

# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: ЭКОНОМИКА, ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО, ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, ЛОГИСТИКА, БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ

DOI: 10.24143/2073-5537-2020-4-7-14  
УДК 332.8

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ НА ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЯХ НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА «ВОДОСНАБЖЕНИЕ» ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»

*В. Г. Ларионов<sup>1</sup>, М. Г. Трейман<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Проведен анализ деятельности предприятий водопроводно-канализационного хозяйства ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в сфере ресурсосбережения и энергоэффективности, осуществлена оценка текущего состояния использования электрической энергии на предприятии. Определены основные методы управления энергоресурсами (создание системы рационального потребления и сбережения энергоресурсов, применение энергоэффективных материалов, оборудования и технологий, выявление потенциала энергосберегающих мероприятий на действующих объектах). Выявлены приоритетные направления для снижения энергоемкости производства в процессах водоснабжения. Предложен алгоритм, который включает в себя процессы сбора, моделирования, структурирования информации, а также выработки оптимального решения для предприятия. Представлена модель оптимизации работы с процессами водоснабжения, рассматриваются программные продукты, которые позволяют контролировать процессы энергосбережения и энергоэффективности. Определены наиболее перспективные программные продукты для внедрения их в практику деятельности предприятия, к ним относятся General Electric Intelligent Platforms CSense. Представлен план последовательного внедрения программного продукта в эксплуатацию на предприятии. Проиллюстрированы динамика потребления электроэнергии на предприятии, структура энергопотребления. Отмечено, что наиболее значимый вклад в величину энергопотребления вносят технологические процессы забора и подачи воды. Обосновано, что наиболее энергоемким процессом для предприятия (Филиал «Водоснабжение» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга») является насосное оборудование, которое следует заменить либо отрегулировать с целью энергосбережения. Следующие составляющие в плане энергосбережения рассматриваемого предприятия – внедрение частичного регулирования и автоматизация процессов.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, потребление электроэнергии, энергоемкость отраслей, водоснабжение.

**Для цитирования:** Ларионов В. Г., Трейман М. Г. Интеллектуальное управление энергопотреблением на водопроводных станциях на примере Филиала «Водоснабжение» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2020. № 4. С. 7–14. DOI: 10.24143/2073-5537-2020-4-7-14.

### **Введение**

В последнее время вопросы энергоэффективности для предприятий и организаций достаточно актуализированы, поскольку чем более полно используется энергия, тем более перспективен путь к снижению энергозатрат предприятия. Ресурсоснабжающие предприятия затрачивают значительное количество электрической энергии в технологических процессах и на раз-

личных этапах производства. Например, озонаторные установки потребляют для выработки озона значительное количество электрической энергии, сооружения механической и биологической очистки также расходуют большое количество энергии, поэтому для предприятия внедрение энергосберегающего оборудования и составление целей, задач и планов по энергоэффективности являются перспективными и важными направлениями развития [1, 2]. Предприятия водопроводно-канализационного хозяйства относятся к энергоемким, следовательно, предприятиям этой группы необходимо вырабатывать планы мероприятий для снижения показателей по энергоемкости производственных процессов и циклов [3].

Основным определением энергоэффективности можно считать рациональное и продуманное использование энергетических ресурсов, которое позволяет наиболее полно затрачивать энергию и сокращать издержки на энергоресурсы [4].

В настоящей статье проведен анализ и представлена оценка текущей ситуации по энергопотреблению ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

### Оценка текущей ситуации энергопотребления ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Динамика потребления электроэнергии с 2009 по 2019 г. проиллюстрирована на рис. 1.

