

# Программное обеспечение «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера»



**Е.А. Энгель**

*к.т.н., доцент  
ВАК Хакасского  
государственного  
университета имени  
Н.Ф. Катанова;  
Республика Хакасия,  
г. Абакан  
e-mail:  
Ekaterina.en@gmail.com*

**Аннотация.** В статье представлено разработанное в рамках концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью программное обеспечение «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера», реализующее интеллектуальное и эффективное, в сравнении с традиционными методами, управление солнечной батареей.

**Ключевые слова:** энергосбережение; солнечная батарея; нейроконтроллер.

В условиях необходимости ресурсосбережения и улучшения качества жизни населения современного мира актуальна и значима возобновляемая энергетика, значительно снижающая техногенную нагрузку на окружающую среду и повышающая надежность энергоснабжения. Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям утверждены отвечающие задачам реализации национального приоритета, связанного с обеспечением развития использования возобновляемых источников энергии, несколько технологических платформ, в том числе: Интеллектуальная энергетическая система России, Малая распределенная энергетика, Перспективные технологии возобновляемой энергетике. Экологически безопасные, повышающие надежность энергоснабжения автономные объекты возобновляемой энергетике являются сложными, нелинейными техническими объектами. Они могут быть многорежимными, состоящими из семейства разнородных структурных или функциональных подсистем, вследствие чего управление

ими классическими методами в условиях воздействия различных внешних и внутренних факторов неопределенности затруднено, в то время как интеллектуальные методы обеспечивают требуемое качество управления.

Модели и методы моделирования энергетических систем образуют новую виртуальную реальность, являющуюся новым видом информационной производственной деятельности электроэнергетических систем, возникшим в результате развития интеллектуальных технологий управления в электроэнергетике. Электроэнергетические объекты современной энергетики работают в условиях постоянно изменяющихся климатических, нагрузочных и случайных воздействий. Энергосбережение нелинейных электроэнергетических объектов (НЭО) – комплексная проблема, сопряженная с повышением эффективности мониторинга и управления. Ее актуальность утверждена на федеральном уровне. Эта задача определена как приоритетное направление развития науки, технологий РФ законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» и в рамках восьми технологических платформ, принятых правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям.

Отработка новых технологий управления солнечной батареей сопряжена с длительными нагрузочными испытаниями солнечных и аккумуляторных батарей, что затруднено из-за их дефицитности, стоимости и громоздкости. Указанная проблема решается созданием специализированного имитирующего программного обеспечения (ПО).

В рамках концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью разработано ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера», реализующее решение задачи эффективного управления солнечной батареей. Указанная задача актуальна, поскольку ее реализация развивает технологии использования возобновляемых источников энергии для автономного энергообеспечения потребителей и отработывает технологии комбинированного использования возобновляемых источников энергии.



Это одно из приоритетных направлений научно-технического прогресса в энергетической стратегии России на период до 2030 года. Актуальность данной проблемы также обусловлена появлением класса автономных объектов возобновляемой энергетики, для которых традиционные технологии управления оказываются непригодными.

В статье автора [1] описаны энергосберегающая технология управления солнечной батареей, разработанная на базе адаптивного нейроконтроллера, и ее реализация в виде модели *Simulink Matlab*. Результаты моделирования в среде *Simulink Matlab* выявили эффективность этой технологии в сравнении с системой управления на основе ПИД-регулятора в условиях случайных возмущений и резкого изменения внешних воздействий.

Ключевой составляющей качества образовательного процесса является изучение современных технологий, отвечающих приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ. Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера удовлетворяет указанным требованиям, разработана на стыке дисциплин – интеллектуальные информационные системы и возобновляемая энергетика. Данная разработка является качественным практическим примером для студентов, доказывающим эффективность и практическую значимость интеллектуальных технологий. Однако использование разработанной в среде *Simulink Matlab* модели в лабораторном практикуме аспирантов по направлению подготовки 09.06.01 («информатика и вычислительная техника» профиль подготовки 05.13.01 «системный анализ, управление и обработка информации»); магистрантов направления 09.04.01 (дисциплина «интеллектуальные системы»), а также бакалавров направлений 230700. 62, 230400. 62, 230100. 62 (дисциплины «интеллектуальные информационные системы», «интеллектуальные системы и технологии», «системы искусственного интеллекта») в ФГБОУ ВПО ХГУ им. Н.Ф. Катанова, а также в рамках самостоятельной работы студентов оказалось невозможным в силу высокой стоимости программного продукта (ПП) *Simulink Matlab*. Поэтому было принято решение о разработке специализированного ПО, реализующего разработанную энергосберегающую технологию управления солнечной батареей.

