

УДК 620.9: 681.3

**А.В. Кычкин**Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия**ДОЛГОСРОЧНЫЙ ЭНЕРГОМОНИТОРИНГ НА БАЗЕ  
ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ OPENJEVIS**

В статье рассматриваются основные принципы организации автоматизированной системы долгосрочного мониторинга энергетических показателей на базе платформы с открытым исходным кодом *OpenJEVis*, дается общее представление о системе в целом, архитектуре системы. Программное обеспечение *OpenJEVis* представляет собой информационную систему, реализующую возможности получения и обработки всех видов физических данных. Система отличается гибкими механизмами сбора, визуализации и анализа любых ключевых характеристик производственного процесса, которые определяют энергоэффективность. В рамках практического исследования энергопотребления производства получен профиль долгосрочного потребления тепловой энергии, выявлены места нерационального потребления, установлены причины возможных потерь, визуально определены закономерности в поведении графика. Предложенный подход к энергомониторингу может дать предприятию систематические результаты, направленные на формирование стратегий повышения энергоэффективности производства и экономии ресурсов.

**Ключевые слова:** *OpenJEVis*, долгосрочный мониторинг, энергомониторинг, система сбора данных, контроллер, система энергетического менеджмента.

**A.V. Kychkin**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**THE LONG-TERM ENERGY MONITORING BASED  
ON OPENJEVIS SOFTWARE**

The article discusses the basic principles of an automated system for monitoring long-term energy performance based on the open source *OpenJEVis* platform, gives a general idea of the overall system, the system architecture. *OpenJEVis* is an information system that realizes the possibility of obtaining and processing all kinds of physical data. The system has flexible mechanisms to collect, visualize and analyze all the key characteristics of its operations that determine energy. Under practical case energy production profile obtained by long-term consumption of thermal energy, identified the places unsustainable consumption, set the reasons for possible losses, visually identified in the behavior of the graph. The proposed approach to retrofits can give systematic enterprise results aimed at establishing strategies to improve energy efficiency and save resources.

**Key words:** *OpenJEVis*, long-term monitoring, energy monitoring, data collection system, controller, energy management system.

**Введение.** Мировая практика показывает высокую эффективность внедрения систем энергоменеджмента (СЭнМ), которые позволяют получить экономию энергоресурсов в диапазоне 5–10 % от общих затрат на энергоснабжение в первый год использования [1]. Ключевым звеном СЭнМ является система энергомониторинга (СЭМ), автоматизирующая процессы сбора данных и анализа показателей потребления энергии. Результаты работы СЭМ широко используются в процессах управления, планирования и нормирования ресурсов [2]. В связи с этим актуальность проблем энергосбережения для большинства сфер деятельности предприятий по генерации, передаче и преобразованию энергии, сетевых компаний, промышленных и транспортных предприятий, объектов жилищно-коммунального хозяйства и других только возрастает.

Анализ опубликованных данных о системах учета энергии показывает, что крупные компании, как правило, используют специализированные инструменты и методы для решения задач сбора и анализа данных в режиме реального времени. Однако для обнаружения нетипового потребления энергии и непрерывной оптимизации энергоэффективности необходима большая прозрачность энергетического состояния отдельных типов производственных машин. Для того чтобы оценить энергетическое состояние и обнаружить особенности в процессе эксплуатации, необходимы долгосрочное фиксирование, подготовка значимых рабочих параметров потребления энергии и их многофакторный анализ на длительных временных участках.

Для предварительной подготовки данных по энергопотреблению производственными процессами необходимо создание СЭМ, которая наряду со считыванием осуществляет дополнительные функции дальнейшей переработки собранной информации, например, подготовку отчетов посредством работы математических моделей для определения текущего состояния [2].

Таким образом, создание СЭМ, способствующей повышению оперативности анализа длительного потребления энергии эксплуатируемым оборудованием, наработке статистики, анализу полученных данных и их зависимостей от климатических, производственных и прочих факторов, формированию корректных решений по повышению энергетической эффективности компании, является перспективной научной и практической задачей.

**Формализация задач СЭМ.** Для решения задачи долгосрочного энергомониторинга необходимо провести анализ текущего состояния предприятия, определить точки и параметры мониторируемых данных; проанализировать существующие системы для решения поставленной задачи и выбрать наиболее подходящую структуру СЭМ; разработать архитектуру СЭМ, провести выбор и настройку программно-технических средств.

