

УДК 620.9:004

*Б. А. ТОНКОНОГОВ<sup>1</sup>, С. П. КУНДАС<sup>2</sup>, А. Е. МОРОЗ<sup>3</sup>*

## АРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

<sup>1</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>3</sup>ООО «Сенсотроника»

Целью работы явилась разработка оригинальной архитектуры интегрированной информационной системы для анализа потенциала возобновляемых источников энергии (ИСАПВИЭ). Требуемая функциональность системы обусловила решение ряда задач по разработке соответствующих программных модулей, реализующих методы, модели и алгоритмы для оценки энергетического потенциала и экономической эффективности использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Это потребовало решения следующих задач: выполнены адаптация существующих и разработка новых методов анализа потенциала ВИЭ на различных территориальных уровнях с применением современных технологий географических информационных систем и компьютерных технологий; разработаны модели для оценки и расчета потенциала возобновляемых энергетических ресурсов (ВЭР); адаптированы методики для оценки экономической эффективности принимаемых решений по использованию ВИЭ; разработана архитектура информационной системы и осуществлен выбор технологий и средств ее реализации; разработаны алгоритмы программных модулей и их взаимодействия в составе информационной системы. Отличительной особенностью архитектуры явились гибкость и открытость для расширения и реализации дополнительной функциональности, в частности разработки специальных алгоритмов и программных модулей взаимодействия с базой данных (БД) и графического Web-ориентированного пользовательского интерфейса, предоставляющего возможность работы с картографической информацией. Разработка и внедрение указанной системы является актуальной научной и практической задачей, решение которой создаст условия для расширения использования ВИЭ в Республике Беларусь (РБ) и повышения энергетической безопасности страны. Результаты проведенных исследований и выполненных разработок могут быть использованы в системе Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ, в частности для ведения государственного кадастра ВИЭ и принятия управленческих решений.

**Ключевые слова:** интегрированная информационная система, база данных оборудования, анализ энергетического потенциала, анализ экономической эффективности, возобновляемые источники энергии.

### Введение

Оценка и возможности использования потенциала местных ВИЭ в РБ является актуальной научной и технической проблемой, важной для обеспечения энергетической безопасности страны. РБ не обладает в достаточном количестве собственными углеводородными источниками энергии. Поэтому важным направлением в энергетической политике, в том числе в энергосбережении для нашей страны, является использование ВИЭ, которые позволяют сократить импорт дорогостоящих углеводород-

ных ресурсов, обеспечить и повысить энергетическую безопасность государства и улучшить экологические показатели энергетики.

Однако эффективное использование ВИЭ в значительной степени зависит от правильной оценки ресурсного потенциала региона, наличия соответствующих технологий и оборудования и требуемой инфраструктуры и законодательной и нормативной базы. Учитывая территориальную и временную распределенность ВЭР и зависимость их во многих случаях от погодных условий эффективное решение этой

многокритериальной задачи возможно только с применением информационных технологий [1].

Разработке информационных систем в области возобновляемой энергетики уделяется в настоящее время большое внимание в странах дальнего и ближнего зарубежья. В частности, в США много разработок в этом направлении выполнено Национальной лабораторией ВИЭ (National Renewable Energy Laboratory (NREL) – с применением технологий географических информационных систем (ГИС) созданы базы данных возобновляемых ресурсов штатов страны и разработаны модели и программные средства для анализа эффективности использования ВИЭ (HOMER, Interactive mapping tools, REFlex и другие). Аналогичные базы данных с различными объемами наполнения созданы и в других странах: Дании, Японии, Китае и Латвии. Имеются сообщения о начале таких разработок в Российской Федерации и Украине [2, 3].

Исходя из вышеизложенного, разработка методов, моделей и алгоритмов для анализа ВЭР РБ и создание на их основе ИИСАПВИЭ является актуальной научной и практической задачей, решение которой создаст условия для расширения использования ВИЭ в РБ и повышения энергетической безопасности нашей страны.

В рамках решения поставленной задачи авторами выполнены следующие работы:

1. Проведен анализ известных разработок, средств и технологий в области автоматизированного анализа потенциала ВЭР.

2. Выполнены адаптация существующих, и разработка новых методов анализа потенциала ВИЭ на различных территориальных уровнях с применением современных ГИС-технологий и компьютерных технологий.

3. Разработаны модели для оценки и расчета потенциала ВЭР.

4. Выполнена адаптация методик оценки экономической эффективности принимаемых решений по применению ВИЭ.

5. Разработана архитектура информационной системы и произведен выбор технологий и средств ее реализации.

6. Разработаны алгоритмы программных модулей и их взаимодействия в составе информационной системы.

Разработанные архитектура и специализированные алгоритмы программных модулей позволят реализовать соответствующую функциональность ИИСАПВИЭ, заключающуюся в работе адаптированных для условий РБ методов и моделей для анализа потенциала ВИЭ с применением ГИС-технологий.

