

настоящее время (расхождение в сопротивлении теплопередаче для перекрытия над подвалом, определенное по расчету, будет отличаться незначительно).

В соответствии с п. 6.14 изменений № 3 к СНБ 4.02.01-03 “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха” (утвержденных с 1 января 2010 года), действующими в настоящее время, при проектировании отопления жилых зданий необходимо предусматривать регулирование и учет потребляемой теплоты каждым отдельным потребителем в здании (то есть каждой квартирой), а также зданием в целом. Для этого следует предусматривать устройство квартирных систем отопления с горизонтальной разводкой труб и установкой счетчика расхода теплоты (теплосчетчика) для каждой квартиры. в рассматриваемых энергоэффективных домах запроектированы квартирные системы отопления с горизонтальной разводкой труб, а поквартирный учет выполняется по счетчикам расхода газа.

В рассматриваемых энергоэффективных домах запроектирована приточно-вытяжная вентиляция с утилизацией тепла уходящего воздуха на основании мирового опыта проектирования энергоэффективных зданий и в соответствии с рекомендациями ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.».

В соответствии с п. 4.1 изменений № 4 к СНБ 4.02.01-03 “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха” (утвержденных с 1 сентября 2010 года), действующими в настоящее время, удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий следует определять в соответствии с ТКП 45-2.04-196-2010 “Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения”. Для пятиэтажных энергоэффективных жилых домов с рекуперацией тепла он составляет 43 кВт·ч/м<sup>2</sup> для климатических условий Брестской области (таблица 2 изменений № 1 к ТКП 45-2.04-196-2010, утвержденные с 1 апреля 2013 года), а для запроектированных энергоэффективных домов – 38,1 и 39,45 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что меньше нормативных показателей.

Таким образом, рассматриваемые энергоэффективные дома запроектированы с учетом всех требований, предъявляемых нормативными документами.

*Список использованных источников:*

1. Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 года.

**Прокопеня О.Н., Олех А.Г., Прожишко О.Г.**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра АТПиП*

В соответствии с методическими рекомендациями по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий, утвержденными председателем Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь, использование регулируемых приводов насосов является одним из таких мероприятий. Однако экономия энергии обеспечивается только при соответствующем управлении приводами. Поэтому важное значение имеет правильный подход к

построению системы управления насосами с учетом особенностей конкретного технологического процесса [1, 2].

Гидравлическая сеть для насоса представляет собой «квадратичную» нагрузку, т.е. потери напора пропорциональны квадрату расхода. В то же время мощность, требуемая для привода насоса:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot h}{\eta}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $Q$  – подача насоса (расход), м<sup>3</sup>/с;  
 $h$  – напор, создаваемый насосом, м;  
 $\eta$  – КПД насоса.

Таким образом, при работе на «квадратичную» нагрузку потребляемая мощность пропорциональна подаче насоса в третьей степени, а количество потребленной энергии, как и объем перекачанной жидкости, пропорциональны времени работы насоса. Следовательно, энергия необходимая для перекачивания некоторого объема воды за определенное время минимальна, если насос работает непрерывно и с постоянной производительностью.

При неравномерном потреблении воды обеспечить такой режим можно только при наличии накопительной емкости. Однако при больших объемах и значительной неравномерности потребления объем емкости может быть очень большим, так что затраты на ее сооружение и обслуживание перекроют экономию электроэнергии приводом. К тому же в системах водоснабжения емкость должна устанавливаться на высоте, обеспечивающей необходимое давление у потребителя при максимальном отборе воды. Поэтому фактически насос всегда создает максимальный напор, т.е. потребляет мощность, соответствующую наибольшему расходу.

Отказ от накопительной емкости приводит к необходимости использования схемы с рециркуляцией и установки насосов с номинальной производительностью, соответствующей пиковому потреблению воды. При отсутствии регулирования производительности потребляемая энергия будет максимальна, т.к. привод все время будет работать с номинальной мощностью. КПД такой схемы будет невелик.

Очевидно, уменьшить энергозатраты на перекачивание воды можно за счет применения регулируемого привода насосов, работающих непосредственно на сеть. При уменьшении подачи снижаются потери в сети и создаваемый насосом напор. Соответственно, уменьшается потребляемая энергия.

