

3. НПП РУП «Стройтехнорм», СНБ 2.04.02-2000 Строительные нормы Республики Беларусь. Строительная климатология(изменение №1) / Введ. 01.07.07. – Минск. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 35 с.

4. *Рякин, Е. В.* Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) бюджетных организаций / *Е. В. Рякин и др.* – Екатеринбург, ГБУ СО «Институт энергосбережения», 2010. – 41 с.

ПИЛОТНЫЙ ПРОЕКТ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

PILOT PROJECT OF INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

С. П. Кундас¹, Б. А. Тонконогов², А. Е. Мороз³

S. Kundas¹, B. Tonkonogov², A. Moroz³

*¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь
kundas@tut.by*

*²Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
boristonkonogov@iseu.by*

*³ООО «Сенсоника», г. Минск, Республика Беларусь
marozaliaksei@gmail.com*

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

³"Sensotronika" Ltd, Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрены практическое назначение, алгоритм функционирования, архитектура, технологии и средства реализации, функциональность, графический пользовательский интерфейс и тестирование пилотного проекта интегрированной информационной системы для анализа потенциала возобновляемых источников энергии, реализующей расчетные методы и математические модели на различных территориальных уровнях, базирующейся на геоинформационных технологиях и позволяющей принимать управленческие решения в области освоения и повышения эффективности использования различных видов возобновляемых источников энергии и оборудования возобновляемой энергетики.

Practical purpose, algorithm of functioning, architecture, technologies and means of implementation, functionality, graphical user interface and testing of pilot project of integrated information system for analysis of potential of renewable energy sources, that implementing computational methods and mathematical models at various territorial levels, is based on geo-information technologies and allowing management decisions to be taken in development and improvement of efficiency of use of different types of renewable energy sources and renewable energy equipment, are considered.

Ключевые слова: информационная система, база данных, возобновляемые источники энергии, оборудование возобновляемой энергетики, энергетический потенциал, экономическая эффективность.

Keywords: information system, database, renewable energy sources, renewable energy equipment, energy potential, economic efficiency.

С учетом территориального и временного распределения возобновляемых энергетических ресурсов и зависимости их во многих случаях от погодных условий, эффективное решение многокритериальной задачи по анализу и принятию соответствующих решений в области возобновляемой энергетики возможно только с применением информационных технологий и средств автоматизации, реализующих специальные расчетные методы и математические модели на различных территориальных уровнях и базирующихся на геоинформационных технологиях.

На основе анализа известных разработок в исследуемой предметной области, связанной с автоматизированной информационно-аналитической оценкой использования потенциала возобновляемых источников энергии, предложен обобщенный подход к разработке методов анализа потенциала возобновляемых источников энергии, включающий 3 стадии:

1) *математическое описание* анализируемых физических (метеорологических) процессов, например, происходящих при воздействии солнечной радиации и скорости ветра, учете расхода воды в реке и так далее;

2) *проведение комплексного расчета* потенциала возобновляемых источников энергии с учетом метеорологических, технических и социальных ограничений;

3) *уточнение результатов расчета* потенциала возобновляемых источников энергии на основе усредненных характеристик преобразования энергии применяемого оборудования.

Пилотный проект интегрированной информационной системы, предназначенной для проведения компьютерного анализа потенциала возобновляемых источников энергии, создан на основании разработанных новых методов и специальных алгоритмов, программная реализация которых позволила обеспечить:

- *удаленное взаимодействие пользователей* с аналитическими программными модулями и серверной базой данных оборудования возобновляемой энергетики и потенциала возобновляемых источников энергии с использованием программных интерфейсов приложений в области современных геоинформационных и компьютерных технологий;

- *использование расчетных методов и математических моделей* на различных территориальных уровнях;
- *проведение автоматизированного компьютерного анализа* пространственно-распределенного потенциала возобновляемых источников энергии и определение энергетической и экономической эффективности использования различных видов оборудования возобновляемой энергетики.

