

УДК 681.3

А.В. Кычкин, В.В. Носков

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия;

ЭНЕРГОМОНИТОРИНГ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Рассматривается подход к оценке энергетического потенциала тепловых потоков системы водяного охлаждения группы компрессоров, установленных в цеху по производству и подготовке сжатого воздуха на предприятии АО «Пермский завод силикатных панелей». Теплоноситель, циркулирующий в системе охлаждения, обладает низкопотенциальной энергией, которая на данный момент не утилизируется. Построена упрощенная схема существующей системы водяного охлаждения группы компрессоров, на которой показаны места возможных тепловых потерь и установки датчиков для регистрации температуры. Предложена техническая реализация энергомониторинга на базе устройства удаленной телеметрии и управления VIDA44M, обеспечивающего многоканальный сбор данных, присвоение временных меток измерениям, накопление во внутренней SD-карте памяти в файле формата .csv, доступ в Интернет для удаленного сбора данных. Для контроллера составлена таблица с его основными параметрами и характеристиками. Построена математическая модель расчета потерь тепловой энергии в системе охлаждения группы компрессоров, учитывающая результаты мониторинга температуры теплоносителя на входе и выходе в системе охлаждения и заданную производительность рециркуляционных насосов. Проведен практический мониторинг низкопотенциальных тепловых потоков, представлены температурные параметры окружающей среды, теплоносителя на входном и выходном трубопроводах с использованием открытого программного обеспечения OpenJVis. Сделан вывод о незначительном влиянии температуры окружающей среды на разность температур теплоносителя в системе охлаждения, приведены расчеты тепловых потерь. Составлена таблица с основными параметрами мониторинга. Работа выполнена при поддержке внутривузовского гранта ПНИПУ, соглашение № 2016/ПИ-2 «Разработка методологии мониторинга и утилизации тепловых потоков, как низкопотенциального ресурса предприятия».

Ключевые слова: энергетический мониторинг, энергетические данные, тепловая энергия, компрессор, OpenJVis, устройство удаленной телеметрии и управления, VIDA44M.

A.V. Kychkin, V.V. Noskov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ENERGY MONITORING OF THE COMPRESSOR STATION COOLING SYSTEM LOW-POTENTIAL THERMAL FLOWS

In article approach to assessment of energy potential of thermal flows of system of water chilling of group of the compressors established in the shop on production and preparation of compressed air at the entity of JSC Perm Plant of Silicate Panels is considered. The heat carrier circulating in a cooling system has low-potential energy which at the moment isn't utilized. The simplified scheme of the existing system of water chilling of group of compressors on which places of possible thermal losses and installation of sensors for registration of temperature are shown is constructed. The technical implementation of an energy monitoring based on the device of remote telemetry and management of VIDA44M providing multichannel data collection, assignment of temporary tags to measurements, accumulating in the internal SD memory card in the file of the .csv format, access to the Internet for remote data collection is offered. For the controller the table with its key parameters and characteristics is constituted. The mathematical model of calculation of losses of heat energy in a cooling system of group of compressors considering results of monitoring of temperature of the heat carrier on an entrance and an exit in a cooling system and the set performance of recirculation pumps is constructed. Practical monitoring of low-potential thermal flows is carried out, temperature parameters of the environment, the heat carrier on entrance and output pipelines with use of the open software of OpenJEVis are provided. The conclusion is drawn on insignificant influence of ambient temperature on a difference of temperatures of the heat carrier in a cooling system, calculations of thermal losses are given. The table with key parameters of monitoring is constituted. Research has been completed under the PNRPU grant No.2016/PI-2 «Methodology development of monitoring and heat flow utilization as low potential company energy sources»

Keywords: power monitoring, power data, thermal energy, compressor, OpenJEVis, device of remote telemetry and management, VIDA44M.