### **Технологии и средства реализации и архитектура информационной системы**

Для проектирования и разработки ИИСАПВИЭ, как и любого другого сложного по структуре и функциональности программного продукта для работы с картографической информацией, соответствующие технологии выбирались таким образом, чтобы максимально снизить временные затраты на разработку, сделать сопровождение программного продукта более простым, а также обеспечить высокую производительность приложения.

В частности, выбранные технологии должны решать следующие задачи и проблемы:

– работа с динамически меняющимся содержанием на клиентских Web-страницах без их перезагрузки;

– реализация программного пользовательского интерфейса на стороне Web-сервера;

– создание уровня доступа к информации, хранящейся в БД, для использования в программном пользовательском интерфейсе и другие.

Архитектура модуля для работы с картографической информацией включает:

– *пользовательскую часть*, содержащую графический пользовательский интерфейс и уровень для работы с API сервера;

– *серверную часть*, содержащую уровни взаимодействия с БД и представления и взаимосвязи между уровнями приложения.

Модули для работы с картографической информацией являются модулями для Web-приложения, разрабатываемого в соответствии с технологией *Microsoft ASP.NET MVC*. Система использует технологию *Microsoft.NET* на стороне сервера и технологию *AJAX* для фонового обмена данными между клиентом и сервером.

При разработке в среде *Microsoft Visual Studio* приложение разбито на 2 проекта для программной реализации:

– *уровня доступа к БД;*

– *графического пользовательского интерфейса.*

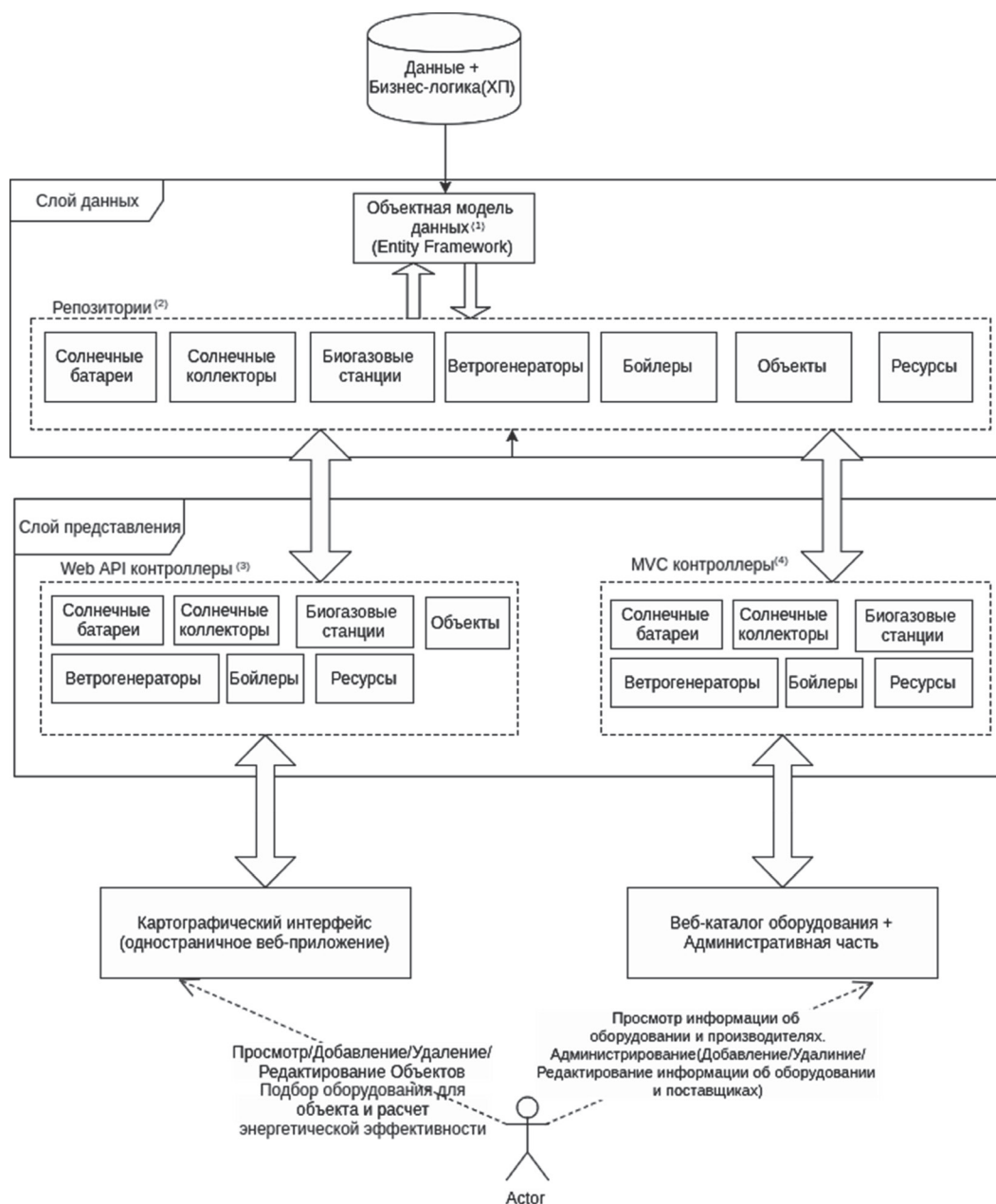


Рис. 1. Общая архитектура ИИСАПВИЭ

Такое разбиение упрощает разработку, а также позволяет сократить затраты времени при замене источника данных (рис. 1).