На практике применяют несколько способов регулирования подачи. При ступенчатом регулировании используют несколько насосов одинаковой либо разной производительности, которые вводятся в действие по мере необходимости. Использование насосов разной производительности позволяет более точно согласовать их подачу с графиком потребления воды. Однако в обоих случаях полностью согласовать подачу насосов с потреблением, т.е. отказаться от рециркуляции, нельзя. К тому же реальный график потребления всегда будет отличаться от расчетного, поэтому в данных схемах обязательно должна быть предусмотрена рециркуляция.

Полный отказ от рециркуляции возможен только при использовании приводов с частотным регулированием, которые позволяют плавно и непрерывно изменять подачу насоса. В этом случае регулирование может осуществляться в функции давления в распределительной сети. Такая схема будет более эффективной, чем

схемы со ступенчатым регулированием, и в настоящее время находит наибольшее применение.

Следует отметить, что эффект уменьшения мощности при снижении подачи насоса будет несколько снижаться за счет падения коэффициента полезного действия (КПД). График зависимости КПД от подачи для центробежного насоса с номинальным расходом  $35 \text{ м}^3/\text{ч}$  приведен на рисунке 1. Приведенная зависимость является характерной для насосов данного типа. Поскольку с уменьшением подачи насоса его КПД может снижаться довольно существенно, это необходимо учитывать при расчете потребляемой приводом энергии.

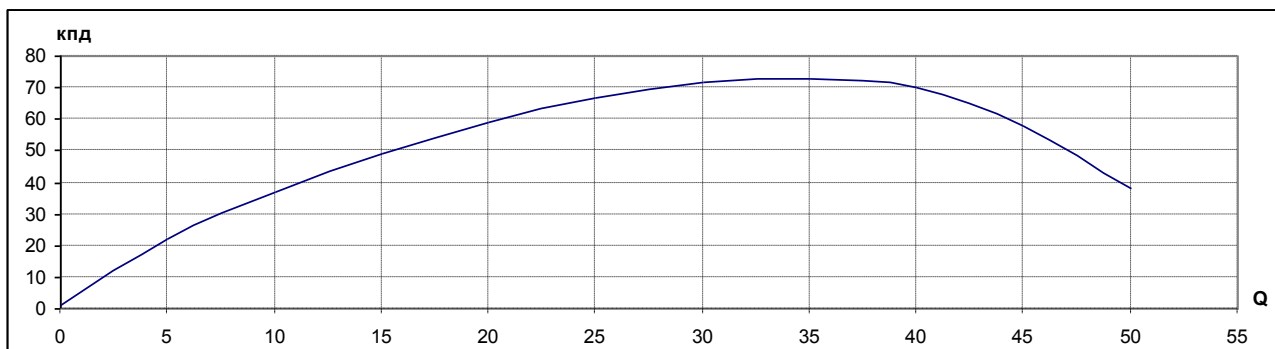


Рисунок 1 – График зависимости  $\eta(Q_n)$  насоса

Для сравнения энергоэффективности различных вариантов построения насосных станций системы водоснабжения были рассчитаны затраты электроэнергии на обеспечение водой населенного пункта, потребляющего  $845 \text{ м}^3$  воды в сутки, с использованием типового графика (рис. 2)