В силу того, что коммерческий ПП *Matlab/Simulink* довольно дорог, дальнейшим этапом данного исследования стал анализ программных продуктов, выполняющих те же функции, что и *Matlab/Simulink* и позволяющих моделировать работу сложных технических систем, таких как солнечные батареи.

## 1. Сравнительный анализ программных средств моделирования солнечных батарей.

Огромным количеством достоинств и возможностей в плане моделирования солнечных батарей обладает *LabView* – известный ПП, но при этом достаточно дорогой. Визуализацию моделирования солнечных батарей эффективно обеспечивают: *VisSim* – визуальный язык программирования, предназначенный для моделирования динамических систем, разработанный американской компанией *Visual Solutions*; *Sinda* – программный комплекс общего назначения для решения задач теплового анализа конструкций, в том числе солнечных батарей. *Jigrein* – редактор чертежей моделей сложных технических систем, однако этот продукт не поддерживает работу с данными (нельзя сохранить данные в файл, прочитать данные из файла), программа обеспечивает только графический результат моделирования. Все вышеперечисленные программные продукты являются коммерческими, что существенно затрудняет их использование в учебном процессе.

Наиболее близким бесплатным аналогом *Matlab/Simulink* является *GNU Octave* – свободно распространяемая система для математических вычислений, при этом синтаксис языка идентичен синтаксису языка *Matlab*. Однако визуализировать моделирование солнечной батареи в *Octave* чрезвычайно затруднительно, поскольку *Octave* – консольная программа.

*Scilab/Xcos* и *Scicos* – это мощное открытое окружение для инженерных и научных расчетов и самая полная общедоступная альтернатива *Matlab*. В состав пакета входит утилита, позволяющая конвертировать документы *Matlab* в *Scilab*. *Xcos* и *Scicos* – инструменты для редактирования блочных диаграмм и симуляции (аналоги *Simulink* в пакете *Matlab*). Достоинства *Scilab*: открытость; функциональность; большое количество справочной информации; программирование алгоритмов через встроенный процедурный язык; поддержка языков высокого уровня (Си, Фортран), т.е. программирование без жесткой привязки к языку; работа в режиме интерпретатора; малый объем, занимаемый на жестком диске. Недостаток – небольшое количество инструментов в *Xcos* для построения схем, что усложняет разработку специфических и сложных систем, например системы управления солнечной батареей.

В результате анализа и изучения документации по всем перечисленным программным продуктам, позволяющим моделировать работу системы управления солнечной батареей, было выявлено, что у всех продуктов есть те или иные недостатки. Все продукты являются многофунк-

циональными и требуют профессиональных навыков работы с ними, поскольку моделирование солнечной батареи реализуется в указанных ПП нетривиальным образом. Для моделирования солнечной батареи необходимо программное обеспечение, выполняющее функцию расчета выходных параметров системы управления солнечной батареей с возможностью включения в ее контур управления адаптивного нейроконтроллера. Было принято решение на языке высокого уровня C++ реализовать данное ПО. При этом использована *Visual Studio* – интегрированная среда разработки приложений на языках C++/C#, разработанная компанией Microsoft. Разработчику предоставляется набор инструментов для создания приложений для Windows на Visual C++ и Visual C#. ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера» реализует автоматизированные методы обеспечения на всех этапах жизненного цикла указанной технологии, описанные подробно в [1].

## 2. Архитектура ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера».

Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера, организующая функциональное взаимодействие учета, идентификации режима и управления солнечной батареей в форме настроенной нечеткой селективной нейросети, обеспечивает эффективное функционирование солнечной батареи в условиях случайных возмущений [1]. Разработанные критерии: неопределенности семантического пространства НЭО и устойчивости обеспечивают наилучшие показатели эффективности энергосберегающей технологии управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера и автоматизированность для методов, соответственно, структурно-параметрического синтеза и диагностического функционирования. Нейронные сети  $Y_1$  в нелинейном контуре управления позволяют работать напрямую с общим видом уравнений  $u_j^i = \eta_j(Q^n(t), y_j^i(t))$ , не производя их линеаризацию и учитывая все взаимосвязи между разными каналами управления  $p^i$ . Дважды двойственные нейросетевые структуры, сформированные методом структурно-параметрического синтеза нечеткой селективной нейросети, эффективно распараллеливают решение задач прогнозирования, оптимизации и устойчивости системы управления солнечной батареей, что существенно сокращает вычислительные затраты по сравнению с традиционными способами вычисления градиентов.