Архитектура интегрированной информационной системы включает в себя следующие составляющие:

1) *объектная модель БД* – представляет собой набор классов, соответствующих таблицам БД. Хранимые процедуры представлены функциями;

2) *репозитории* – изолируют друг от друга разнородные данные и включают в себя механизмы управления этими данными. Например,

репозиторий ветрогенераторов включает функции по выборке, редактированию, удалению и подбору соответствующих установок для объектов, а также расчету энергоэффективности указанного оборудования;

3) *Web API-контроллеры* – возвращают и принимают данные в «сыром» виде (применяется *JSON*). Обработкой и отображением данных занимается клиентское приложение (применяется *JavaScript*). Используются контроллеры указанного типа, так как картографический интерфейс требует работы без перезагрузки Web-страницы;

4) *MVC-контроллеры* – формируют готовые Web-страницы и возвращают их пользователю.

Таким образом, произведен выбор современных технологий и средств для оптимальной технической реализации ИИСАПВИЭ и предложена архитектура указанной системы, которая открыта для расширения и реализации соответствующей функциональности, в частности разработки соответствующих алгоритмов и программных модулей взаимодействия с БД и графического пользовательского интерфейса в составе указанной системы.

#### Алгоритмы хранимых процедур и пользовательских функций БД

Для выполнения как аналитических расчетов на основе информации, хранящейся в БД, так и предоставления непосредственно самих данных, программный код, выполняющий указанные операции, может быть размещен как на стороне сервера, так и на стороне клиента. Однако, учитывая, что создаваемая информационная система – сетевой ресурс, то программный код, оперирующий данными, необходимо разместить как можно «ближе» к самим обрабатываемым данным, что позволяет избежать пересылки через сеть множества команд и, в особенности, необходимости передачи больших объемов данных от клиента на сервер. Например, *Microsoft SQL Server* предоставляет возможность разместить программный код на стороне сервера в виде *хранимых процедур, пользовательских функций и представлений*, содержащихся в БД.

Для запланированных пользовательских функций разработаны алгоритмы расчета, которые будут реализованы посредством декларативного языка *T-SQL*. В качестве примера на рис. 2 представлен алгоритм работы пользовательской функции, рассчитывающей энергетическую эффективность солнечных батарей.

Оформление кода в виде пользовательских функций существенно упрощает разработку БД, так как позволяет встраивать вызовы этих функций непосредственно в запросах, а также позволяет избежать повторяющегося кода и существенно упрощает чтение кода запросов.

Хранимые процедуры, как и пользовательские функции, представляют собой набор SQL-инструкций, который хранится в БД. Однако

хранимые процедуры, отличаются от функций тем, что в них допускается использование выходных параметров только целочисленного типа. Использование хранимых процедур позволяет повысить производительность, расширить возможности программирования и поддерживать функции безопасности данных.

Как серверные программы, хранимые процедуры имеют ряд преимуществ:

- хранятся в скомпилированном виде – поэтому выполняются быстрее, чем пакеты или запросы;

- выполнение обработки данных на сервере, а не на рабочей станции, что значительно уменьшает трафик и снижает нагрузку на вычислительную сеть;

- имеют модульный вид, поэтому их легко внедрять и изменять. Если клиентское приложение вызывает хранимую процедуру для выполнения некоторой операции, то модификация процедуры в одном месте влияет на ее выполнение у всех пользователей;

- хранимые процедуры можно рассматривать как важный компонент системы безопасности БД. Если все клиенты осуществляют доступ к данным с помощью хранимых процедур, то прямой доступ к таблицам может быть запрещен, и все действия пользователей будут находиться под контролем.

Вместо реализации и хранения часто используемого запроса, клиенты могут ссылаться на соответствующую хранимую процедуру, при вызове которой ее содержимое сразу же обрабатывается сервером [4].

В создаваемой БД хранимые процедуры содержат запросы на получение и изменение данных и инкапсулируют вызов пользовательских функций (ввиду того, что пользовательские функции не могут быть вызваны напрямую из ASP.NET-приложения). Поэтому при вызове пользовательской функции, необходимо вызвать соответствующую хранимую процедуру, инкапсулирующую вызываемую функцию.