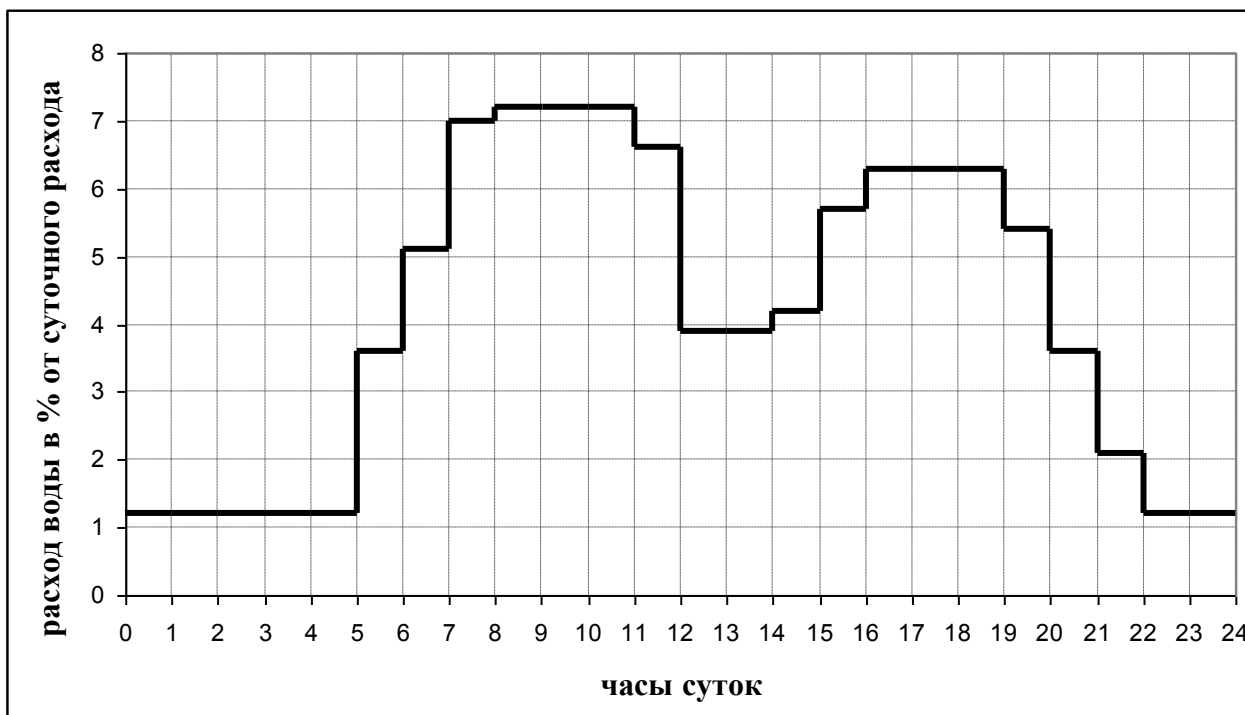


Рисунок 2 – Ступенчатый график водопотребления

В базовом варианте применялась схема с водонапорной башней. Максимальный напор, создаваемый насосами для обеспечения требуемого давления в

распределительной сети,  $h_{\max} = 30$  м. Напор в  $i$ -ый час суток для схемы с регулируемой подачей

$$h_i = h_{\max} \left( \frac{Q_i}{Q_{\max}} \right)^2 \quad (2)$$

Соответствующая мощность насосов определялась по (1) с учетом зависимости КПД от подачи. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Затраты электроэнергии на водоснабжение.

Тип насосной станции	Суточное потребление электроэнергии, кВт·ч
С водонапорной башней	94,6
С тремя насосами одинаковой производительности	78,1
С тремя насосами различной производительности	72,1
С регулируемой подачей насоса	64,1

Таким образом, схема с регулируемой подачей насоса экономичнее базового варианта на 32% и экономичнее схемы со ступенчатым управлением насосами разной производительности на 11%.

При использовании регулируемых насосов на канализационных насосных станциях (рис. 3) эффект экономии электроэнергии может быть даже несколько выше. В этом случае работа насосов, перекачивающих стоки из приемного резервуара (ПР) в напорный коллектор (НК), осуществляется на «квадратичную нагрузку», а емкость ПР не создает дополнительного напора для насоса.