Введение. На сегодняшний день эффективное использование энергетических ресурсов является ключевой задачей для промышленных предприятий, типовым примером которых можно считать АО «Пермский завод силикатных панелей». Предприятие использует большое количество электрической и тепловой энергии на производство газобетонных плит, силикатных панелей и других строительных материалов, при этом значительная доля рассеивается в окружающую среду в виде потерь. Кроме прямых потерь наблюдаются и косвенные, характеризующиеся долей не утилизируемого вторичного тепла технологических процессов, к числу которых относится процесс сжатия воздуха. Неконтролируемая тепловая эмиссия системы с охлаждения компрессорной станции предприятия является неблагоприятной для окружающей среды и потенциальным источником для энергоресурсосбережения [1–4].

Большое количество тепловой энергии компрессорной станции теряется в системе охлаждения оборудования. Эта энергия имеет низкий энергетический потенциал в единицу времени, но при масштабировании на длительные интервалы крайне велика, нуждается в контроле и утилизации. Для обеспечения учета, оценки потенциала тепловой эмиссии с целью последующего обоснования методов ее использования предлагаются разработка и внедрение системы энергетического мониторинга (СЭМ) [5–7]. Разрабатываемая в рамках предприятия СЭМ должна обеспечить контроль над выбросами вторичной низкопотенциальной тепловой энергии, систематизацию информации об объемах энергетических потерь, наглядное представление о потерях, прогноз потребления и экономии др.

Организация системы энергомониторинга тепловых потоков группы компрессоров. Рассмотрим структурную организацию источника тепловой энергии на базе системы охлаждения компрессорной станции предприятия АО «Пермский завод силикатных панелей» (ПЗСП) (рис. 1).

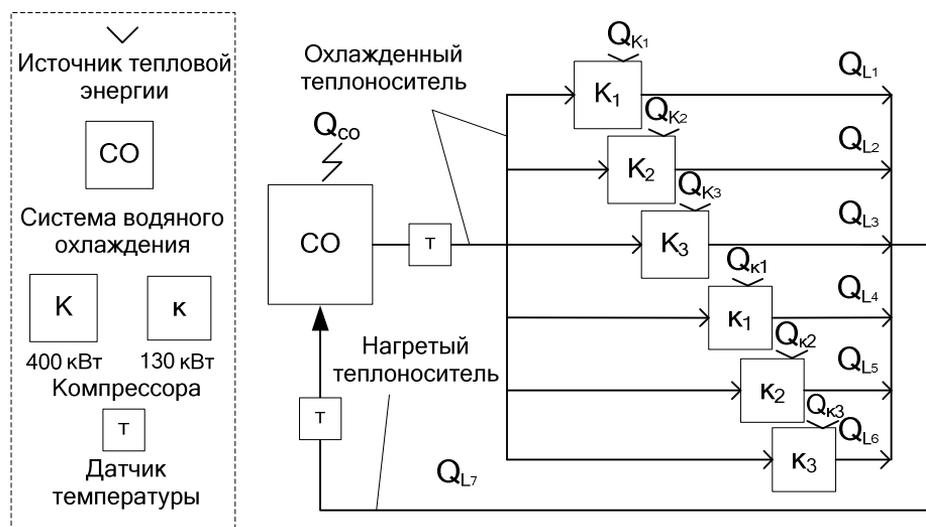


Рис. 1. Упрощенная схема системы водяного охлаждения группы компрессоров

Компрессорная станция содержит следующие источники тепловой энергии: $K_{1..3}$ – поршневые компрессоры 2ВМ10-63/9 ГОСТ 23680-79 мощностью 400 кВт; $к_{1..3}$ – поршневые компрессоры ВП-20/8МУ4 ГОСТ 5.28-67 мощностью 132 кВт. Система водяного охлаждения