В качестве примера можно рассмотреть *boiler\_function* – хранимую процедуру по вызову функции расчета эффективности использования котельного оборудования. Данная функция осуществляет разбор входного XML-параметра (формируется клиентом при определении породного состава биомассы) с последую-

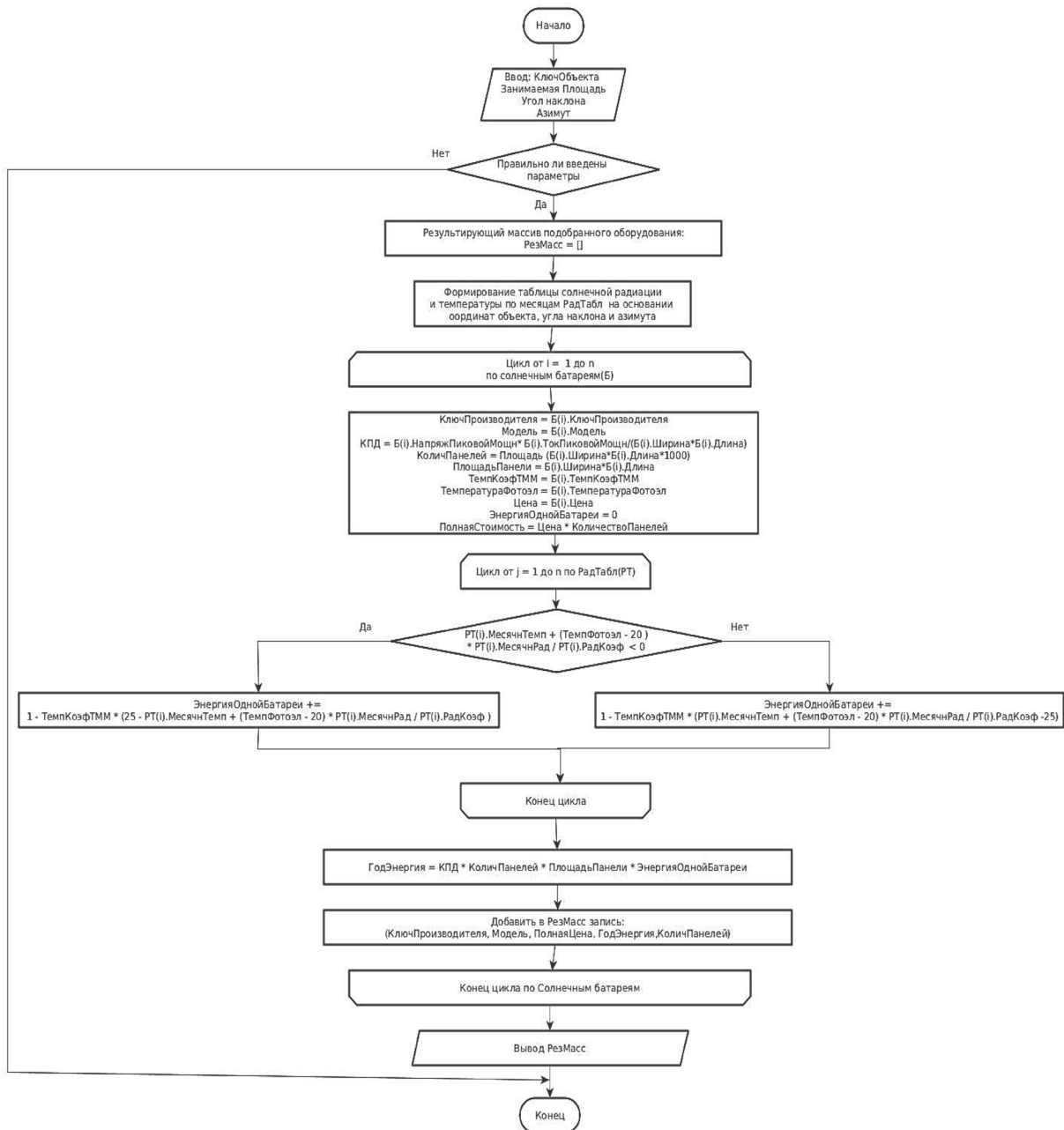


Рис. 2. Алгоритм работы пользовательской функции, рассчитывающей энергетическую эффективность солнечных батарей

щим занесением разобранных данных в таблицу *Session\_BiomassType*. Далее производится вызов пользовательской функции *blrs* с передачей соответствующих параметров. Вызов сопровождается получением результирующей таблицы из функции и удалением временных данных из таблицы *Session\_BiomassType*.

Также на основе написанных ранее пользовательских функций создана хранимая процедура *all\_energy*, выполняющая оценку эффективности использования всего хранимого в БД

оборудования. Эта процедура производит поочередный вызов пользовательских функций с передачей в них усредненных параметров, получает результат их работы и предоставляет пользователю среднее значение эффективности использования каждого вида оборудования, хранимого в БД.

Таким образом, использование хранимых процедур позволяет не только обеспечить простоту доступа к данным, но и защитить их от несанкционированного доступа.

### Алгоритмы работы Web-приложения и его взаимодействие с БД

Механизм доступа к данным в приложении реализован с использованием библиотеки *Entity Framework*. Использовать объектную модель, сгенерированную с помощью этой библиотеки, напрямую не очень удобно по следующим причинам:

1) код пользовательского интерфейса становится трудно читаемым из-за большого количества кода, необходимого для получения данных из БД;

2) информация о механизме доступа к данным раскрывается в пользовательском интерфейсе, что может повлечь проблемы при изменении источника данных.

