

16.11.2021г. № 679  
На Ваш исх. № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

В диссертационный совет  
24.2.380.03 при ФГБОУ ВО  
«Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет»

**ОТЗЫВ**  
на автореферат диссертации Барбул Михаила Леонидовича на тему:  
**«ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ МНОГОНАСОСНЫХ СТАНЦИЙ  
ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С  
УЧЕТОМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ  
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»,**

представленный на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные  
системы охраны водных ресурсов

### 1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На отзыв представлен автореферат диссертации на актуальную тему – повышение энергетической эффективности насосных станций повышения давления.

Эксплуатационные расходы систем подачи и распределения воды (СПРВ) составляют определяющую часть затрат на водоснабжение, которая продолжает увеличиваться в связи с ростом тарифов на электроэнергию. По оценкам специалистов значительная часть энергозатрат насосных систем может быть сокращено за счет изменения насосного оборудования и способов его управления. Поэтому считаем актуальным совершенствование методологии и комплексного обеспечения принятия решений, позволяющих оптимизировать параметры нагнетательного оборудования.

Цель исследования – разработка способа прогнозирования текущего водопотребления за счет статистической обработки накопленных данных водопотребления за прошлый период времени, а также разработка оптимизированного алгоритма управления многонасосными станциями повышения давления, с учетом спрогнозированного водопотребления с уменьшенным энергопотреблением по сравнению с существующими методами управления.

Объект исследования – многонасосные станции повышения давления (МНСПД). Предмет исследования – алгоритмы управления многонасосными станциями повышения давления.

Диссертация направлена на решение следующих задач:

разработка математической модели функции водопотребления на основе анализа статистических данных водопотребления, полученных в результате экспериментов;

определение параметров работы группы МНСПД, при которых обеспечивается снижение энергопотребления МНСПД;

разработка адаптивного алгоритма управления МНСПД, позволяющего снизить их энергопотребление.

## 2. НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Для решения поставленных задач автором использованы теоретические и экспериментальные методы исследования, что позволило получить существенные научные результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью.

В части научной новизны результатов исследования, полученных автором, по нашему мнению, следует отметить предложенный адаптивный способ прогнозирования водопотребления на последующие промежутки времени, учитывающий изменение параметров гидравлической сети (на основе обрабатываемых в режиме реального времени данных), а также разработанный алгоритм управления МНСПД, который, на основе прогноза водопотребления, позволяет вывести МНСПД на режим работы с более высоким КПД.

В аспекте практической направленности результатов выполненного исследования наиболее перспективными, с нашей точки зрения, являются подходы к прогнозу водопотребления жилых домов в режиме реального времени, которые возможно использовать при эксплуатации системы водоснабжения района или города.

Результаты НИОКР внедрены на ряде коммунальных предприятий Московской области.

## 3. ЗАМЕЧАНИЯ ПО АВТОРЕФЕРАТУ ДИССЕРТАЦИИ

По автореферату имеются следующие замечания:

При рассмотрении в 4 главе "оптимизированного алгоритма управления многонасосными станциями повышения давления, который позволяет вывести МНСПД на режим работы с более высоким КПД" автор определил действия для случая "г) процесс "обучения" пройден", которые включают в себя расчет количества оборотов (частоты ПЧТ) насосного агрегата (одного или нескольких) и "КПД насосного агрегата для спрогнозированного водопотребления для различных вариантов работы насосной станции" (п. 3), после чего "выбирается режим работы станции управления с максимальным КПД" (п.4).

1) Сам подход возражений не вызывает. Однако по тексту авторефера создается впечатление, что решение о выборе режима работы принимается на основании КПД одного насосного агрегата, а не насосной станции. Для случаев,

когда "работает только один насосный агрегат" или "работает несколько насосных агрегатов на одной частоте вращения", такой критерий приемлем. Но "для случая с одним ПЧТ на группу НА" (т.е. "когда работают несколько насосных агрегата, при этом один насосный агрегат работает на изменяемой частоте вращения, поддерживая необходимое давление в заданной точке, остальные насосные агрегаты – на фиксированной частоте вращения") КПД насосной станции, как системы, будет отличаться от КПД насосных агрегатов, находящихся в работе в составе станции.

По нашему мнению, для последнего случая следовало бы уточнить расчетный критерий для "очередного" спрогнозированного водопотребления – КПД насосной станции, который может быть определен с учетом КПД каждого агрегата из числа находящихся в работе, обеспечивающей каждым из них доли от прогнозируемого расхода и общего для всех работающих насосных агрегатов напора.

2) Также возникает вопрос, почему для случаев "в) процесс "обучения" не пройден" и "д) работа насосной станции при изменении режима водопотребления (например, при появлении новых потребителей)" не предлагается применить тот же критерий оптимизации режима работы МНСПД, используя для расчета параметры текущего водопотребления по фактической рабочей точке на данный момент времени (расход Q и необходимый перепад H, который должен создать каждый НА, входящий в состав МНСПД, на всех режимах работы), в связи с отсутствием для этих случаев параметров прогнозируемого водопотребления.

Принимая во внимание инерционность системы водоснабжения даже на уровне многоквартирного жилого дома, такой подход "обратной" связи для оптимизации является приемлемым, что подтверждается применением на практике соответствующих алгоритмом в системах управления МНСПД рядом производителей, в т.ч. в выпускаемых нами Модульных автоматических насосных станциях (МАНС), предназначенных для применения в системах хозяйствственно-питьевого водоснабжения.

По нашему мнению, совмещение двух подходов к управлению работой МНСПД (а именно: оптимизации по фактическим данным при отсутствии возможности прогнозирования водопотребления (в случаях в) и д)), когда процесс "обучения" не пройден, и оптимизации по спрогнозированным значениям (в случае г)), когда процесс "обучения" пройден) позволило бы достичь еще более значимых результатов в части энергоэффективности, с одной стороны, а кроме того, с другой стороны, получить более корректную оценку влияния "прогнозного" механизма на энергоэффективность МНСПД по схеме автореферата в части анализа данных, представленных на рисунках 6, 7 (Графики водопотребления и КПД насосной станции) и в таблице 1 (Недельное энергопотребление насосной станции при двух вариантах работы).

Представленные выше замечания в целом носят дискуссионный характер, не снижают достоинств представленной на отзыв работы и не изменяют общего положительного впечатления о работе Барабул М.Л.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО АВТОРЕФЕРАТУ ДИССЕРТАЦИИ

Рассматриваемая диссертационная работа, по нашему мнению, является законченным научным исследованием, в работе присутствуют все необходимые элементы – актуальность темы, новые научные результаты и их практическое внедрение. Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Барбул Михаил Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 - Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Кандидат технических наук,  
генеральный директор  
АО "Промэнерго"

Адрес: 197 341, Санкт-Петербург,  
Фермское ш., д. 22, корп. 3  
лит. А, пом. 32-Н  
Тел-н: +7 812 7777 975  
+7 911 216 0557  
E-mail: [office@prg.spb.ru](mailto:office@prg.spb.ru)  
[soa@prg.spb.ru](mailto:soa@prg.spb.ru)

О. А. Штейнмиллер