группы компрессоров представляет замкнутую систему, состоящую из системы охлаждения воды, которая включает в себя баки холодной и горячей воды, градирню, группу рециркуляционных и подпиточных насосов. Так, в системе к каждому компрессору подводится отдельный трубопровод с охлаждающим теплоносителем. Нагретый теплоноситель от компрессоров по системе трубопроводов поступает в систему водяного охлаждения, тем самым поддерживается замкнутый цикл охлаждения теплоносителя. В градирне установлены два вентилятора, которые охлаждают воду. После градирни охлажденная жидкость скапливается в баке холодной воды, откуда по одному из трех насосов поступает снова на вход группы компрессоров. Поскольку в градирне происходит частичное испарение воды, то дополнительно установлен подпиточный насос, который служит для восполнения потерь воды.

Количество тепловой энергии, выделяемой в процессе работы на каждом мощном компрессоре, обозначено $Q_{к1..3}$. Количество тепловой энергии, выделяемой в процессе работы на каждом менее мощном компрессоре, обозначено $Q_{к1..3}$.

Общее количество тепловой энергии Q_K , произведенное компрессорной станцией, определяется по формуле

$$Q_K = Q_{к1} + Q_{к2} + Q_{к3} + Q_{к1} + Q_{к2} + Q_{к3}.$$

Вся выработанная тепловая энергия передается с помощью теплоносителя по трубопроводной системе в систему охлаждения.

Общее количество тепловых потерь в системе водяного охлаждения Q можно определить по выражению

$$Q = Q_{co} + Q_L,$$

где Q_L – общее количество рассеиваемой тепловой энергии в местах возможных тепловых потерь в трубопроводной части $L_{1..7}$ передачи нагретого теплоносителя, $Q_L = Q_{L1} + Q_{L2} + \dots + Q_{L7}$; Q_{co} – количество потерь тепловой энергии внутри градирни системы водяного охлаждения.

Выражение, характеризующее тепловой баланс, можно записать следующим образом:

$$Q = Q_K.$$

С учетом большой электрической мощности компрессорной станции и постоянного режима ее работы объем выделяемой энергии велик, его можно приблизительно оценить по перепаду температур на входном и выходном трубопроводе и расходу теплоносителя.

На входном и выходном трубопроводе системы водяного охлаждения компрессоров, а также для регистрации температуры окружающей среды были установлены цифровые датчики, широко используемые в системах диагностики [8, 9]. Датчики подключены к устройству удаленной телеметрии и управления на базе программируемого логического контроллера VIDA44M (рис. 2). VIDA44M является устройством удаленной телеметрии и управления, предназначенным для сбора данных в режиме реального времени, хранения и передачи энергетических и производственных данных в заданном формате для использования их в многоуровневой автоматизированной системе мониторинга [10, 11]. Благодаря высоким техническим характеристикам VIDA44M способен выполнять задачи энергетического мониторинга и беспроводной передачи данных в долгосрочной перспективе – от одного дня до нескольких лет, что обуславливает целесообразность его применения на АО «ПЗСП» в рамках разработки информационно-аналитической системы управления энергоресурсами предприятия [12–16].

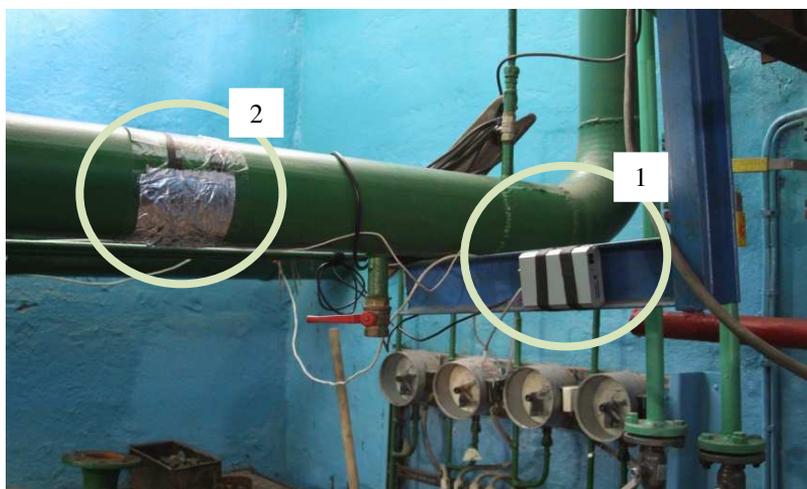


Рис. 2. Размещение VIDA44M 1 и датчика температуры 2 охлажденного теплоносителя на входном трубопроводе системы охлаждения группы компрессоров