Решить эту проблему можно с помощью использования шаблона проектирования «Репозиторий». Под репозиторием можно понимать хранилище данных, содержащее методы для извлечения и обработки этих данных. Реализация такого шаблона подразумевает разделение приложения на слои:

- слой доменных данных;
- слой, отвечающий за логику работы с доменными данными.

Использование дополнительного слоя между слоем доступа к данным и слоем представления дает большие преимущества. Например, при изменении используемой системы управления базами данных, редактированию подвергнется только код в промежуточном слое данных, а код представления затронут не будет. Приложение становится более гибким и легко адаптируется к изменениям [5].

За слой данных в разрабатываемом приложении отвечает объектная модель, сгенерированная с помощью *Entity Framework*, а слой, отвечающий за логику работы с доменными данными, реализован с помощью шаблона проектирования «Репозиторий».

Для работы с объектами на карте создан класс *EFLocationsRepository*, который реализует интерфейс *ILocationsRepository*. Этот интерфейс содержит соответствующий набор определений методов для работы с объектами, хранящимися в БД.

Для работы с каждым типом оборудования, использующим ВИЭ, создано свое хранилище данных. Например, хранилище *EFSunBatteriesRepository* реализует интерфейс *ISunBatteryRe-*

*pository*, который содержит определения методов для работы с данными о солнечных батареях, в частности формирования информации для построения диаграммы выработки энергии и графика окупаемости оборудования. Для остальных типов оборудования реализованы аналогичные интерфейсы.

Использование созданного хранилища позволяет существенно облегчить работу с данными в БД, а также уменьшить сложность алгоритмов, которые включают в себя запросы к данным в БД.

Алгоритм подбора оборудования для объекта выполняет как минимум 3 обращения к БД:

- 1) проверка наличия объекта;
- 2) получение ключа объекта;
- 3) вызов процедуры подбора оборудования (рис. 3).

Все эти вызовы будут осуществляться через созданное хранилище, которое инкапсулирует в своих функциях сложное взаимодействие с БД (подготовка входных параметров, обработка результата выполнения запроса и вспомогательные запросы).

Алгоритм создания нового объекта предполагает как минимум 3 обращения к БД:

- 1) проверка наличия в БД области;
- 2) проверка наличия в БД региона;
- 3) сохранение объекта (рис. 4).

Все указанные действия будут инкапсулированы в методе хранилища. В дальнейшем для того, чтобы добавить объект в БД, можно будет просто воспользоваться созданным методом, передав ему необходимые параметры, и получить ответ в виде ключа созданного объекта или кода ошибки, если она возникла при создании объекта.

Таким образом, использование шаблона проектирования «Репозиторий» позволяет абстрагироваться от сложных запросов к БД, а также делает приложение более гибким, то есть легко адаптируемым к изменениям.

### Взаимодействие клиентской и серверной части Web-приложения

Для того, чтобы упорядочить доступ к данным в клиентской части картографического модуля, реализованы клиентские сервисы для доступа к данным на сервере через интерфейс *Web API*. В клиентской части приложения использовался JavaScript-фреймворк *AngularJS*,