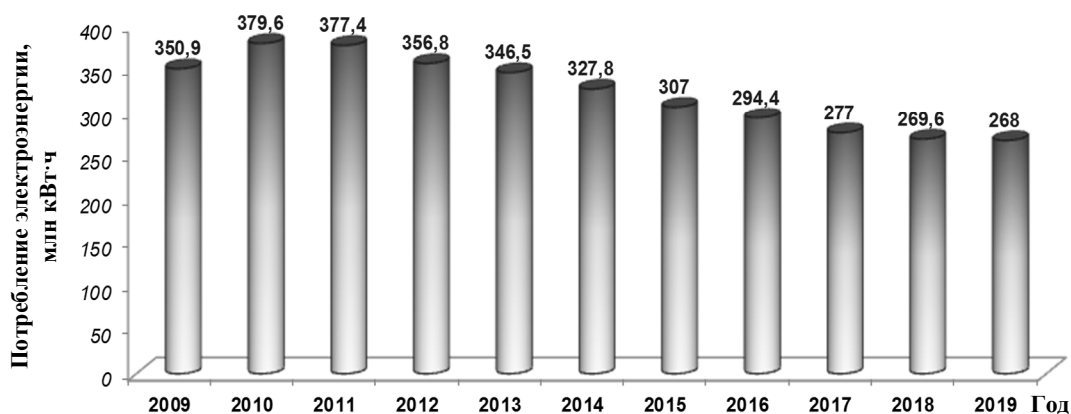


Рис 1. Динамика потребления электроэнергии на предприятии

Согласно рис. 1 наблюдается устойчивая тенденция к снижению показателя потребления электроэнергии – 82,9 млн кВт·ч (по сравнению с величинами 2009 г.). Рассмотрим также структуру энергопотребления (рис. 2).

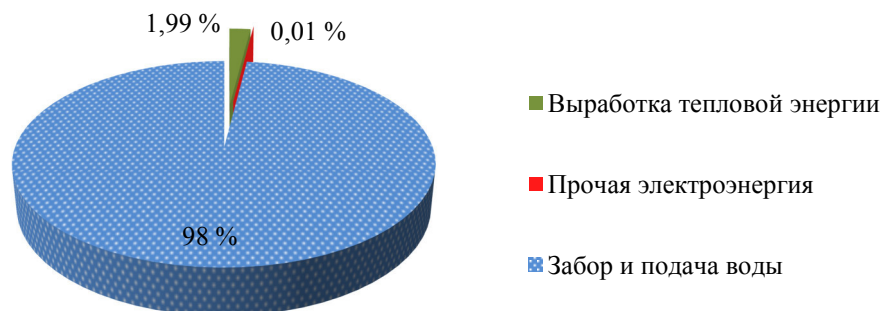


Рис. 2. Структура энергопотребления

Наибольший вклад в величину энергопотребления вносят технологические процессы – забор и подача воды (98 %), второе место в структуре занимает выработка тепловой энергии (1,99 %), все остальные цели потребления относятся к категории прочей электроэнергии (0,01 %).

На схеме (рис. 3) выделены основные направления по энергосбережению и энергоэффективности, которые возможно использовать на предприятии в соответствии с положениями Федерального закона РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

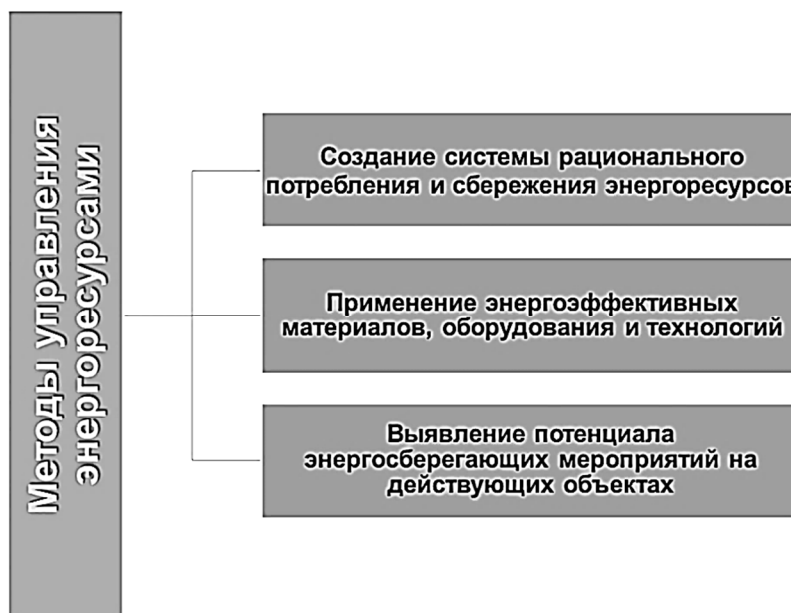


Рис. 3. Методы управления энергоресурсами

Для создания системы рационального потребления на предприятии внедрены стандарты серии ИСО, в том числе и стандарты ИСО 50 001 «Энергоменеджмент», применение которых позволяет улучшить деятельность предприятия в области энергосбережения и энергоэффективности [5, 6].