Не учитывая определенные особенности объекта исследования, сформулируем следующие задачи унифицированной СЭМ:

1) автоматизированный сбор данных сводного и локализованного учета показателей по использованию различных типов энергии и сопутствующих ресурсов, расходуемых объектами исследования;

2) долгосрочный мониторинг расхода ресурсов и накопление в БД;

3) формирование показателей удельного расхода ресурсов по отношению к выполненной работе или произведенной продукции, а также интегральных показателей расхода ресурсов;

4) математический и статистический анализ влияния эксплуатационных и климатических показателей на расход ресурсов;

5) мониторинг влияния организационно-технических мероприятий и энергосберегающих технических средств и технологий на потребление ресурсов.

**Организация работы СЭМ на базе платформы OpenJEVis.** Программная платформа с открытым исходным кодом *OpenJEVis* представляет собой информационную систему, реализующую возможности получения и обработки всех видов физических данных [3]. Источниками данных могут быть широко распространенные протоколы сетевого обмена, автоматизированные регистраторы данных (счетчики), системы управления технологическими процессами (*SCADA*, *OPC*), а также БД предприятия и данные, вводимые вручную пользователями [4]. Система отличается гибкими механизмами сбора, визуализации и анализа любых ключевых характеристик производственного процесса, которые определяют энергоэффективность.

Алгоритм работы СЭМ на базе *OpenJEVis* заключается в следующем. Как правило, предприятие имеет значительное количество точек сбора данных, распределенных по производственным, технологическим и прочим участкам измерения [5]. Все данные с датчиков собираются в узлы временного хранения, где накапливаются за определенный период

и при необходимости обрабатываются. Далее данные мониторинга и измерений реального времени передаются в БД корпоративной системы учета на локальный сервер предприятия. Специалисты предприятия проверяют, что все оборудование, которое используется для мониторинга и измерений, предоставляет достоверные данные в течение всего времени наблюдения.

СЭМ на основе *OpenJEVis* импортирует необходимые данные через локальную сеть предприятия. Наиболее эффективным механизмом надежной передачи данных из разнородных источников предприятия представляется программный интерфейс экспортера в формате .csv файлов, сохраняемых на дисковом пространстве сервера предприятия и доступных платформе *OpenJEVis*.

С учетом предложенного подхода разработана унифицированная архитектура СЭМ, разработанная в соответствии с [6, 7], которая приведена на рис. 1.