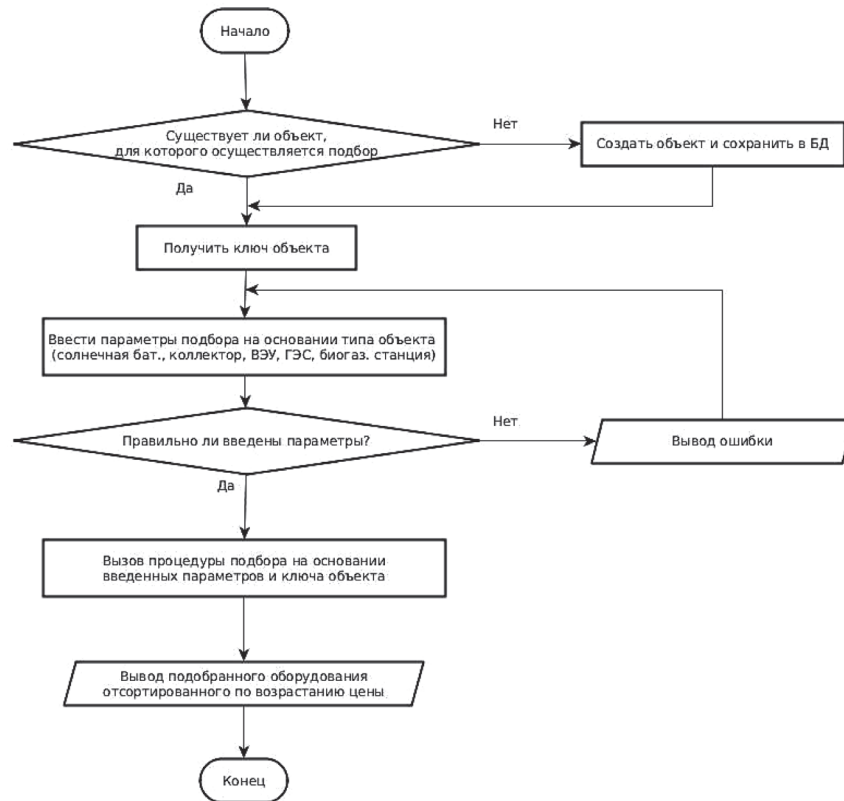


Рис. 3. Алгоритм подбора оборудования для объекта

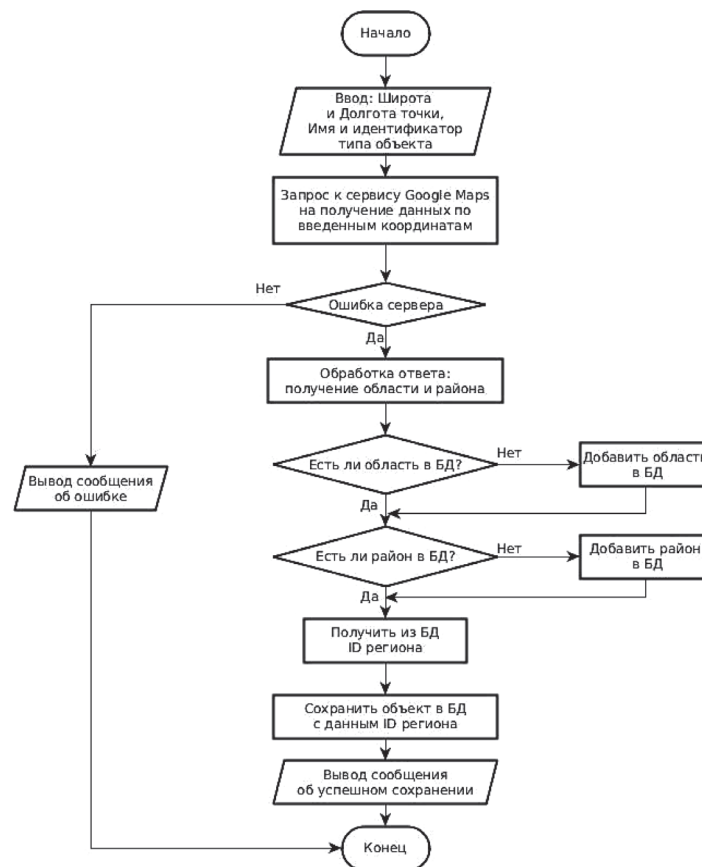


Рис. 4. Алгоритм добавления нового объекта

который позволяет легко создавать сервисы для доступа к данным на сервере.

Сервисы AngularJS представляют специальные объекты или функции, выполняющие некоторые общие для всего приложения задачи. В AngularJS имеются ряд встроенных сервисов, такие как *\$http*, *\$q* и ряд других. Кроме того имеется возможность создавать свои сервисы для выполнения специфических задач по реализации определенной логики (бизнес логики) приложения, обеспечению коммуникации между виджетами, поддержке уровня данных и формированию запросов к серверу, хранению состояния и так далее. В разрабатываемой клиентской части для работы с картографической информацией большое значение имеет модуль, в котором определяется сервис *MarkersService*, представляющий уровень данных и выполняющий запросы к серверу. Модули являются основной формой организации приложений в AngularJS. Модуль представляет хранилище различной информации: директив, фильтров, контроллеров и так далее [6]. Таким образом, разрабатываемое приложение разделено на 3 модуля:

- 1) основной модуль;
- 2) модуль, содержащий сервисы приложения;
- 3) модуль, содержащий контроллеры приложения.

*MarkersService* использует в своей работе стандартный сервис AngularJS *\$http*, который предназначен для взаимодействия с удаленным *HTTP-сервером* через объект *XMLHttpRequest* или через JSONP. Для использования указанного сервиса в приложении его нужно включить в главный модуль.

Кроме модуля с сервисами и модуля с контроллерами в главный модуль включаются еще и сторонние библиотеки (модули) для:

- *ngMap* – работы с картами *Google*;
- *ui.bootstrap* – работы с *Bootstrap*;
- *ngAnimate* – создания анимационных эффектов на странице;
- *blokUI* – блокирования страницы пользователя в моменты выполнения различных запросов к серверу, когда совершение действий на странице не желательно.

Сервис *markersService* содержит объявления 2 ключевых классов для работы пользовательской части приложения:

– *Marker* – хранит такую информацию об объектах на карте как географические координаты объекта, тип объекта, оборудование, установленное на объекте и так далее. Также для указанного класса добавлены методы для работы с оборудованием, установленном на определенном объекте (маркере): *getEquipment*, *addEquipment*, *deleteEquipment* и *updateEquipment*. Для задания классов JavaScript использовался прототипный подход, то есть создавался конструктор указанного класса. Затем к прототипу этого класса добавлялись его методы и свойства, например метод *addEquipment*, взаимодействующий с API сервера [7];

– *Equipment* – хранит информацию о конкретной модели оборудования на объекте. Один объект, представляемый этим классом, может содержать несколько экземпляров класса *Equipment*.

В сервис *markersService* кроме классов *Equipment* и *Marker* включены методы для работы с классом *Marker* по добавлению (без отправки на сервер), удалению и обновлению объекта, отправке информации о новом объекте серверу для сохранения и изменению типа объекта [8].