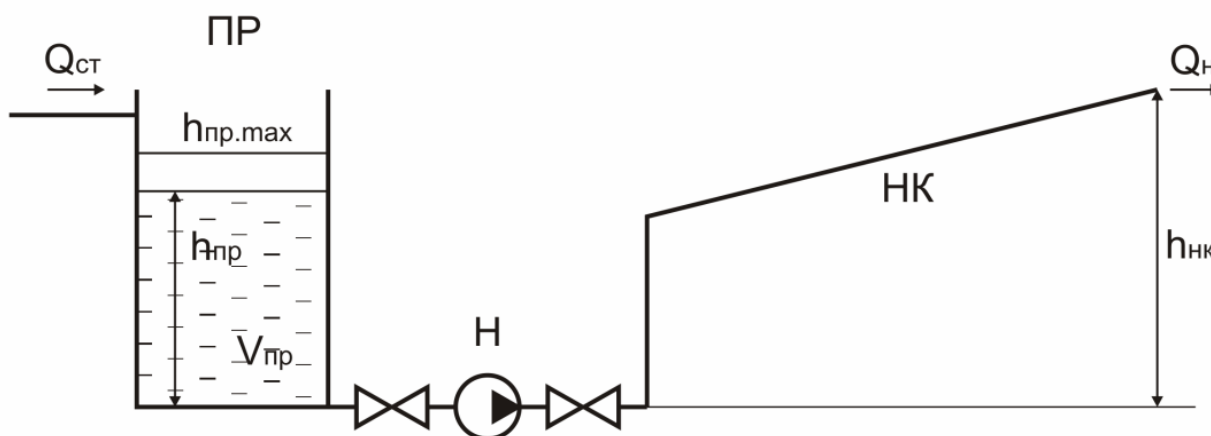


Рисунок 3 – Схема канализационной насосной станции

С увеличением уровня стоков  $h_{\text{пр}}$  требуемый напор насоса снижается. Очевидно, что поступление сточных вод  $Q_{\text{ст}}$  примерно соответствует графику потребления воды (рис. 2), т.е. является неравномерным. Расход на выходе коллектора  $Q_{\text{н}}$  должен соответствовать  $Q_{\text{ст}}$  в среднем за сутки. При этом емкость ПР оказывает сглаживающий эффект и позволяет обеспечить более равномерную подачу насоса, и соответственно, его работу с большим КПД. Оптимальная величина емкости  $V_{\text{пр}}$  должна определяться с учетом затрат на сооружение и дополнительного снижения расхода электроэнергии вследствие работы насосов в более экономичном режиме.

*Список использованных источников:*

1. Козлов М., Чистяков А. Эффективность внедрения систем с частотно-регулируемыми электроприводами// Современные технологии автоматизации. – 2001. – №1. – 38-45 С.
2. Козлов А. Эффективность применения частотно-регулируемого электропривода на канализационных насосных станциях// Современные технологии автоматизации. – 2005. – №3. – 82-85 С.

**Харичкова Л.В.**

### **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА МЕКСИКИ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

*БрГУ имени Пушкина, к.и.н., доцент кафедры всеобщей истории*

В условиях текущей волатильности цен на нефть и геополитической напряженности возрастает роль диверсификации источников энергии как способа повышения энергетической безопасности. С 2004 г. в мире растет спрос на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). В 2015 г., по данным Блумберг Нью Энерджи Файненс (Bloomberg New Energy Finance – BNEF), опубликованным 14 января 2016 г., в ВИЭ была инвестирована рекордная сумма (328,9 млрд. долл.). Это более чем в пять раз превышает сумму инвестиций 2004 г. (61,9 млрд. долл.) [5]. Показательно, что рост инвестиций произошел на фоне падения цен на основные виды ископаемого топлива. Данное обстоятельство свидетельствует о растущей значимости и конкурентоспособности возобновляемых технологий.

Статус крупнейшего рынка возобновляемых источников энергии сохранил Китай. В 2015 г. инвестиции в страну выросли на 17% до 110,5 млрд. долл. Это почти вдвое превышает показатель США, которые оказались на втором месте – их инвестиции составили 56 млрд. долл. Десятки миллиардов долларов были вложены в новые, перспективные рынки производства экологически чистой энергии, в число которых вошла и Мексика [5].

В текущем столетии страна демонстрирует хорошие экономические показатели. Наряду с Бразилией и Аргентиной она входит в тройку наиболее развитых государств Латинской Америки. По размерам ВВП (1,2 трлн. долл. в 2012 г.) Мексика уступает в Латинской Америке лишь Бразилии. По объему внешней торговли страна вышла на 16-е место в мире. Основная доля мексиканского экспорта приходится на продукцию обрабатывающей промышленности (81% в 2012 г.) [13]. По прогнозам, производство электроэнергии в Мексике будет расти в среднем на 3,2% в год вплоть до 2035 г. [9].

Стремясь удовлетворить спрос на электроэнергию, а также выполнить взятые на себя обязательства сократить к 2030 г. по сравнению с 2013 г. выбросы парниковых газов на 22%, правительство Мексики активно стимулирует развитие возобновляемой энергетики [14].

Производство электроэнергии за счет использования ВИЭ в основном приходится на гидроэнергетику. Установленная мощность электростанций Мексики выросла с 30.78 млн. кВт в 1992 г. до 62.00 млн. кВт в 2010 г., что вывело Мексику по данному показателю на 14-е место в мире [12]. В 2011 г. 73% производства