Для ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» был проведен независимый энергоаудит по всем производственным объектам предприятия, который позволил выявить проблемные зоны для дальнейшего повышения энергоэффективности. Обследование производственных объектов проводилось в Филиале «Водоснабжение» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», были обследованы 9 станций водоподготовки и 193 повысительных насосных станции. На основе проведенного обследования составлен план энергосбережения, который включает следующие составляющие (табл. 1).

Таблица 1

**План энергосбережения для Филиала «Водоснабжение» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»**

Мероприятие	Характеристика
Замена насосного оборудования	Реконструкция машинных отделений второго подъема Северной водопроводной станции, Муринской насосной станции
Внедрение частичного регулирования	Реконструкция машинных отделений Кушелевской насосной станции и третьего машинного отделения Южной водопроводной станции
Автоматизация процессов и исключение человеческого фактора	Построение систем поддержки принятия решений в выборе оптимального режима с гарантированным обеспечением параметров процесса путем разработки статистической модели системы водоподготовки

Таким образом, наиболее энергоемким процессом для предприятия является насосное оборудование, которое необходимо заменить на более энергоэффективное, т. е. малозатратное по энергии, либо отрегулировать его деятельность, выставить наименее энергозатратные режимы.

Также важным направлением для повышения энергоэффективности является автоматизация ряда процессов и максимальное снижение влияния человека – запрограммированные системы позволяют точно рассчитать необходимое количество энергии на тот или иной процесс, что делает возможным прогнозирование затрат на энергопотребление и регулирование их в процессе деятельности [7]. Рассмотрим данные направления применительно к предприятию водопроводно-канализационного хозяйства (рис. 4).

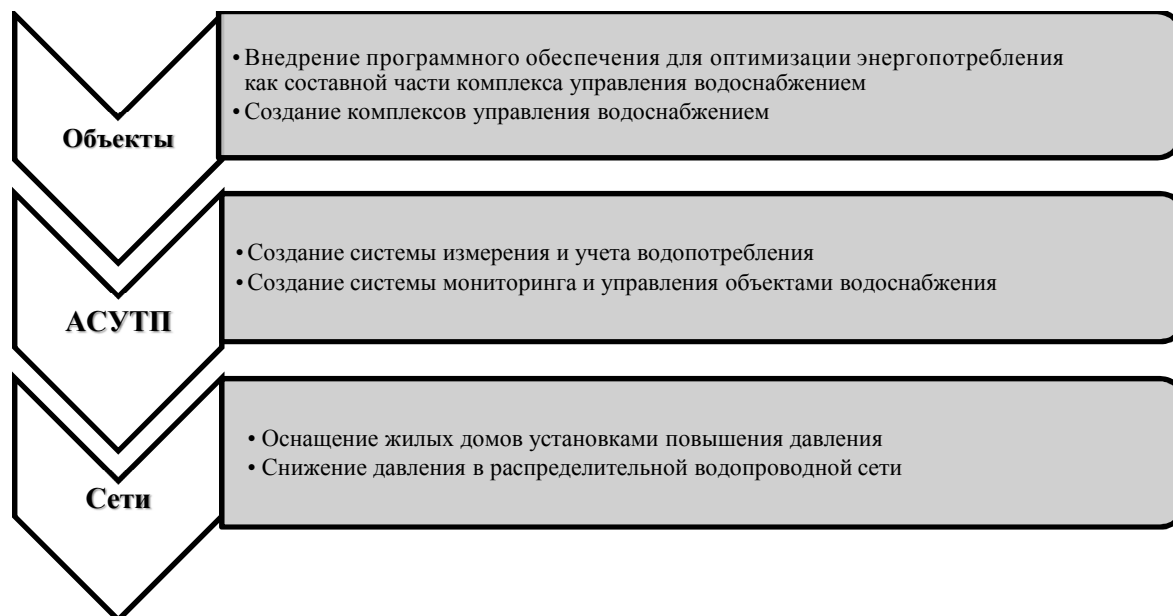


Рис. 4. Выявление энергосберегающих мероприятий на действующих объектах:  
АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами

Наиболее приоритетным для предприятий является создание комплексных подходов к управлению водоснабжением. В данный комплекс мероприятий должны входить все вышеперечисленные на схеме элементы.