Таким образом, разработаны программные механизмы для взаимодействия клиентской и серверной части Web-приложения с реализацией соответствующих сервисов.

### Заключение

В результате проведенных исследований разработана архитектура ИСАПВИЭ и осуществлен выбор технологий и средств ее реализации, а также предложены алгоритмы программных модулей и их взаимодействия в составе указанной системы. Отличительной особенностью архитектуры явились гибкость и открытость для расширения и реализации дополнительной функциональности, в частности разработки специальных алгоритмов и программных модулей взаимодействия с БД и графического Web-ориентированного пользовательского интерфейса, предоставляющего возможность работы с картографической информацией. Результаты проведенных исследований и выполненных разработок могут быть использованы в системе Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ, в частности для ведения государственного кадастра ВИЭ и принятия управленческих решений [9, 10].



## Литература

1. **Кундас, С. П.** Возобновляемые источники энергии / С. С Позняк, Л. В. Шенец. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 390 с.
2. **Wakeyama, T.** Renewable Energy Potential Evaluation and Analysis for Use by Using GIS – A Case Study of Northern-Tohoku Area and Tokyo Metropolis / T. Wakeyama, S. Ehara // International Journal of Environmental Science and Development. – 2010. Vol. 1, N. 5. – P. 446–453.
3. **Samuta, H.** Evaluation for the Adoption of Renewable Energy in China using Geographic Information System / H. Samuta, Y. Uchiyama, K. Okajima // Journal of International Council on Electrical Engineering. 2012. Vol. 2, N. 4. – P. 403–408.
4. **Петкович, Д.** Microsoft SQL Server 2012. Руководство для начинающих / Д. Петкович. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2013. – 816 с.
5. **Фримэн, Э.** Паттерны проектирования / Э. Фримэн, Э. Фримэн. – Санкт-Петербург: Питер, 2011. – 645 с.
6. **Резиг, Д.** JavaScript для профессионалов / Д. Резиг, Р. Фергюсон, Д. Пакстон. – 2-е изд.: пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2016. – 240 с.: ил. – Парал. тит. англ., с. 26.
7. **Макконнел, С.** Совершенный код / С. Макконнел. – Санкт-Петербург: Питер, 2005. – 868 с.
8. **Троелсен, Э.** Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5 / Э. Троелсен. – 6-е изд. – М.: Вильямс, 2013. – 1312 с.: ил.
9. **Moroz, A. E.** Integrated information system for analysis of potential of renewable energy sources / A. E. Moroz, D. A. Chemerevskiy, V. A. Antonova, B. A. Tonkonogov // Actual environmental problems: Proceedings of the VI International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, November 24 - 25, 2016, Minsk, Republic of Belarus / ISEI BSU; the general editorship: Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor S. A. Maskevitch, Doctor of Agricultural Sciences, Professor S. S. Poznjak. – Minsk: PPTUE “Kolorgrad”, 2016. – 220 p. – P. 196–197.
10. **Кундас, С. П.** Архитектура интегрированной информационной системы для анализа потенциала возобновляемых источников энергии / С. П. Кундас, Б. А. Тонконогов, А. Е. Мороз // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2017: environmental problems of the XXI century: материалы 17-й международной научной конференции, 18 - 19 мая 2017 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: С. Е. Головатый [и др.]; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С. А. Маскевича, д-ра с.-х. н., проф. С. С. Позняка. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – Ч. 2. – 264 с. – С. 240–242.

## References

1. **Kundas, S. P.** Renewable energy sources / S. S Poznyak, L. V. Shenets. – Minsk: ISEU, 2009. – 390 p.
2. **Wakeyama, T.** Renewable Energy Potential Evaluation and Analysis for Use by using GIS – A Case Study of Northern-Tohoku Area and Tokyo Metropolis / T. Wakeyama, S. Ehara // International Journal of Environmental Science and Development. – 2010. Vol. 1, N. 5. – P. 446–453.
3. **Samuta, H.** Evaluation for the Adoption of Renewable Energy in China using Geographic Information System / H. Samuta, Y. Uchiyama, K. Okajima // Journal of International Council on Electrical Engineering. 2012. Vol. 2, N. 4. – P. 403–408.
4. **Petkovich, D.** Microsoft SQL Server 2012. Beginner’s Guide / D. Petkovich. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2013. – 816 p.
5. **Freeman, E.** Design Patterns / E. Freeman, E. Freeman. – St. Petersburg: Piter, 2011. – 645 p.
6. **Resig, D.** JavaScript for professionals / D. Resig, R. Ferguson, D. Paxton. – 2-d ed.: tran. from eng. – М.: LLC “P. H. Vil’yams”, 2016. – 240 p.: il. – Paral. tit. eng., p. 26.
7. **McConnell, S.** Perfect code / S. McConnell. – St. Petersburg: Piter, 2005. – 868 p.
8. **Troelsen, E.** C# 5.0 programming language and .NET 4.5 platform / E. Troelsen. – 6-th ed. – М.: Vil’yams, 2013. – 1312 p.: il.
9. **Moroz, A. E.** Integrated information system for analysis of potential of renewable energy sources / A. E. Moroz, D. A. Chemerevskiy, V. A. Antonova, B. A. Tonkonogov // Actual environmental problems: Proceedings of the VI International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, November 24 - 25, 2016, Minsk, Republic of Belarus / ISEI BSU; the general editorship: Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor S. A. Maskevitch, Doctor of Agricultural Sciences, Professor S. S. Poznjak. – Minsk: PPTUE “Kolorgrad”, 2016. – 220 p. – P. 196–197.
10. **Kundas, S. P.** Architecture of integrated information system for analysis of potential of renewable energy sources / S. P. Kundas, B. A. Tonkonogov, A. E. Moroz // Sakharov readings 2017: environmental problems of the XXI century: materials of the 17th international scientific conference, 18 - 19 May 2017, Minsk, Republic of Belarus: in 2 p. / Internat. Sakharov env. in-t of Bel. sta. un-y; ra.: S. E. Golovaty [et al.]; ed. d-r ph.-m. s., prof. S. A. Maskevich, d-r a. s., prof. S. S. Poznyak. – Minsk: ICC of Ministry of Finance, 2017. – P. 2. – 264 p. – P. 240–242.