В процессе создания интегрированной информационной системы выполнены следующие виды работ:

- адаптированы *методы и модели* оценки потенциала возобновляемых источников энергии, а также экономической эффективности принимаемых решений по применению определенных видов оборудования, использующего указанные источники, с учетом их использования на различных территориальных уровнях;

- разработаны *архитектура и алгоритмы* программных модулей для компьютерной реализации информационной системы;

- осуществлена *реализация программных модулей* информационной системы и разработан ее графический пользовательский Web-интерфейс;

- проведено проектирование взаимодействующей с информационной системой *серверной базы данных* оборудования возобновляемой энергетики и потенциала возобновляемых источников энергии и ее пробное наполнение;

- выполнено *тестирование и апробация* информационной системы.

Практическое назначение интегрированной информационной системы. Интегрированная информационная система, адаптированная для территориальных условий Республики Беларусь, может быть апробирована и практически применена в интересах учреждений Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь для *поддержки принятия управленческих решений* в области освоения и повышения эффективности использования различных видов возобновляемых источников энергии и оборудования возобновляемой энергетики посредством:

- выполнения *автоматизированных расчетов* для оценки энергетического потенциала различных видов возобновляемых источников энергии с координатной привязкой к конкретным областям на карте посредством графического интерфейса пользователя на основе технологии географических информационных систем и созданием локального кадастра возобновляемых источников энергии;

- *качественной и количественной оценки* энергетических и экономических показателей эффективности использования возобновляемых источников энергии на уровне хозяйств, предприятий, населенных пунктов или районов;

- *получения информации* о доступном коммерчески производимом оборудовании в области возобновляемых источников энергии с возможностью управления динамическим содержимым базы данных через Web-интерфейс (добавление, изменение или удаление данных).

Алгоритм функционирования интегрированной информационной системы. При разработке методов анализа потенциала возобновляемых источников энергии и проектировании информационной системы необходимо, прежде всего, учесть конкретных физических факторов и процессов, связанных с указанными природными энергетическими источниками (солнечное излучение, ветровой поток, водный поток и тому подобное). Так как указанные источники имеют различную физическую природу, то для их математического описания используются соответствующие уравнения (математические модели) с определенными коэффициентами. Большое значение в методологии расчетов имеет учет метеорологических условий, географического положения и социально-экономических ограничений. При этом указанные факторы могут учитываться не только в самих моделях, но и в алгоритмах их компьютерной реализации, то есть на более высоких уровнях реализации информационной системы.

Укрупненный (ориентировочный) алгоритм функционирования информационной системы состоит из следующих этапов, на каждом из которых возможно проведение уточняющих оценок или расчетов:

1) определение *географических координат* объекта, где планируется использование возобновляемых источников энергии, и его привязка к координатам;

2) предварительная оценка *возможности использования* возобновляемых источников энергии, осуществляемая исходя из положения объекта, географических условий (высота над уровнем моря, лесистость, развитие сельского хозяйства, наличие водотоков и тому подобное);

- 3) расчет *локального энергетического потенциала* в соответствии с разработанными или адаптированными моделями и алгоритмами, выполняемый для выбранных возобновляемых источников энергии;
- 4) подбор *возможного оборудования* для каждого возобновляемого источника энергии, производимый с использованием специализированной базы данных;
- 5) эвристическая оценка *локального энергетического потенциала*, осуществляемая с переходом от теоретического к техническому потенциалу и определением возможности технической реализации соответствующего проекта и выполняемая для выбранных типов оборудования возобновляемой энергетики;
- 6) экономическая оценка *вариантов использования* возобновляемых источников энергии;
- 7) выбор *варианта использования* возобновляемых источников энергии на объекте проектирования, осуществляемый исходя из экономических критериев.