Результаты мониторинга тепловой энергии группы компрессоров. По результатам мониторинга были получены данные с установленных датчиков температур. С помощью открытого программного обеспечения *OpenJervis* были проведены визуализация и обработка полученных данных [17, 18].

Построен график изменения температур теплоносителя на входном T_1 и выходном T_2 трубопроводах системы охлаждения группы компрессоров (рис. 3).



Рис. 3. Температура воды на входе 1 и выходе 2 системы охлаждения группы компрессоров

Проведен подсчет количества тепловой энергии при условии работы одного рециркуляционного насоса 24 ч в сутки с объемным расходом воды $25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Массовый расход охлаждающей жидкости m за сутки находится по формуле

$$m = V \cdot \rho, \quad (1)$$

где V – массовый расход, $\text{м}^3/\text{ч}$, ρ – плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$, принимаем $\rho = 999 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Тепловые потери в системе охлаждения Q за сутки находятся по формуле

$$Q = c \cdot m(T_2 - T_1), \quad (2)$$

где c – удельная теплоемкость воды, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, принимаем $c = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

Для автоматического перевода количества энергии из Дж в Гкал зададим в системе OpenJEvIs калибровочный коэффициент $0,238 \cdot 10^{-9}$.

На рис. 4 показано изменение температуры окружающей среды и разность температур на входе и выходе системы охлаждения группы компрессоров.

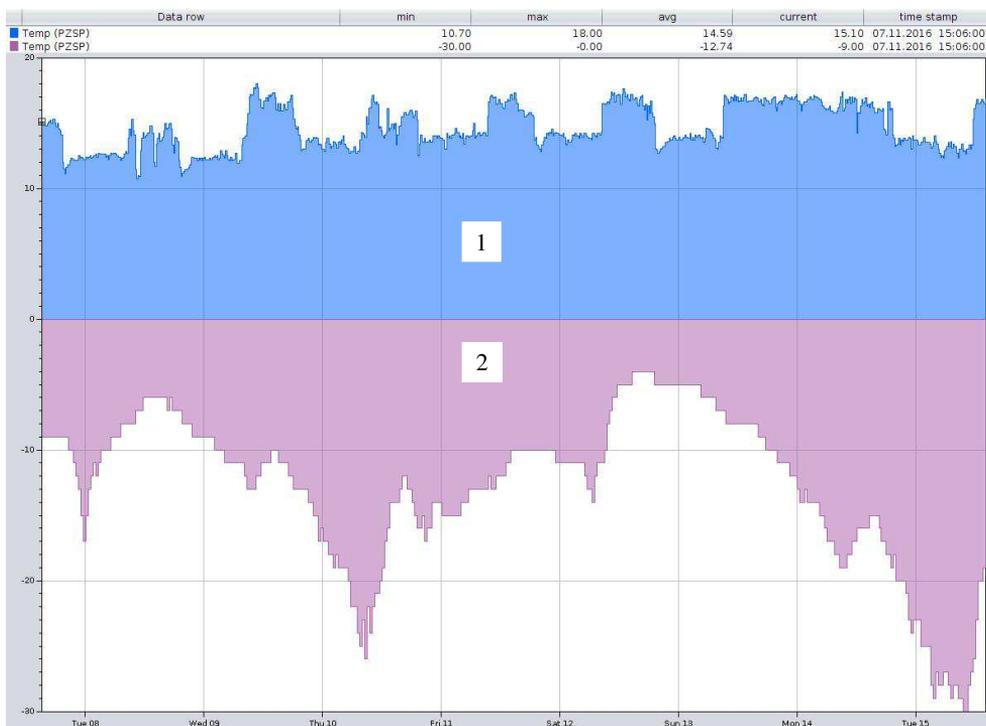


Рис. 4. Перепад температуры теплоносителя 1 и температура воздуха окружающей среды 2