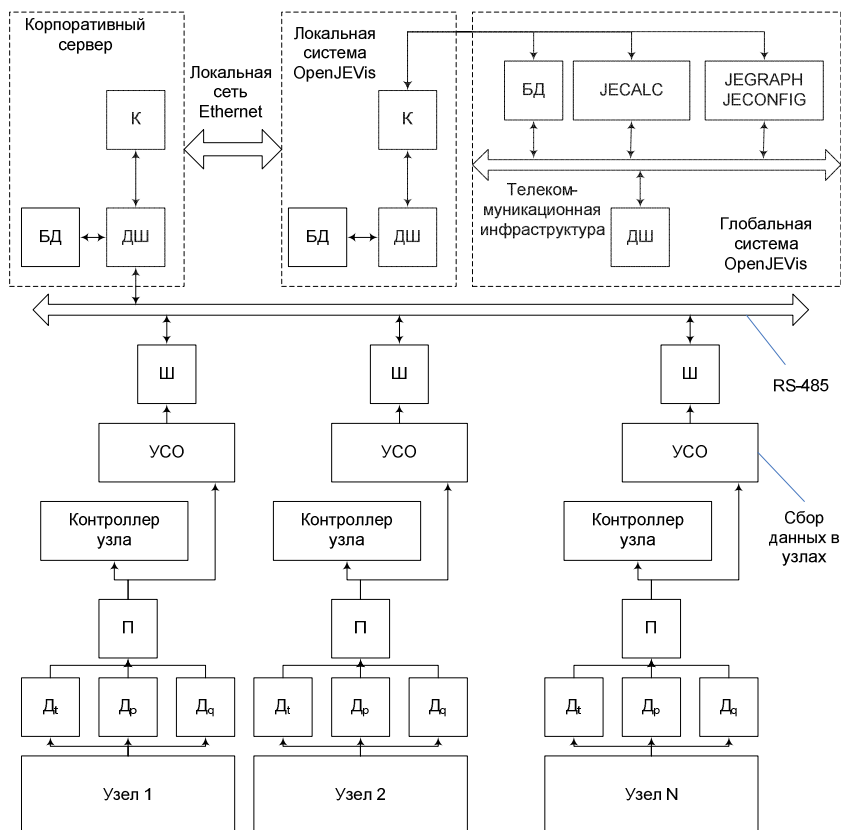


Рис. 1. Архитектура системы долгосрочного энергомониторинга

На рис. 1 обозначены: Д – датчики; П – преобразователи интерфейсов и физических сигналов с датчиков; УСО – устройство связи с объектом; Ш – устройство шифрования; ДШ – устройство дешифрования; К – клиент СМ.

Из рисунка видно, что СЭМ функционирует в рамках локальной сети предприятия, однако в случае необходимости данные возможно выгрузить на глобальный сервер *OpenJEVis*, расположенный на удаленных высокопроизводительных станциях. В этом случае доступ к ним можно получить с любого устройства, которое имеет соединение с Интернетом и веб-браузером, что значительно повышает доступность данных, реализуя стратегию удаленного долгосрочного энергомониторинга [8].

**Организация программного обеспечения *OpenJEVis*.** Самые общие используемые приложения *OpenJEVis* – программные модули: *JEConfig*, *JEChart*, *JEBenchmark*, *JEGraph*, *JEDB*, *JEADFWeb*, *JEAlarm*, *JECalc*, *JENetwork* (рис. 2) [2].

С помощью *JEConfig* проводятся все ключевые настройки параметров энергомониторинга, в том числе вводятся коды для расчетов с помощью интерфейса *Octave* (код программы для численных расчетов совместимый с *MatLab*), который работает посредством модуля *JECalc*.

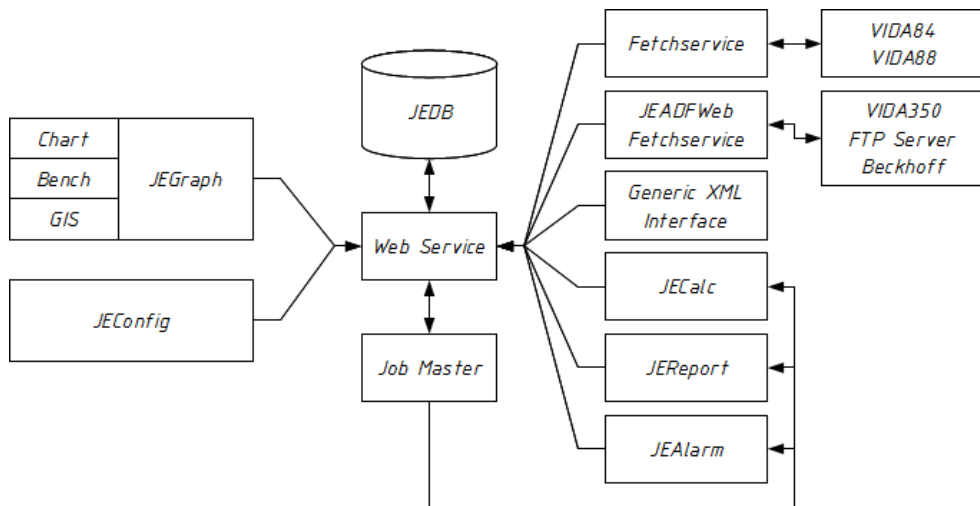


Рис. 2. Организация программного обеспечения *OpenJEVis*

Модуль *JEConfig* предоставляет пользователю настройки, возможности редактирования и создания новых узлов учета. Кроме того, этот блок производит управление импортом, экспортом и автоматической

обработкой данных, загружаемых из *csv*-файлов по протоколу *FTP* с дискового пространства сервера предприятия на сервер системы *OpenJEVis*. Для обеспечения защиты информации оба сервера находятся в одной локальной сети предприятия, внешний доступ разрешен только авторизованным пользователям по защищенным протоколам связи.