Архитектура, технологии и средства реализации интегрированной информационной системы. Определен наиболее рациональный комплекс технологий и методов, позволяющих создать соответствующие своему специфическому назначению и оптимальные по функциональности клиентскую и серверную части информационной системы, основными особенностями которых являются:

- возможность поддержки динамически изменяющегося содержимого клиентских Web-страниц без их перезагрузки, что значительно сокращает время обновления страниц и ускоряет работу пользователей;
- реализация программного пользовательского интерфейса на стороне Web-сервера;
- создание программного уровня доступа к информации, хранящейся в базе данных, для использования в указанном интерфейсе.

Предложена архитектура информационной системы, обеспечивающая гибкость и открытость для расширения и реализации дополнительной функциональности, в частности разработки специальных алгоритмов и программных модулей взаимодействия с базой данных и графического Web-ориентированного пользовательского интерфейса, предоставляющего возможность оптимально, быстро и удобно работать с картографической информацией посредством использования соответствующих технологий и алгоритмов.

Разработана *архитектура клиентской части* приложения, обеспечивающая:

- использование оболочки AngularJS на языке программирования JavaScript, которая избавляет разработчика от набора рутинного кода и в определенной степени позволяет структурировать приложение;
- отделение программной логики от кода пользовательского интерфейса, что позволяет улучшить тестируемость и расширяемость приложения;
- двустороннее связывание, позволяющее динамически изменять данные в одном месте интерфейса при изменении данных модели в другом;
- синхронизацию моделей и представлений;
- поддержку «фонового» обмена данными Web-браузера с Web-сервером;
- масштабирование динамических макетов на различные устройства и разрешения экрана без каких-либо изменений в разметке Web-страниц и другие.

Разработана *архитектура серверной части* приложения, особенностями которой являются:

- использование технологии Microsoft ASP.NET MVC, которая уменьшает зависимость между уровнями приложения с помощью шаблона проектирования MVC (Model-View-Controller – «модель–представление–контроллер»), позволяет сформировать удобную архитектуру и выполнить тестирование без сокрытия того, как работает Web-среда, и языка программирования Visual C#, являющегося самым популярным языком для написания бизнес-логики на платформе Microsoft .NET;
- использование возможности изменения приложением своей модели данных и предоставления пользователю результатов в обновленном виде;
- предоставление возможности Web-приложению объединять несколько технологий (например, базу данных, HTML и исполняемый код, используя для построения сервиса доступа к данным библиотеку Web API), которые, как правило, разбиваются на множество уровней или слоев, с созданием моделей, которые формируются из этих комбинаций и являются естественными для концепции MVC, например;
- очевидное разнесение различных задач приложения по разным, независимым друг от друга частям программного обеспечения, позволяющее изначально создавать легко сопровождаемые и тестируемые приложения.

В качестве интегрированной среды разработки (IDE) программного обеспечения была выбрана *Microsoft Visual Studio Community* – это бесплатная инструментальная оболочка от корпорации Microsoft, являющаяся одной из самых функциональных IDE для разработки на платформе Microsoft .NET.

Функциональность, графический пользовательский интерфейс и тестирование интегрированной информационной системы. Разработаны *специализированные алгоритмы* программных модулей и их взаимодействия в составе информационной системы с возможностью использования современных информационных технологий для их оптимальной технической реализации и поддержки. Отличительными особенностями указанных алгоритмов являются:

- возможность реализации соответствующей функциональности информационной системы, заключающейся в работе адаптированных для условий Республики Беларусь методов и моделей для анализа потенциала возобновляемых источников энергии с применением ГИС-технологий;

- оптимизация, ускорение и удобство работы с картографической информацией с использованием технологии Microsoft ASP.NET MVC на стороне сервера и технологии AJAX для асинхронного фонового обмена данными между клиентом и сервером и реализацией программных механизмов для взаимодействия клиентской и серверной частей Web-приложения посредством создания соответствующих сервисов;