Разработанная по блочно-модульному принципу архитектура ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера» реализует энергосберегающую технологию управления нелинейным техническим объектом в форме нечеткой селективной нейросети (с прогнозирующей двойственной нейросетью), включающей нейро-нечеткую базу знаний и адаптивный нейроконтроллер. Блочно-модульный принцип разработки архитектуры указанного ПО обеспечивает его гибкость и легкую модифицируемость, простоту добавления новых модулей, в том числе обеспечивающих вспомогательные функции, например, работу модуля бесконтактной верификации оператора солнечной батареи (описание которого выходит за рамки настоящей статьи). Ядро разработанного ПО спроектировано как энергосберегающая технология управления нелинейным техническим объектом в форме нечеткой селективной нейросети. Т.е. модуль солнечной батареи является внешним и может быть легко заменен любым модулем, реализующим нелинейный технический объект. Указанная особенность проектирования ПО обеспечивает простоту реализации энергосберегающей технологии управления для любого электроэнергетического объекта на базе адаптивного нейроконтроллера. Архитектура ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера», описанная на языке UML средствами *Microsoft Visio*, имеет многоуровневую иерархию и состоит из семи классов, изображена на рис. 1. Центральным классом ПО является нечеткая селективная нейросеть (*Fuzzy selective NN*) с методами структурно-параметрического синтеза, диагностического функционирования и коррекции; адаптивный нейроконтроллер является объектом указанного класса. Детальное описание архитектуры разработанного ПО выходит за рамки настоящей статьи.

Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера и автоматизированные методы ее диагностического функционирования и коррекции реализованы в виде ПО на языке программирования C++.

## 3. ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера».

Реализация классов через интерфейс в рамках архитектуры ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей» показана на рис. 1. Пользовательский интерфейс разработанного ПО интуитивно понятен и прост. Интерфейс главного окна ПО «Энергосберегающая

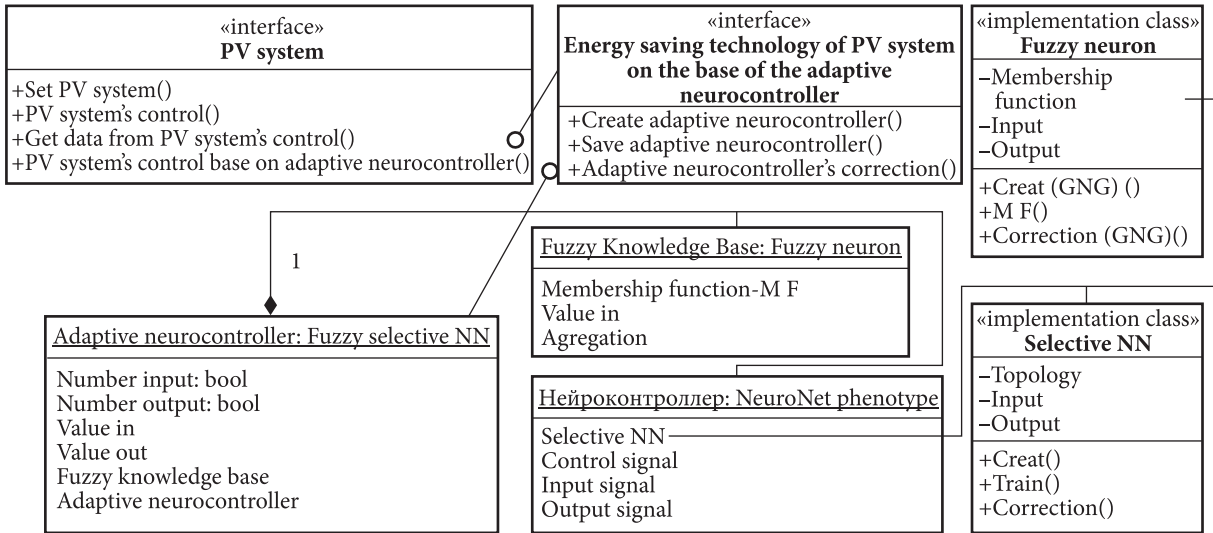


Рис. 1. Архитектура ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера» на языке UML