Визуальный анализ графиков показывает, что зависимость между температурой окружающей среды и разностью температур теплоносителя отсутствует, более точную картину взаимодействия факторов может дать только статистический подход или интеллектуальная оценка [19, 20]. При этом на графике разности температур возникают повторяющиеся области с примерно равным периодом. Пик этих изменений носит ступенчатый характер и возникает в часы работы дневной смены, когда работают компрессор мощностью 400 кВт и несколько компрессоров мощностью 130 кВт. Спад этих изменений приходится на ночную смену, когда работает в основном компрессор мощностью 400 кВт. На рис. 5 приведен пример визуализации потребления

электрической энергии компрессором ВП-20/8МУ4 ГОСТ 5.28-67 мощностью 132 кВт и показан его энергетический вклад в тепловой режим системы охлаждения, составляющий примерно 20 % от тепла компрессора 2ВМ10-63/9 ГОСТ 23680-79 мощностью 400 кВт. Все измерения представлены в условных единицах измерения.

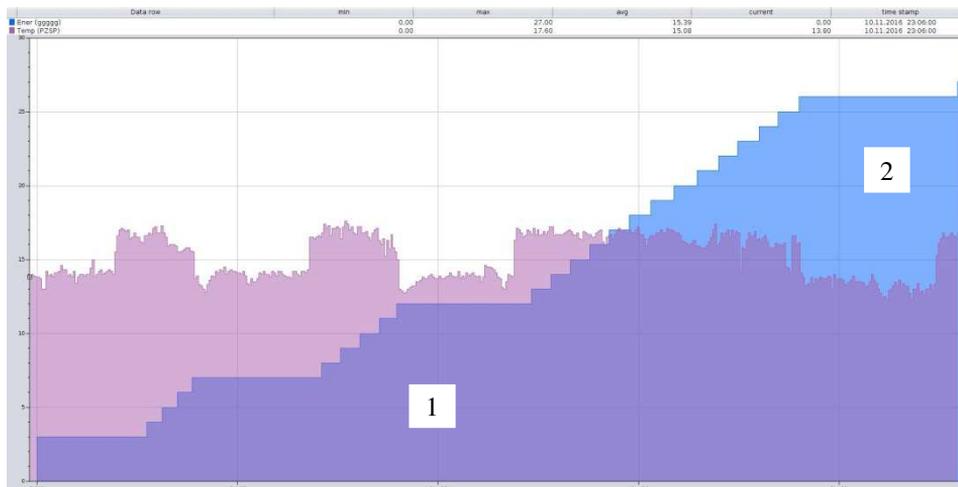


Рис. 5. Рассеиваемая тепловая энергия 1 и потребленная электрическая энергия 2 выбранного компрессора в условных единицах измерения

Основные результаты энергомониторинга низкопотенциальных тепловых потоков системы охлаждения компрессорной станции показаны в таблице.