Далее рассмотрим алгоритм, оптимизирующий и моделирующий энергопотребление для предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (рис. 5).

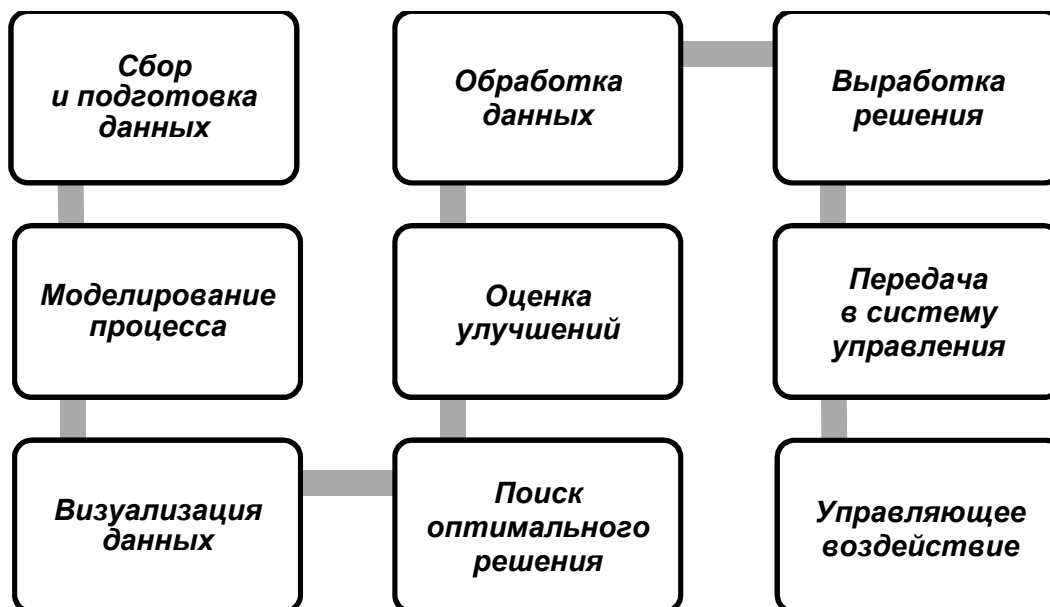


Рис. 5. Алгоритм работы модели оптимизации энергопотребления

Применительно к системе водоснабжения схема включает в себя следующие компоненты [8, 9]:

- выбор оптимального состава насосного парка с экономичными сочетаниями совместно работающих разнотипных насосных агрегатов;
- сбор данных онлайн: комбинация работающих насосных агрегатов, давление, расход, энергопотребление, уровни и объем резервуаров чистой воды;

- введение ограничений: суточный план подачи воды, суточный план по давлению, обеспечение качества воды, бесперебойность подачи [10, 11];
- выполнение алгоритма расчета оптимизации с учетом ретроспективного анализа и введенных ограничений;
- выдача рекомендаций по суточному плану работы оборудования с учетом контроля реализации плана онлайн.

Для автоматизации процессов и их компьютеризации необходимо использовать программные продукты, перечень возможных программных продуктов представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Выбор программного продукта для учета энергопотребления предприятия водопроводно-канализационного хозяйства**