- снижение временных затрат и упрощение сопровождения, модернизации, переносимости, масштабируемости и адаптации к новой информационной среде и замены источника данных за счет применения принципа модульности, предполагающего кроме модуля с сервисами и модуля с контроллерами включение в главный модуль сторонних библиотек (модулей) для работы с картами Google и Bootstrap, создание анимационных эффектов на Web-страницах;

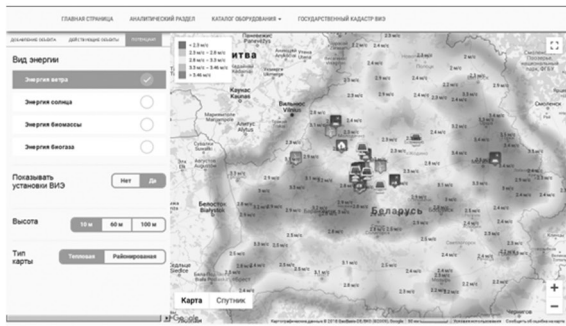
- оформление кода со стороны серверной базы данных в виде набора SQL-инструкций (пользовательских функций и хранимых процедур), что существенно расширяет возможности программирования, упрощает разработку и чтение кода запросов, так как позволяет встраивать вызовы этих функций непосредственно в запросах, а также позволяет избежать повторяющегося кода, поддерживает функции безопасности данных и защиты их от несанкционированного доступа и повышает производительность приложения.

Выполнена программная реализация *функциональных модулей* интегрированной информационной системы и ее *графического пользовательского интерфейса* на основании разработанных архитектуры и алгоритмов. Разработанный модуль для работы с картографической информацией представляет собой одностраничное приложение. Приложение позволяет обмениваться данными с API-интерфейсом сервера без перезагрузки страницы, а также позволяет подгружать другие страницы в модальных окнах поверх главной страницы. Шаблон страницы картографического интерфейса создавался с использованием с использованием картографического сервиса Google Maps, фреймворка AngularJS, технологии Razor, которая является механизмом визуализации в Microsoft ASP.NET, таблицы стилей Bootstrap для упрощения верстки и улучшения внешнего вида приложения и JavaScript-библиотеки FusionCharts для вывода графиков и диаграмм. Разработана универсальная мастер-страница графического пользовательского интерфейса каталога оборудования пользовательской и административной части приложения для реализации единообразия дизайна и стиля и использования общих элементов и скриптов для всех представлений Web-приложения посредством рендеринга AJAX-запросов и каскадных таблиц стилей CSS.

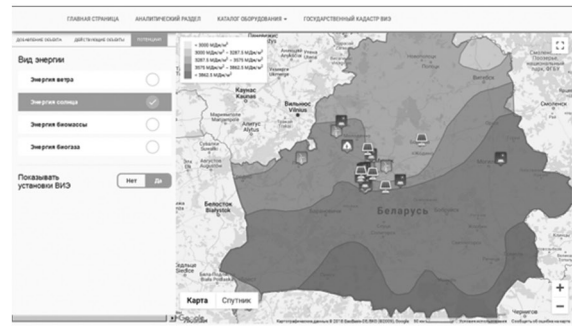
Примеры Web-страниц с соответствующими элементами графического пользовательского интерфейса интегрированной информационной системы показаны на рис. 1.

Кроме того созданы специальные хранилища данных с использованием объектно-ориентированной технологии ADO.NET Entity Framework для объектно-реляционного отображения, позволяющего связывать базы данных с концепциями объектно-ориентированных языков программирования для Microsoft .NET Framework с использованием подхода Database First, который позволяет по существующей базе данных сгенерировать модель EDMX для подключения к ней. Также созданы Web API-контроллеры, которые представляют собой Web-службы, применяют архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределенного приложения в сети REST и предназначены для реализации картографического интерфейса, работы с различными типами оборудования посредством CRUD-операций с данными, а также формирования информации для построения графических зависимостей.