Результаты энергомониторинга низкопотенциальных тепловых потоков системы охлаждения компрессорной станции

Дата	Средняя температура на выходе (T_2) за сутки, °C	Средняя температура на входе (T_1) за сутки, °C	Разность температур $T_2 - T_1$, °C	Суммарное кол-во тепловой энергии за сутки, Гкал
08.11.2016	23,2	10,4	12,8	7,7226
09.11.2016	24,2	9,8	14,4	8,6680
10.11.2016	23,9	9,6	14,3	8,5531
11.11.2016	22,2	7,3	14,9	8,9377
12.11.2016	26,6	11,5	15,1	9,0264
13.11.2016	28,6	12,9	15,7	9,4048
14.11.2016	27,6	11,8	15,8	9,4560
15.11.2016	24,7	10,4	14,3	8,5294

Выводы. Объем низкопотенциальной энергии тепловых потоков в системе охлаждения компрессорной станции крайне велик. Предварительные оценки показывают, что за год наблюдается тепловая эмиссия в объеме 3200 Гкал только для данного технологического объекта производства. Зная суммарное количество тепловой энергии, выбрасываемое в окружающую среду за сутки, и себестоимость 1 Гкал, можно рассчитать средние потери тепла за год в денежном эквиваленте и оценить целесообразность установки теплообменного оборудования или тепловых насосов. Исследование проведено при поддержке внутривузовского гранта ПНИПУ «Разработка методологии мониторинга и утилизации тепловых потоков как низкопотенциального ресурса предприятия» и является этапом разработки информационно-аналитической системы управления энергоресурсами АО «ПЗСП» как элемента системы энергетического менеджмента предприятия [21].

Библиографический список

1. Теодоро К. От протоколирования трубопроводной сети к энергоэффективности // Черные металлы. – 2014. – № 4(988). – С. 102–104.
2. Крюков О.В. Система и алгоритмы мониторинга приводных ЭГПА // Компрессорная техника и пневматика. – 2013. – № 6. – С. 8–17.
3. Троицкий-Марков Т.Е., Сенновский Д.В. Принципы построения системы мониторинга энергоэффективности // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2011. – Т. 4. – С. 34–39.
4. Кычкин А.В. Синтез системы удаленного энергетического мониторинга производства // Металлург. – 2015. – № 9. – С. 20–27.
5. Калашников Е.А., Лядова Л.Н. Система мониторинга источников энергопотребления METAS Control // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: материалы конф. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та им. Н.И. Лобачевского, 2010. – С. 183–185.
6. Кычкин А.В. Программно-аппаратное обеспечение сетевого энергоучетного комплекса // Датчики и системы. – 2016. – № 7(205). – С. 24–32.
7. Бабичев С.А., Захаров П.А., Крюков О.В. Автоматизированная система оперативного мониторинга приводных двигателей газоперекачивающих агрегатов // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 6. – С. 3–6.

8. Хорошев Н.И. Оценка технического состояния силового маслонаполненного электротехнического оборудования в различных режимах его работы // Известия Томск. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2013. – Т. 323. – № 4. – С. 162–167.

9. Елтышев Д.К. Интеллектуальные модели комплексной оценки технического состояния высоковольтных выключателей // Информационно-управляющие системы. – 2016. – № 5(84). – С. 45–53.

10. Программно-аппаратный комплекс удаленного мониторинга и анализа энергетических параметров / А.В. Ляхомский, Е.Н. Перфильева, А.В. Кычкин, Н. Генрих // Электротехника. – 2015. – № 6. – С. 13–19.

11. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента Му-JEVis // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 210–220.

12. Кычкин А.В. Модель синтеза структуры автоматизированной системы сбора и обработки данных на базе беспроводных датчиков // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 1. – С. 15–20.

13. Костыгов А.М., Кычкин А.В. Структуризация удаленного мониторинга группы интеллектуальных подвижных платформ в реальном времени // Датчики и системы. – 2013. – № 9. – С. 65–69.

14. Кычкин А.В. Протокол беспроводного сбора энергоданных для систем мониторинга реального времени // Вестник Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2014. – Т. 14. – № 4. – С. 126–132.

15. Кычкин А.В., Микрюков Г.П. Метод обработки результатов мониторинга группы энергопотребителей // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2016. – № 6. – С. 9–14.