технология управления солнечной батареей» показан на рис. 2. Выбор подменю «Моделирование СБ» в меню «Солнечная батарея» вызывает диалоговое окно «Модель системы управления солнечной батареей» (рис. 3), обеспечивающее задание основных параметров системы управления солнечной батареей и вывод результатов ее моделирования (контур управления содержит: адаптивный нейроконтроллер – флаг «включен», или ПИД-регулятора – флаг «не включен») как график или как данные, с последующим сохранением в формате файла \*.mdb. На основе указанного файла формируется нечеткая селективная нейросеть (функции реализуются кнопкой «Дополнительно») с помощью диалогового окна «Нечеткая селективная нейросеть» (Fuzzy selective NN) (рис. 4).

Для имитации реальных условий воздействия возмущений в системы управления солнечной батареей задаются диаграмма освещенности и параметры шума (функции реализуются кнопкой «Дополнительно»).

При выборе кнопки «Create» («Создать») диалогового окна «Нечеткая селективная нейросеть» открывается диалоговое окно «Селективная нейросеть» (Selective NN) (рис. 5), отражающее результаты функционирования селективной нейросети на соответствующем примере данных; обеспечивается возможность просмотра входа и выхода

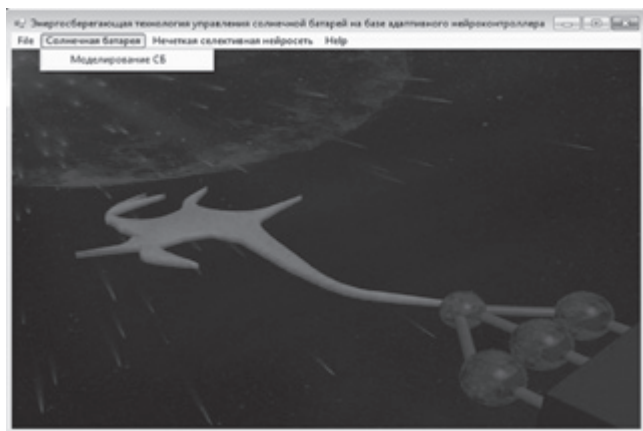


Рис. 2. Интерфейс главного окна ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей»

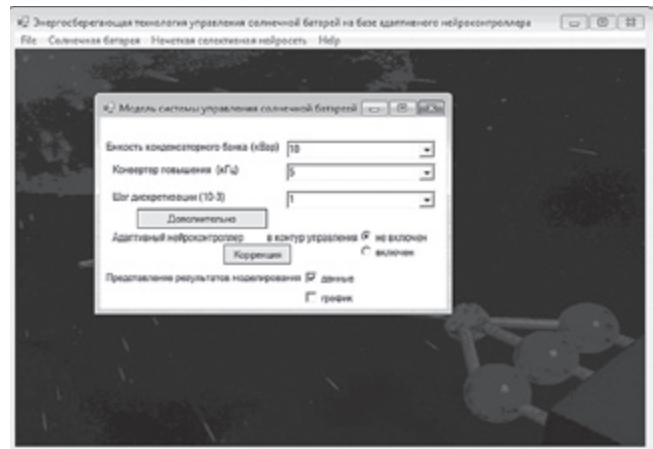


Рис. 3. Интерфейс диалогового окна «Модель системы управления солнечной батареей»

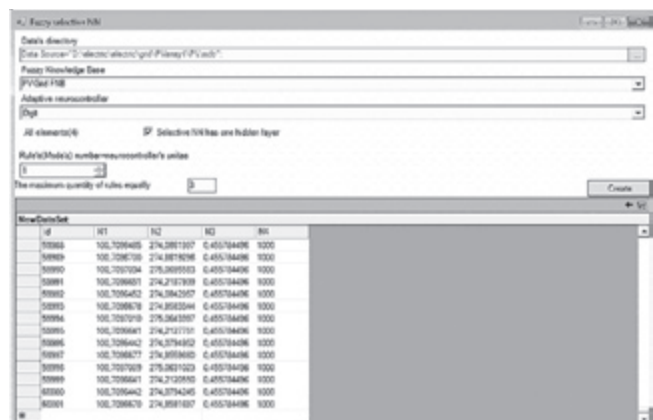


Рис. 4. Интерфейс диалогового окна «Нечеткая селективная нейросеть»

