воды насосных станций является применение ультразвуковых расходомеров, к примеру, таких, как переносной расходомер «Акрон-01-02», который позволяет производить анализ показателей водопотребления без отключения участка водонапорной сети. Принцип действия устройства основан на измерении разности акустических колебаний. Из основных преимуществ рассмотренного переносного расходомера следует выделить портативность, ведение записи и сохранение ее в собственную память устройства, вывод информации о водопотреблении на ЭВМ. Существенным недостатком является трудоемкий процесс

подготовки поверхности для последующего подключения ультразвуковых излучателей.

Для определения параметров электропотребления могут быть использованы многофункциональные измерители мощности, которые обладают универсальностью в измерении параметров электрической сети. На корпусе устройства имеются дополнительные разъемы для подключения щупов и клещей, с помощью которых прибор получает информацию о напряжении, токе и мощности нагрузки, позволяющих оценить электропотребление приемника. К положительной стороне их использования можно отнести их универсальность в измерении параметров электрической сети.

Эти измерения позволяют получить информацию о режиме работы насосного агрегата, но они имеют существенный недостаток: если установка работает в водонапорной сети, то эти приборы не дают никакого представления о влиянии сети на насосный агрегат. Для учета этого влияния необходимо создать систему измерительных приборов на каждой насосной станции.

В Республике Беларусь существуют разработанные компаниями «Техникон» и «Инженерно-исследовательский центр энергетика» автоматизированные системы мониторинга, такие, как проекты «Акватория» и M2Hydro, которые значительно упрощают работу диспетчерских водоснабжающих организаций с позиции предупреждения аварийных ситуаций.

**Способ оценки эффективности насосных станций.** В данном исследовании была проанализирована эффективность работы скважины № 149 Гомельского водоканала, оснащенной насосом ЭЦВ 8(10)–120–60, который является насосным агрегатом с производительностью 125 м<sup>3</sup>/ч, номинальным напором 59 м и номинальной мощностью электропривода 33 кВт. Регистрация параметров энерго- и гидрорежима проводилась в течение 42 дней – с 12 мая по 23 июня 2020 г. с интервалом времени в один час.

Для анализа работы насосного агрегата была использована аналитическая система мониторинга «Акватория», которая позволяет получать информацию о параметрах работы насосных агрегатов в режиме реального времени. В результате анализа были получены 1006 значений расхода воды и фактической мощности потребления насосным агрегатом. Для каждого измерения выполнен анализ режима работы в соответствии с принятым критерием:

$$Q_{\text{ф}} > 0,8 \cdot Q_{\text{ном}} ; \quad Q_{\text{ф}} < 1,2 \cdot Q_{\text{ном}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ф}}$ ,  $Q_{\text{ном}}$  – фактическая и номинальная производительность насоса, м<sup>3</sup>/ч; 0,8 и 1,2 – границы эффективного режима насоса в соответствии с рис. 1.

На рис. 1 приведена демонстрация к подходу анализа режима работы насоса, где подсчитывается каждая точка эффективного режима.

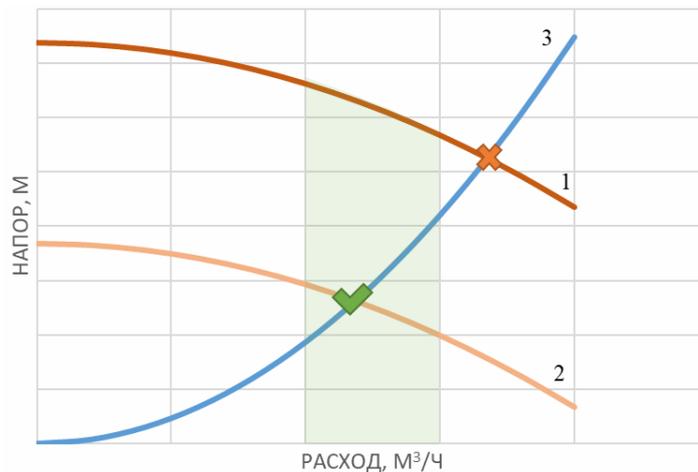


Рис. 1. Демонстрация к подходу анализа режима работы насоса:  
 1 – номинальная характеристика насоса; 2 – характеристика насоса при частотном регулировании; 3 – характеристика водопроводной сети в номинальном режиме; выделенная зона называется областью эффективной работы насосного агрегата