16. Хорошев Н.И. Интеллектуальная поддержка принятия решений при эксплуатации энергетического оборудования на основе адаптивного кластерного анализа // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 3. – С. 123–128.

17. Кычкин А.В. Долгосрочный энергомониторинг на базе программной платформы OpenJEVis // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 1(9). – С. 5–15.

18. Казанцев В.П., Хорошев Н.И. Адаптивные экстраполяторы нулевого порядка с переменным тактом квантования в адаптивных информационно-управляющих системах // Доклады Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – № 3(37). – С. 139–144.

19. Елтышев Д.К. Интеллектуализация процесса диагностики состояния электротехнического оборудования // Информатика и системы управления. – 2015. – № 1(43). – С. 72–82.

20. Елтышев Д.К. Экспертно-статистический метод оценки работоспособности электротехнического оборудования // Системы. Методы. Технологии. – 2015. – № 4(28). – С. 79–85.

21. Кычкин А.В., Хорошев Н.И., Елтышев Д.К. Концепция автоматизированной информационной системы поддержки энергетического менеджмента // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5. – С. 12–17.

References

1. Teodoro K. Ot protokolirovaniia truboprovodnoi seti k energo-effektivnosti [From recording of pipeline network to energy efficiency]. *Chernye metally*, 2014, no. 4(988), pp. 102-104.

2. Kriukov O.V. Sistema i algoritmy monitoringa privodnykh EGPA [The system and algorithms monitoring driving EGPA]. *Kompressornaia tekhnika i pnevmatika*, 2013, no. 6, pp. 8-17.

3. Troitskii-Markov T.E., Sennovskii D.V. Printsipy postroeniia sistemy monitoringa energoeffektivnosti [Principles of energy efficiency monitoring system]. *Monitoring. Nauka i bezopasnost'*, 2011, vol. 4, pp. 34-39.

4. Kychkin A.V. Sintez sistemy udalennogo energeticheskogo monitoringa proizvodstva [Synthesis of remote energy monitoring systems of production]. *Metallurg*, 2015, no. 9, pp. 20-27.

5. Kalashnikov E.A., Liadova L.N. Sistema monitoringa istochnikov energopotrebleniia METAS Control [Sistem monitoring of sources energy consumption of METAS Control]. Materialy konferentsii “*Tekhnologii Microsoft v teorii i praktike programmirovaniia*”. Nizhegorodskii gosudarstvennyi universitet imeni N.I. Lobachevskogo, 2010, pp. 183-185.

6. Kychkin A.V. Programmno-apparatnoe obespechenie setevogo energouchetnogo kompleksa [Software and hardware network energy accounting complex]. *Datchiki i sistemy*, 2016, no. 7(205), pp. 24-32.

7. Babichev S.A., Zakharov P.A., Kriukov O.V. Avtomatizirovannaia sistema operativnogo monitoringa privodnykh dvigatelei gazoperekachivaiushchikh agregatov [Automated system for operational monitoring of the drive motors of gas pumping units]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*, 2009, no. 6, pp. 3-6.

8. Khoroshev N.I. Otsenka tekhnicheskogo sostoianiia silovogo maslonapolnennogo elektrotekhnicheskogo oborudovaniia v razlichnykh rezhimakh ego raboty [Assessment of technical condition of the power oil-filled electrotechnical equipment in various modes of his work]. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, 2013, vol. 323, no. 4. pp. 162-167.

9. Eltyshev D.K. Intellektual'nye modeli kompleksnoi otsenki tekhnicheskogo sostoianiia vysokovol'tnykh vykliuchatelei [Intellectual models of complex assessment of technical condition of high-voltage switches]. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy*, 2016, no. 5(84), pp. 45-53.

10. Liakhomskii A.V., Perfil'eva E.N., Kychkin A.V., Genrikh N. Programmno-apparatnyi kompleks udalennogo monitoringa i analiza energeticheskikh parametrov [Hardware-software system for remote monitoring and analysis of energy options]. *Elektrotehnika*, 2015, no. 6, pp. 13-19.