Продукт	Функционал
General Electric Intelligent Platforms CSense	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Контроль в режиме реального времени ключевых показателей эффективности (удельное энергопотребление);</li> <li>– формирование рекомендаций к значениям управляющих параметров для возврата установки в эффективный режим при их отклонении;</li> <li>– осуществление прогнозирования поведения технологического процесса</li> </ul>
SAP Leonardo for Utilities, Service and Assets Option	Управление активами решения: <ul style="list-style-type: none"> <li>– высокие ожидания клиентов для гарантированного наличия активов и производительности;</li> <li>– собственные процессы производства и распределения энергии полагаются на высокоэффективные активы</li> </ul>
Honeywell Mobile Equipment Monitor	Обеспечение удаленного доступа к оборудованию, просмотра и анализа производительности оборудования: <ul style="list-style-type: none"> <li>– за счет стандартных или пользовательских панелей;</li> <li>– в режиме реального времени графическое отображение;</li> <li>– ключевые пользовательские индикаторы производительности (KPI);</li> <li>– объединенная единая система мониторинга – определенные тревоги и события;</li> <li>– задаваемые пользователем сигналы тревоги и события;</li> <li>– разработка прогностических моделей для раннего выявления развивающихся неисправностей</li> </ul>

Если рассматривать существующий функционал, предприятие использует систему Oracle, с системами такого рода наиболее полно коррелирует General Electric Intelligent Platforms CSense. Также данный программный продукт впоследствии можно будет интегрировать с ГИС-системами предприятия (информационная система «Балтика»), что обеспечивает дополнительное понимание о распределении и использовании энергии производственными объектами предприятия [12]. Программные продукты позволят принимать обоснованные управленческие решения, в основе которых лежат аналитические выкладки. План внедрения мероприятий программных продуктов и их интеграции с действующими системами представлен на рис. 6.



Рис. 6. План внедрения мероприятий по энергоэффективности на предприятии ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Первый этап подразумевает подготовку технического задания, где будут приведены все основные требования к информационному продукту, как общие, так и специфические, для блоков с учетом пользовательских требований. Затем согласно техническому заданию осуществляется разработка проекта, которая начинается с анализа данных, визуализации и построения модели процессов. Далее с использованием системы множественных итераций получается конечный информационный продукт, который внедряется уже непосредственно на предприятие [13], после чего разрабатываются пользовательские инструкции и проводится подробное обучение персонала.

Таким образом, проблема энергоэффективности важна и актуальна для предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, т. к. сегодня в технологической цепочке присутствуют энергоемкие зоны (например, зона обеззараживания, насосные станции, потребляющие значительные величины энергии) [14].

### Заключение

В исследовании проведен план мероприятий по повышению энергоэффективности процессов водоснабжения для ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», к основным его направлениям относятся замена насосного оборудования, внедрение частичного регулирования, автоматизация процессов и исключение человеческого фактора.

Проведенный анализ программных продуктов проиллюстрировал целесообразность внедрения в практику деятельности предприятия программы серии General Electric Intelligent Platforms CSense; представлен план по ее внедрению на предприятие.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефремов В. В., Маркман Г. З. «Энергосбережение» и «энергоэффективность»: уточнение понятий, система сбалансированных показателей энергоэффективности // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2007. № 4. С. 146–148.
2. Федоров О. В., Голубцов Н. В., Гребенюк И. И. Ресурсосбережение в энергетике: моногр. М.: Инфра-М, 2011. 246 с.
3. Кадышева А. А., Битейкин П. А. Энергосберегающие технологии и оборудование в водоснабжении и водоотведении: учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2015. 77 с.
4. Гусева Т. В. Основные принципы разработки и внедрения систем менеджмента, обеспечивающих повышение энергоэффективности предприятий // Менеджмент в России и за рубежом. 2004. № 3. С. 43–56.
5. Гришин С. С. Энергоэффективность и энергосбережение в России на современном этапе: учеб. пособие. Волжский: Изд-во Фил. «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2010. 114 с.
6. Осипов В. А., Ембулаев В. Н., Осипов А. В. Энергоэффективность промышленного производства: моногр. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2016. 174 с.
7. Каравайков В. М., Афанасьева Н. Н. Информационная поддержка принятия решения при управлении энергоэффективностью предприятия // Вестн. Костром. гос. технолог. ун-та. 2004. № 9. С. 79–83.
8. Касаева Т. В., Кертбиев З. М. Энергоэффективность российской промышленности: противоречивые тенденции и инструменты рыночных институциональных преобразований: моногр. Пятигорск: Изд-во ПГЛУ, 2015. 177 с.
9. Оболенский Н. В. Энергосбережение: моногр. Княгинино, Нижегород. обл.: Изд-во НГИЭИ, 2014. 270 с.
10. Коваль Д. И. Автоматизированные системы технического учета энергоресурсов как инструмент повышения энергоэффективности технологии // Пром. АСУ и контроллеры. 2006. № 8. С. 10–11.
11. Чекалин В. С., Маркин В. В. Обоснование организационной структуры системы стратегического управления энергоэффективностью в регионе // Науч.-техн. вед. Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-та. Сер.: Экономические науки. 2008. № 4. С. 109–117.
12. Карпов В. Н., Юлдашев З. Ш. Энергосбережение: метод конечных отношений: моногр. СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2010. 146 с.
13. Николаев В. Г. Исследование энергоэффективности работы оборудования насосных станций // Гидротехн. стр-во. 2009. № 9. С. 39–45.
14. Зверев А. В. Энергоэффективность и энергосбережение: мировой опыт для России. М.: Статистика России, 2011. 175 с.