Поступила  
19.10.2017

После доработки  
25.10.2017

Принята к печати  
15.12.2017

*Tonkonogov B. A., Kundas S. P., Moroz A. E.*

## ARCHITECTURE AND FUNCTIONALITY OF INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

*The aim of the work was the development of the original architecture of an integrated information system for analysis of the potential of renewable energy sources. The required functionality of system has led to the solution of a number of problems in the development of appropriate software modules that implement methods, models and algorithms for assessing the energy potential and economic efficiency of the use of renewable energy sources (RES). This required the solution of the following problems: adaptation of existing and development of new methods for analyzing the potential of RES at various territorial levels using modern technologies of geographic information systems and computer technologies were accomplished; models for the assessment and calculation of the potential of renewable energy resources were developed; techniques for assessing of the economic effectiveness of decisions made for using of RES were adapted; architecture of the information system was developed and the choice of technologies and means for its implementation was made; algorithms of software modules and their interaction as a parts of the information system were developed. A distinctive feature of the architecture were flexibility and openness for the expansion and implementation of additional functionality, in particular the development of special algorithms and software modules for interacting with the database and a graphical Web-based user interface that provides the ability to work with cartographic information. The development and implementation of this system is a modern up-to-date scientific and practical task, the solution of which will create conditions for increased use of RES in RB and improving the country's energy security. The results of conducted researches and completed developments can be used in the system of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of RB, in particular for maintaining of the state cadastre of RES and making of management decisions.*

**Keywords:** *integrated information system, equipment database, energy potential analysis, economic effectiveness analysis, renewable energy sources.*



### **Тонконогов Борис Александрович**

Ул. Долгобродская, д. 23 / 1, г. Минск, 220070, Республика Беларусь,  
тел. (+375 29) 6300762, e-mail: boristonkonogov@iseu.by

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

Кандидат технических наук, доцент

Начальник учебно-методического отдела

Проектирование, разработка и внедрение современных информационных систем и технологий в учебный процесс и производство, проведение научных исследований, связанных с математическим и компьютерным моделированием и разработка специализированных учебных курсов по современным информационным системам и технологиям и математическому и компьютерному моделированию



### **Кундас Семен Петрович**

Пр. Независимости, д. 150, г. Минск, 220013, Республика Беларусь,  
тел. (+375 29) 6323485, e-mail: kundas@tut.by

Белорусский национальный технический университет

Доктор технических наук, профессор

Профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Научно-исследовательские и научно-методические работы в области эффективного использования возобновляемых источников энергии и моделирования и компьютерного прогнозирования состояния окружающей среды в условиях радиационного загрязнения, создание демонстрационной площадки и центра возобновляемых источников энергии, подготовка специалистов в области менеджмента возобновляемых энергетических ресурсов, разработка автоматизированных информационно-аналитических систем по принятию решений в области использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь, методов прогнозирования с использованием нейросетевых технологий и технологий географических информационных систем, систем управления

базами данных и разработка нормативно-правовых документов в области возобновляемых источников энергии.



**Мороз Алексей Евгеньевич**

Ул. Кульман, д. 9, г. Минск, 220010, Республика Беларусь,

тел. (+375 44) 5886513, e-mail: marozaliaksei@gmail.com

ООО «Сенсотроника» Инженер-программист

Проектирование и разработка баз данных и программного обеспечения для анализа использования возобновляемых источников энергии и встраиваемых систем.

Государственная программа научных исследований «Информатика, космические исследования и научное обеспечение безопасности человека, общества и государства», подпрограмма 1 «Информатика и космические исследования», задание 1.3.06 «Методы и алгоритмы построения интегрированной информационной системы для анализа потенциала возобновляемых источников энергии» (№ госрегистрации – 20161541, дата регистрации – 17.05.2016)