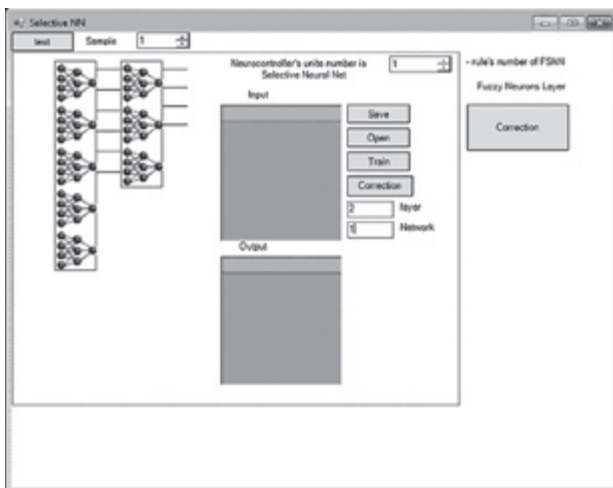


Рис. 5. Интерфейс диалогового окна «Селективная нейросеть»

селективной нейросети, формирующей заданное правило нечеткой базы знаний. В указанном диалоговом окне имеется кнопка «Correction» («Коррекция»), обеспечивающая возможность масштабируемой коррекции селективных нейросетей, составляющих соответствующие правила нечеткой базы знаний. При выборе указанной кнопки открывается диалоговое окно «Коррекция селективной нейросети», обеспечивающее возможность просмотра топологии и весовых коэффициентов селективной нейросети, составляющей соответствующее правило нечеткой базы знаний. Диалоговое окно содержит кнопку «Вербализация», формирующую текстовый файл описания селективной нейросети (т.е. математической структуры селективной нейросети). Указанная возможность обеспечивает прозрачность и наглядность разработанных технологий.

Диалоговое окно «Модель системы управления солнечной батареей» (рис. 3) обеспечивает моделирование энергосберегающей технологии управления солнечной батареей на базе настроенного адаптивного нейроконтроллера (флаг «включен») и вывод результатов ее моделирования в виде графика (рис. 6). При моделировании разработанной

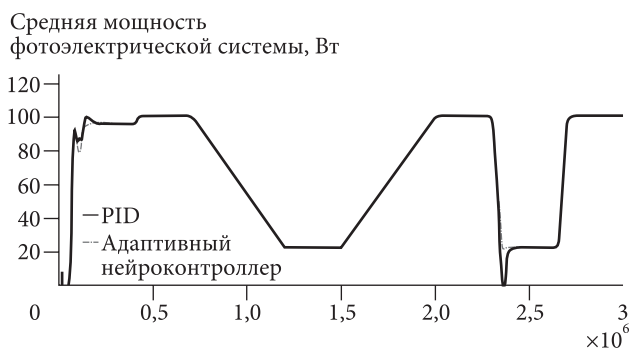


Рис. 6. График средней мощности солнечной батареи

энергосберегающей технологии управления солнечной батареей средствами разработанного ПО на базе адаптивного нейроконтроллера выявлены следующие достоинства: поддерживает режим реального времени; настроенные гибридные вычислительные структуры (инкапсулированные технологией) позволяют обрабатывать зашумленные данные; снижение потерь солнечной батареи в среднем на 20% в сравнении с системой управления на основе ПИД-регулятора в условиях случайных возмущений и резкого изменения внешних воздействий.