Статья поступила в редакцию 11.09.2020

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Ларионов Валерий Глебович* – Россия, 105005, Москва; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; д-р экон. наук, профессор; профессор кафедры экономики и организации производства; [vallarionov@yandex.ru](mailto:vallarionov@yandex.ru).

*Трейман Марина Геннадьевна* – Россия, 191023, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский государственный экономический университет; канд. экон. наук; доцент кафедры менеджмента и инноваций; [britva-69@yandex.ru](mailto:britva-69@yandex.ru).



## INTELLIGENT POWER MANAGEMENT AT WATERWORKS (CASE OF WATER SUPPLY BRANCH OF STATE UNITARY ENTERPRISE ST. PETERSBURG VODOKANAL)

*V. G. Larionov<sup>1</sup>, M. G. Treyman<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Bauman Moscow State Technical University,  
Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Saint-Petersburg State University of Economics,  
Saint-Petersburg, Russian Federation*

**Abstract.** The article gives the analysis of resource saving and energy efficiency of the enterprises of water supply and waste water services of the State Unitary Enterprise “St. Petersburg Vodokanal”. There has been evaluated the consumption of electrical energy by the enterprise. The main methods of energy resources management (creating a system of rational consumption and saving of energy resources, using energy-efficient materials, equipment and technologies, identifying the potential of energy-saving measures at operating facilities) have been determined. The priority directions for reducing the production energy intensity in the water supply processes have been defined. An algorithm is proposed that includes the processes of collecting, modeling, structuring information, as well as developing an optimal solution for an enterprise. A model for optimizing work in water supply processes is presented, software products are considered that allow to control the processes of energy saving and energy efficiency. The most promising software products for their introducing them into practice of the enterprise have been identified, including General Electric Intelligent Platforms CSense. A plan for the sequential implementation of the software product into operation at the enterprise is presented. The dynamics of electricity consumption at the enterprise, the structure of energy consumption are illustrated. It is noted that the most significant contribution to the amount of energy consumption is made by the technological processes of water intake and supply. It has been substantiated that the most energy-consuming process for the enterprise (Water Supply Branch of the State Unitary Enterprise St. Petersburg Vodokanal) is replacement or maintenance of pumping equipment. The components of energy conservation of the enterprise under study are the partial regulation and automation of processes.

**Key words:** energy efficiency, water supply and waste water service enterprises, electricity consumption, energy intensity of industries, water supply.

**For citation:** Larionov V. G., Treyman M. G. Intelligent power management at waterworks (case of Water Supply Branch of State Unitary Enterprise St. Petersburg Vodokanal). *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2020;4:7-14. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5537-2020-4-7-14.

## REFERENCES

1. Efremov V. V., Markman G. Z. «Energoberezhenie» i «energoeffektivnost'»: utochnenie poniatii, sistema sbalansirovannykh pokazatelei energoeffektivnosti [Energy saving and energy efficiency: clarification of concepts, system of balanced energy efficiency indicators]. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2007, no. 4, pp. 146-148.
2. Fedorov O. V., Golubtsov N. V., Grebeniuk I. I. *Resursosberezhenie v energetike: monografiia* [Energy saving in power supply: monograph]. Moscow, Infra-M Publ., 2011. 246 p.