11. Temichev A.A., Kychkin A.V. Programmnyi simulator PLK VIDA350 sistemy energomenedzhmenta My-JEVis [Program simulator VIDA350 PLC of system power management My-JEVis]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2011, no. 5, pp. 210-220.

12. Kychkin A.V. Model' sinteza struktury avtomatizirovannoi sistemy sbora i obrabotki dannykh na baze besprovodnykh datchikov [Model synthesis of data collection and processing of the automated system structure based on wireless sensors]. *Avtomatizatsiia i sovremennye tekhnologii*, 2009, no. 1, pp. 15-20.

13. Kostygov A.M., Kychkin A.V. Strukturizatsiia udalennogo monitoringa gruppy intellektual'nykh podvizhnykh platform v real'nom vremeni [Structuring remote monitoring group of intelligent mobile platforms in real time]. *Datchiki i sistemy*, 2013, no. 9, pp. 65-69.

14. Kychkin A.V. Protokol besprovodnogo sbora energodannykh dlia sistem monitoringa real'nogo vremeni [Wireless energy data collection protocol for real-time monitoring systems]. *Vestnik Iuzhno-Ural'skogo*

gosudarstvennogo universiteta. *Seriia. Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika*, 2014, vol. 14, no. 4, pp. 126-132.

15. Kychkin A.V., Mikriukov G.P. Metod obrabotki rezul'tatov monitoringa gruppy energopotrebiteli [The method of processing the results of monitoring groups of energy consumers]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie*, 2016, no. 6, pp. 9-14.

16. Khoroshev N.I. Intellekтуal'naia podderzhka priniatiia reshenii pri ekspluatatsii energeticheskogo oborudovaniia na osnove adaptivnogo klasterного analiza [Intellectual decision support in case of operation of the energy equipment on the basis of the adaptive cluster analysis]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2016, no. 3, pp. 123-128.

17. Kychkin A.V. Dolgosrochnyi energomonitoring na baze programmnoi platformy OpenJEVis [A long-term energy monitoring on the basis of the program OpenJEVis platform]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotekhnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2014, no. 1(9), pp. 5-15.

18. Kazantsev V.P., Khoroshev N.I. Adaptivnye ekstrapoliatory nulevogo poriadka s peremennym taktom kvantovaniia v adaptivnykh informatsionno-upravliaiushchikh sistemakh [The adaptive ekstrapolyator of a zero order with a variable clock period of quantization in the adaptive management information systems]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniia i radioelektroniki*, 2015, no. 3(37), pp. 139-144.

19. Eltyshev D.K. Intellekтуalizatsiia protsessa diagnostiki sostoianiia elektrotekhnicheskogo oborudovaniia [Intellectualization of process of diagnostics of a condition of the electrotechnical equipment]. *Informatika i sistemy upravleniia*, 2015, no. 1(43), pp. 72-82.

20. Eltyshev D.K. Ekspertno-statisticheskii metod otsenki rabotosposobnosti elektrotekhnicheskogo oborudovaniia [Expert and statistical method of assessment of operability of the electrotechnical equipment]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2015, no. 4(28), pp. 79-85.

21. Kychkin A.V., Khoroshev N.I., Eltyshev D.K. Kontseptsiiia avtomatizirovannoi informatsionnoi sistemy podderzhki energeticheskogo menedzhmenta [The concept of the automated information system of support of energy management]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie*, 2013, no. 5, pp. 12-17.

Сведения об авторах

Кычкин Алексей Владимирович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

Носков Владислав Викторович (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: noskov_v_v_@mail.ru).

About the authors

Kichkin Alexey Vladimirovich (Perm, Russian Federation) is a Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

Noskov Vladislav Viktorovich (Perm, Russian Federation) is a Student Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: noskov_v_v_@mail.ru).

Получено 16.02.2017