Разработанное ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера», инкапсулирующее гибридные вычислительные структуры оптимальной сложности с высоким быстродействием, обеспечивает процессу виртуальных экспериментов динамику, адекватную реальной солнечной батарее. Это позволяет использовать указанное ПО в режиме реального времени при отработке сценариев поддержки принятия решений в системах управления фотоэлектрической системой. Указанная технология, организующая функциональное взаимодействие мониторинга, идентификации режима и управления фотоэлектрической системой в форме настроенной нечеткой селективной нейросети, обеспечивает эффективное функционирование солнечной батареи в условиях случайных возмущений. Разработанное ПО «Энергосберегающая технология управления солнечной батареей на базе адаптивного нейроконтроллера» позволило обеспечить качественный лабораторный практикум, наглядно демонстрирующий эффективность и практическую значимость интеллектуальных технологий для аспирантов направления подготовки 09.06.01 («информатика и вычислительная техника») профиль подготовки 05.13.01 «системный анализ, управление и обработка информации»; магистрантов направления 09.04.01 (дисциплина «интеллектуальные системы»), а также бакалавров направлений 230700. 62, 230400. 62, 230100. 62 (дисциплины «интеллектуальные информационные системы», «интеллектуальные системы и технологии», «системы искусственного интеллекта») ФГБОУ ВПО ХГУ им. Н.Ф. Катанова.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-41-04025, 17-48-190156 р\_сибирь\_а. Блочно-модульная архитектура интеллектуальной системы управления нелинейным техническим объектом была модифицирована и развита автором (в том числе добавлением новых модулей) до комплекса трех программ для ЭВМ:



«Мультиагентная адаптивная нечеткая нейросеть» М.: РОСПАТЕНТ.–2016.–Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016662951; Интеллектуальный регулятор нелинейной технической системы М.: РОСПАТЕНТ.–2016.–Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016663467; Интеллектуальная система прогнозирования состояния нелинейного технического объекта М.: РОСПАТЕНТ.–2016.–Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016663468.

### Литература

1. Энгель Е.А. Интеллектуальная система управления фотоэлектрическим комплексом на базе адаптивного нейроконтроллера. // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 2. – С. 32-38.

### The software «Energy saving technology of solar batteries control on the basis of the adaptive neurocontroller»

**E.A. Engel**, candidate of technical sciences, associate professor of the highest certifying commission, First Russian doctoral degree in engineering sciences, Katanov State University of Khakassia; Khakassia republic, Abakan

e-mail: Ekaterina.en@gmail.com

**Summary.** In article the software developed within the concept of intellectual electrical power system with the active and adaptive network «Energy saving technology of control solar batteries on the basis of the adaptive neurocontroller», implementing intellectual and effective, in comparison with traditional methods, control solar batteries is described.

**Keywords:** energy saving; photovoltaic system; neurocontroller.

#### References

1. Engel E.A. Intellectual control system of a photo electric complex on the basis of the adaptive neurocontroller. *Energy security and energy saving*. 2015. No 2, pp. 32–38.

## Перспективы разработки CRM-системы на базе платформы 1С: предприятие

### А.В. Поначугин

к.э.н., доцент Нижегородского государственного педагогического университета; г. Нижний Новгород

### А.А. Сыгрышев

студент Нижегородского государственного педагогического университета; г. Нижний Новгород

e-mail: akmleshka@mail.ru

**Аннотация.** Основной проблемой современных CRM-систем является проектирование информационной системы в разрез с условиями заказчика. Это обусловлено недостаточной гибкостью и слабыми механизмами адаптации системы. Проанализировав механизмы системы «1С: Предприятие» и отметив их достоинства, авторы предлагают решение проблемы путем разработки CRM-системы на базе платформы «1С: Предприятие». Объектом рассмотрения являются CRM-системы. Предметом исследования – разработка CRM-системы на базе платформы «1С: Предприятие 8». Методы исследования – анализ, на-

блюдение, сравнение и моделирование. В статье рассмотрены CRM-системы и система «1С: Предприятие 8». Проанализированы их характерные особенности. Выявлены и обусловлены причины использования CRM-систем и системы «1С: Предприятие 8». Особое внимание уделяется решению проблемы проектирования CRM-системы в соответствии с условиями заказчика. По результатам проведенного исследования был разработан способ проектирования CRM-системы, отвечающей всем условиям и специфике работы заказчика.

**Ключевые слова:** CRM-система, «1С: Предприятие 8», платформа, конфигурация, организация, предприятие, проектирование, информационная система, программное обеспечение, аппаратное устройство, бизнес-процесс, инструментальные средства, метаданные, автоматизация, базы данных, регистры, операционная система, файлы.

На сегодняшний день рынок информационных технологий предлагает большое количество как готовых CRM-систем, так и инструментов по их разработке [5, 11]. Но, несмотря на такое разнообразие, организации далеко не всегда остаются довольны приобретенным продуктом. Причиной является проектирование информа-