Таким образом, для проведения анализа эффективности работы насосного агрегата можно использовать алгоритм, основанный на оценке частоты встречаемости эффективных режимов. Основная идея заключается в выборке из общей массы всех значений числа точек, которые удовлетворяют заданному условию (1). Следовательно, можно определить, как часто эффективные режимы встречаются в работе насосного агрегата. Для расчета частоты встречаемости эффективных режимов можно использовать следующую формулу, основанную на описанных выше принципах:

$$v = \frac{n_3}{n} 100 \%, \quad (1)$$

где  $n_3$  – количество измерений, для которых фактический расход находится в эффективной области;  $n$  – количество всех измерений, проведенных за период времени регистрации.

Такой способ анализа эффективности работы насосного агрегата позволяет получить более точные данные о том, как часто достигаются эффективные режимы работы. Он может быть полезен для оптимизации работы насосного агрегата и улучшения его производительности. Для нашего случая общее количество наблюдений составило 1006 значений, из которых 821 попало в требуемые диапазоны, что, согласно [1], составляет 81,6 %. Частоту нахождения насоса в неэффективном режиме можно определить следующим образом:  $\bar{v} = 1 - v = 1 - 0,816 = 18,4 \%$ . Результаты такого анализа дают представление о характере существующих режимов работы насоса и дальнейшей целесообразности установки на него частотного преобразователя.

Предложенный подход к мониторингу энерго- и гидрорежима насосных агрегатов позволяет оперативно получать данные о работе насосов и проводить анализ их работы. Аналитические системы мониторинга также способствуют увеличению эффективности работы насосных агрегатов, так как дают возможность выявлять проблемы и недостатки в работе насосов в режиме реального времени.

## Литература

1. Федоров, О. В. Технико-экономическое обоснование внедрения системы непрерывного мониторинга показателей качества электроэнергии на объектах горных предприятий / О. В. Федоров [и др.] // Изв. высш. учеб. заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 9-10. – С. 91–97.
2. Фашиленко, В. Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий : учеб. пособие / В. Н. Фашиленко. – М. : Гор. кн., 2011. – 260 с.
3. Грачева, Е. И. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутривзаводского электроснабжения / Е. И. Грачева, А. Н. Горлов, З. М. Шакурова // Изв. высш. учеб. заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – № 22 (2). – С. 65–74. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-2-65-74>
4. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks / A. Karanski [et al.] // In E3S Web of Conferences, 2020 / EDP Sciences. – Les Vlis, 2020. – Vol. 178. – P. 01065.

## АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЫНКА СВЕТОТЕХНИКИ

М. Д. Астапенко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: Л. И. Евминов, Т. В. Алфёрова

*Приведен подробный анализ развития светотехники. Рассмотрены основные типы современных источников светодиодного освещения, тенденции и перспективы развития мирового рынка светодиодного освещения в 2023 г.*

**Ключевые слова:** источники света, рынок светотехники, светодиоды, светодиодная матрица, область применения.

### Введение

Ежегодный рост цен на энергоносители создает большие проблемы для многих экономик мира, в связи с чем правительством разных стран принимаются меры по внедрению программ энергосбережения и энергоэффективности. В части европейских государств проводится политика экономии электроэнергии, что отражается как в сокращении времени подсветки ночных городов, так и в модернизации систем освещения. В Республике Беларусь рациональное и экономное расходование всех видов топливно-энергетических ресурсов, в том числе и электрической энергии, снижение их потерь на сегодняшний день является актуальной задачей. Строгий контроль со стороны государства за рациональным расходованием всех видов топливно-энергетических ресурсов определяется тем, что Республика Беларусь импортирует более 60 % энергоресурсов. В этих условиях задача эффективного использования электроэнергии в различных отраслях промышленности приобретает особую важность.

В целях обеспечения эффективного использования топлива и энергии реализуется Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 гг. [1]. По данной программе повышение энергоэффективности предлагается реализовать через модернизацию систем освещения мест общего пользования жилых домов с внедрением энергоэффективных осветительных устройств, в том числе светодиодных, и автоматических систем управления освещением.

Преимуществами светодиодного освещения являются низкое потребление энергии, высокая светоотдача, долгий срок работы. Кроме того, светодиодные светиль-