После заполнения БД сервера *OpenJEVis* используется модуль *JEGraph* как универсальный инструмент для визуализации и анализа данных. В ходе работ с модулем экспертам предоставляются гибкие возможности настраиваемого просмотра, сравнения кривых энергопотребления за любой выбранный диапазон времени. Наиболее удобны временные шкалы длительностью день, неделя, месяц, год. Модуль представляет собой инструмент для отображения информации в виде временных графиков и сравнения потребления на отдельных участках, включая *JE Bench* – инструмент для ранжирования всех объектов по потреблению за определенные промежутки времени и *JEChart* – графический интерфейс, который представляет графики сравнения данных, таких как потребление, переключение состояний или расходов. *JEChart* позволяет рисовать линии и гистограммы и поддерживает различные дополнительные графические опции, такие как масштабирование, выделенный цветом, порог визуализации и др.

*JEDB* – база данных, построенная на базе *MySQL*, позволяет хранить данные на сервере баз данных и иметь доступ к данным из разных модулей системы, включая веб-модуль.

Для формирования отчетов используется модуль *JEReport*. С ним эксперт может автоматически (в том числе в электронном варианте на электронную почту) получить необходимую выборку информации о потреблении энергии из БД *OpenJEVis*. Для использования *JEReport* необходимо предварительно создать файл шаблона и отчетности узла в *JEConfig*. В файле шаблона можно использовать определенные математические функции, которые будут применены к данным БД *OpenJEVis*. *JEReport*-модуль – построитель отчетов, позволяет на основе шаблонов генерировать отчетную документацию в формате *pdf* или *xls*.

*JEWebservice* – позволяет связывать модули *OpenJEVis* по сети с базой данных; *JEAlarm* – отслеживает значение настроенного параметра и определяет его выход из установленного коридора, выдает сообщения об аварии.

Центральным серверным компонентом *OpenJEVis* является служба сбора данных *JEADFWeb*, которая настраивается на считывание энергоданных из БД корпоративного сервера на основе стандартных протоколов. Считывание содержащихся в БД данных производится по протоколам *HTTP, FTP, XML* и *OPC* [4].

В функционал блока *JEAlarm* – модуля для автоматического контроля процессов введены процедуры оповещения оператора в случае сбоев в работе оборудования предприятия, перебоев или ошибок при работе системы сбора данных.

Важнейшим модулем системы является сетевой компонент *JENetwork*, реализующий сетевой обмен по протоколам Интернета.

**Практическая визуализация и анализ данных, полученных в результате долгосрочного мониторинга с помощью *JEGraph*.** Анализ данных, полученных в результате энергомониторинга, производится вручную экспертом или автоматически на основе заложенных математических функций. Визуализация данных производится с помощью модуля *JEChart* в приложении *JEGraph*.

По графикам можно выделить промежутки времени, в которые происходят аварийные ситуации, предшествующие им события, нестандартные ситуации, сбои системы и т.п. Также можно проследить взаимосвязь изменения энергопараметров от изменения режима управления.

В рамках практического исследования энергопотребления при производстве бумаги находящегося в г. Перми предприятия целлюлозно-бумажной промышленности были получены данные о квартальном потреблении тепловой энергии бумагоделательными машинами, тепловой мощности пара, а также температуре пара.

На рис. 3 представлен график изменения расхода пара, пришедшего из ТЭЦ. По форме графика потребления можно судить об определенных аномалиях данных: первая заключается в том, что данные о потреблении пара в течение суток не менялись либо была допущена ошибка при сопоставлении параметров времени измерений. Вторая аномалия демонстрирует значительное снижение показаний, связанное с нештатным поведением технологического процесса. Более глубокий анализ данной аномалии показал, что 19-го числа исследуемого месяца произошел внеплановый останов машины с длительным отключением подачи пара. График достаточно неоднороден, резкие скачки и падения

свидетельствуют о том, что система подачи пара работает нестабильно, система управления инерционная. Заметны сезонные колебания.

Благодаря дополнительным возможностям *JEChart* возможно выделить определенный диапазон в автоматическом режиме. В дальнейшем подобная программная функция сможет определить, в какие моменты времени происходили сбои заданных типов.



Рис. 3. Визуализация долгосрочного потребления пара

**Заключение.** Набор показателей потребления энергии представляет реальную ценность для компании только тогда, когда полученные за длительное время величины можно интерпретировать и корректно обработать, что затруднительно с применением имеющихся на предприятиях пакетов для мониторинга в режиме реального времени [9, 10].