3. Kadyseva A. A., Biteikin P. A. *Energoberegaiushchie tekhnologii i oborudovanie v vodosnabzhenii i vodootvedenii: uchebnoe posobie* [Energy-saving technologies and equipment in water supply and wastewater disposal: tutorial]. Omsk, Izd-vo OmGAU im. P. A. Stolypina, 2015. 77 p.
4. Guseva T. V. Osnovnye printsipy razrabotki i vnedreniia sistem menedzhmenta, obespechivaiushchikh povyshenie energoeffektivnosti predpriatii [Basic principles for development and implementation of management systems to improve energy efficiency of enterprises]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2004, no. 3, pp. 43-56.
5. Grishin S. S. *Energoeffektivnost' i energosberezhenie v Rossii na sovremennom etape: uchebnoe posobie* [Energy efficiency and energy saving in Russia at present stage: study guide]. Volzhskii, Izd-vo Filiala «MEI (TU)» v g. Volzhskom, 2010. 114 p.
6. Osipov V. A., Embulaev V. N., Osipov A. V. *Energoeffektivnost' promyshlennogo proizvodstva: monografiia* [Energy efficiency of industrial production: monograph]. Vladivostok, Izd-vo VGUES, 2016. 174 p.
7. Karavaikov V. M., Afanas'eva N. N. Informatsionnaia podderzhka priniatiia resheniia pri upravlenii energoeffektivnost'iu predpriatii [Information support for decision making in energy efficiency management of enterprise]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2004, no. 9, pp. 79-83.
8. Kasaeva T. V., Kertbiev Z. M. *Energoeffektivnost' rossiiskoi promyshlennosti: protivorechivye tendentsii i instrumenty rynochnykh institutsional'nykh preobrazovani: monografiia* [Energy efficiency of Russian industry: contradictory trends and tools of market institutional transformations: monograph]. Piatigorsk, Izd-vo PGLU, 2015. 177 p.
9. Obolenskii N. V. *Energoberezhenie: monografiia* [Energy saving: monograph]. Kniaginino, Nizhegorodskaia oblast', Izd-vo NGIEI, 2014. 270 p.
10. Koval' D. I. Avtomatizirovannye sistemy tekhnicheskogo ucheta energoresursov kak instrument povysheniia energoeffektivnosti tekhnologii [Automated systems for technical accounting of energy resources as tool for increasing energy efficiency of technology]. *Promyshlennye ASU i kontroliery*, 2006, № 8, pp. 10-11.
11. Chekalin V. S., Markin V. V. Obosnovanie organizatsionnoi struktury sistemy strategicheskogo upravleniia energoeffektivnost'iu v regione [Justification of organizational structure of regional strategic energy efficiency management system]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomicheskie nauki*, 2008, no. 4, pp. 109-117.
12. Karpov V. N., Iuldashev Z. Sh. *Energoberezhenie: metod konechnykh otnoshenii: monografiia* [Energy saving: method of finite relations: monograph]. Saint-Petersburg, Izd-vo SPbGAU, 2010. 146 p.
13. Nikolaev V. G. Issledovanie energoeffektivnosti raboty oborudovaniia nasosnykh stantsii [Studying energy efficiency of pumping station equipment]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo*, 2009, no. 9, pp. 39-45.
14. Zverev A. V. *Energoeffektivnost' i energosberezhenie: mirovoi opyt dlia Rossii* [Energy efficiency and energy saving: global experience for Russia]. Moscow, Statistika Rossii Publ., 2011. 175 p.

The article submitted to the editors 11.09.2020

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Larionov Valery Glebovich** – Russia, 105005, Moscow; Bauman Moscow State Technical University; Doctor of Economics, Professor; Professor of the Department of Economics and Industrial Engineering; vallarionov@yandex.ru.

**Treyman Marina Gennadiivna** – Russia, 191023, Saint-Petersburg; Saint-Petersburg State University of Economics; Candidate of Economics; Assistant Professor of the Department of Management and Innovation; britva-69@yandex.ru.