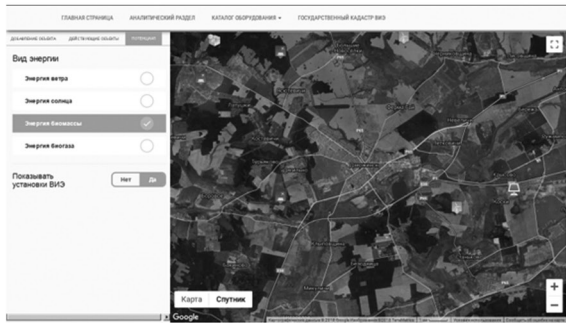
Тестирование и отладка программных модулей информационной системы проведены с целью исследования и испытания программного обеспечения для проверки соответствия между реальным поведением программного продукта и его ожидаемым поведением на конечном наборе тестов, выбранных определенным образом, а также исправления программных синтаксических ошибок, допущенных на стадии формирования программного исходного кода. Для улучшения надежности разрабатываемой информационной системы как Web-приложения, а также для облегчения процесса внесения изменений в существующие компоненты приложения принято решение о написании кода, осуществляющего автоматическое тестирование отдельных частей приложения. Тестировались наиболее важные компоненты Web-приложения и те компоненты, которые в наибольшей степени подвержены изменениям. Тестируемые компоненты можно разделить на 2 группы: Web API-контроллеры и сервисы клиентской части приложения.



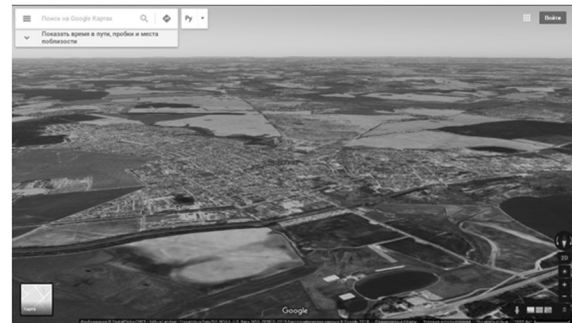
а)



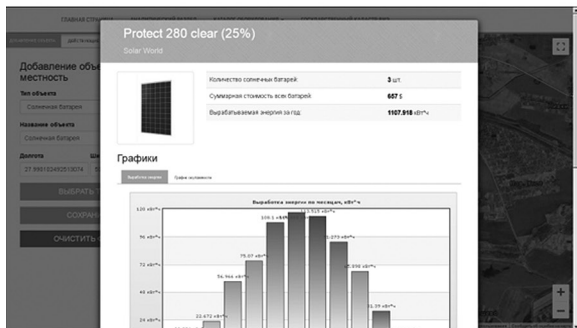
б)



в)



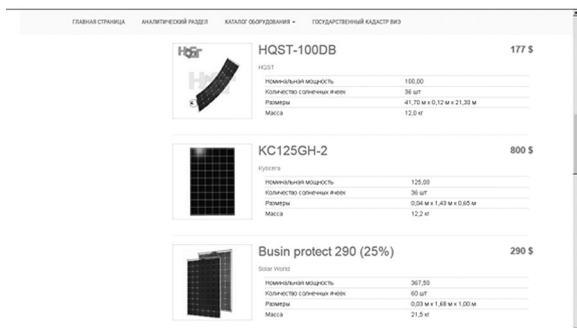
г)



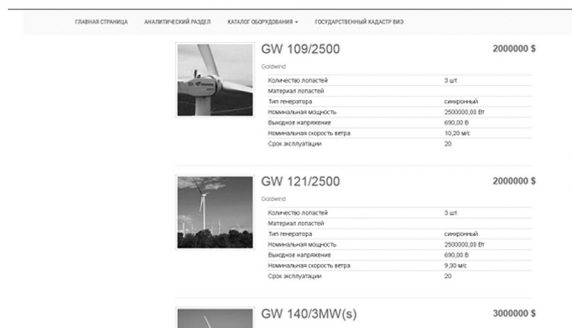
д)



е)



ж)



з)