Необходимую для долгосрочного энергомониторинга платформу представляет решение *OpenJEVis*. Алгоритм выполнения долгосрочного мониторинга показателей потребления энергии на базе предложенной платформы, заключающийся в автоматизированном сборе информации с точек учета энергопотребления, осуществления нормирования и контроля отклонения фактического энергопотребления от техноло-



гически обоснованного уровня, представляется эффективным. Он может быть использован для оперативного выявления мест нерационального расходования энергии или непроизводительных потерь и их экономической оценки. Заданные и фактические значения можно сравнивать друг с другом. Текущие данные можно сопоставить с результатами моделирования процесса.

Всесторонний анализ графической информации, интерпретирующей показатели потребления энергии, может дать предприятию систематические результаты, которые могут быть использованы при формировании стратегий повышения энергоэффективности производства и экономии денежных средств.

### **Библиографический список**

1. Сайт представителей компании Envidatec GmbH в России [Электронный ресурс]. – URL: [www.envidatec-ost.ru](http://www.envidatec-ost.ru) (дата обращения: 25.05.2014).

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

3. OpenJEVis – The Open Data Monitoring and Storage Solution [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.OpenJEVis.org> (дата обращения: 25.05.2014).

4. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 210–220.

5. Кычкин А.В., Бакунов Р.Р., Мехоношин А.С. Оценка возможности работы подвижной сенсорной сети АСУТП в режиме реального времени // Датчики и системы. – 2012. – № 7. – С. 8–13.

6. 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.

7. Костыгов А.М., Кычкин А.В. Структуризация удаленного мониторинга группы интеллектуальных подвижных платформ в реальном времени // Датчики и системы. – 2013. – № 9 (172). – С. 65–69.

8. Хорошев Н.И., Елтышев Д.К., Кычкин А.В. Комплексная оценка эффективности технического обеспечения энергомониторинга // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 5–4. – С. 716–720.

9. Системы мониторинга складов / UP-SYSTEM [Электронный ресурс]. – URL: <http://enocan.com.ru/primery-reshenij/27-besprovodnoj-monitoring-klimaticheskikh-parametrov-dlya-skladov> (дата обращения: 25.05.2014).

10. Беспроводные системы мониторинга / ИТМиВТ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ipmce.ru/custom/sensornetworks> (дата обращения: 25.05.2014).

### References

1. Sait predstavitelei kompanii Envidatec GmbH v Rossii [Envidatec GmbH web-page], available at: [www.envidatec-ost.ru](http://www.envidatec-ost.ru) (accessed 25 May 2014).

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

3. OpenJEVis. The Open Data Monitoring and Storage Solution, available at: [www.OpenJEVis.org](http://www.OpenJEVis.org) (accessed 25 May 2014).

4. Temichev A.A., Kychkin A.V. Programmnyi simulator PLK VIDA350 sistemy energomenedzhmenta [Software simulator PLC VIDA350 EnMS]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2011, no. 5, pp. 210-220.

5. Kychkin A.B., Bakunov P.P., Mekhonoshin A.C. Otsenka vozmozhnosti raboty podvizhnoi sensornoi seti ASUTP v rezhime real'nogo vremeni [Evaluation of the possibility of a mobile sensor network control system in real time]. *Datchiki i sistemy*, 2012, no. 7, pp. 8-13.

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

7. Kostygov A.M., Kychkin A.V. Strukturizatsiia udalennogo monitoringa gruppy intellektual'nykh podvizhnykh platform v real'nom vremeni [Structuring group of intelligent remote monitoring mobile platforms in real time]. *Datchiki i sistemy*, 2013, no. 9 (172), pp. 65-69.

8. Khoroshev N.I., Eltyshev D.K., Kychkin A.V. Kompleksnaia otsenka effektivnosti tekhnicheskogo obespecheniia energomonitringa [Comprehensive assessment of the effectiveness of technical support retrofits]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2014, no. 5-4, pp. 716-720.

9. Sistemy monitoringa skladov. UP-SYSTEM [Monitoring Systems warehouses. UP-SYSTEM], available at: <http://enocean.com.ru/primeryreshenij/27-besprovodnoj-monitoring-klimaticheskikh-parametrov-dlya-skladov> (accessed 25 May 2014).

10. Besprovodnye sistemy monitoring. ITMiVT [Wireless Monitoring System. ITMiVT], available at: [www.ipmce.ru/custom/sensornetworks](http://www.ipmce.ru/custom/sensornetworks) (accessed 25 May 2014).

### **Сведения об авторе**

**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](mailto:aleksey.kychkin@gmail.com)).

### **About the author**

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

Получено 26.03.2014