Рисунок 1 – Web-страницы: а) – в) картографического интерфейса с визуализацией пространственного распределения потенциала ресурсов солнца, ветра и биомассы соответственно; г) визуализации местности; д) и е) оценки энергетической и экономической эффективности соответственно; ж) и з) каталога оборудования

Таким образом, создание интегрированной информационной системы для анализа потенциала возобновляемых источников энергии является актуальной научной и практической задачей в Республике Беларусь, решение которой создаст условия для расширения использования возобновляемых источников энергии, повышения энергетической безопасности и улучшения экологических показателей энергетики. Результаты проведенных исследований и выполненных работ по созданию методов и алгоритмов, используемых в интегрированной информационной системе для анализа потенциала возобновляемых источников энергии, внедрены в производство в ООО «Трисофт» и учебный процесс в Белорусском национальном техническом университете. Сфера и масштабы ожидаемого применения интегрированной информационной системы могут быть распространены на всю терри-

торию Республики Беларусь для использования в организациях применительно к территориально-хозяйственным единицам различного уровня с целью повышения эффективности использования возобновляемых источников энергии [1–5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Фримэн, Э. Паттерны проектирования / Э. Фримэн. – СПб.: Питер, 2011. – 645 с.
2. Троелсен, Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5 / Э. Троелсен. – 6-е изд. – М.: Вильямс, 2016. – 1312 с.
3. Фримэн, А. ASP.NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов. – М.: Вильямс, 2014. – 1120 с.
4. 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.
5. Петкович, Д. Microsoft SQL Server 2012. Руководство для начинающих / Д. Петкович. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 816 с.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

ANALYSIS OF EXISTING WOOD FUEL TYPES AND PROSPECTS FOR ITS USE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Л. А. Липницкий, Е. А. Ткаченко, П. В. Кононов
L. Lipnitski, E. Tkachenko, P. Kononov

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
leonid-l@tut.by
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Анализируются существующие виды древесного топлива в республике, анализ преимуществ перехода на местные древесные виды топлива, а также экологическое преимущество анализ при использовании древесных видов топлива.

There were conducted the analysis of existing types of wood fuel, the analysis of the benefits of switching to the local wood types of fuel and the environmental analysis using wood types of fuel.

Ключевые слова: древесина, топливо, отходы, экологический анализ.

Keywords: wood, fuel, waste, environmental analysis.

Под древесным топливом принято понимать материалы, которые заготавливаются в лесу с использованием методов экономного использования имеющихся ресурсов. При этом процесс заготовки может осуществляться совместно с осуществлением промышленной вырубке или при выборочной рубке лесного молодняка.

Таким образом, в качестве источника древесного топлива могут служить [1]:

- древесина, поучаемая в процессе ухода и удалении излишков молодняка;
- древесина, поучаемая как побочный материал в процессе первых вырубок с целью прореживания;
- отходы, получаемые при проведении рубок главного пользования;
- древесина, получаемая из непригодных к использованию в промышленности деревьев.

При этом к древесному топливу не относят древесину, пригодную для дальнейшей промышленной переработки, в том числе для получения целлюлозы или бумаги.

В табл. 1 была сведена информация, позволяющая оценить соотношение ветвей и вершин основных пород зрелых деревьев, произрастающих в Беларуси, к массе ствола. Из полученных данных наблюдается, что наибольшее количество зеленой массы, непригодной для дальнейшей переработки, приходится на ель обыкновенную.

Таблица 1 – Соотношение массы зелени к массе ствола основных пород зрелых деревьев в Беларуси

Порода дерева	Масса зелени, %	Масса ствола, %
Ель	54	100
Сосна	21	100
Береза	16	100

В Беларуси наибольшим потенциалом, позволяющим получить максимальное количество древесного топлива, обладают рубки главного пользования спелых пород ели. В связи с этим большая доля разработок и наибольший опыт в области получения древесного топлива из лесосечных отходов приходится именно на рубку ели (табл. 2).