# ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

УДК [621.311–6:004.942]:004.42

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ VIZPRORES ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МИКРОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

## THE DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM "VIZPRORES" OPTIMIZATION OF MICRO-GENERATING SYSTEMS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

**Владимир Иванович Велькин**

кандидат технических наук, доцент
v.i.velkin@urfu.ru

**Константин Сергеевич Денисов**

аспирант
denser93@mail.ru

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

**Vladimir Ivanovich Velkin**

**Konstantin Sergeevich Denisov**

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

***Аннотация***. *Рассматриваются теоретическая основа создания и программа расчета и оптимизации комплексной энергетической системы на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Оптимизация базируется на рассмотрении многофакторной математической модели «черный ящик». Результатом стало создание программы расчета оптимальной энергетической системы с определением эффективного состава оборудования и установленной мощности каждого вида ВИЭ на основе метода выпуклой оптимизации. Критерием эффективности служит наименьшая стоимость выработки 1кВт · ч энергии всем комплексом ВИЭ в среднем за год. Особенностями программы являются жесткая привязка к месту расположения энергокомплекса ВИЭ и учет стохастических климатических характеристик (скорость ветра, инсоляция, температура) для данной территории.*

***Abstract***. *The article discusses the theoretical basis for the establishment and proper calculation and optimization of integrated energy systems based on renewable energy sources. The optimization is based on the consideration of multivariate mathematical models, which represent the «black box». The result of the review model was the creation of the program of calculation of an efficient energy system with definition of efficient equipment and the installed capacity of each type of renewable energy based on the method of convex optimization. The criterion of efficiency is the least cost of producing 1 kW-hour of energy the whole complex of renewable energy in an average year. Feature of the program is a link to the location of future renewable energy and energy complex accounting stochastic climatic characteristics (wind speed, insolation, temperature) for this area.*

***Ключевые слова**: возобновляемая энергетика, возобновляемые источники энергии, оптимизация возобновляемых источников энергии.*

***Keywords**: renewable energy, renewable energy sources, optimization of renewable energy.*

Известно, что в 2017 г. более 15 % всей энергии в Европе вырабатывалось за счет возобновляемых источников энергии (ВИЭ). 17 лет назад этот показатель был менее 0,1 %. Однако, несмотря на увеличение объемов, стоимость выработки 1 кВт · ч электроэнергии на ВИЭ остается высокой и требует поиска новых решений для повышения конкурентоспособности с традиционными источниками.

Для повышения эффективности комплексных систем энергоснабжения на базе ВИЭ в мире ведутся работы по оптимизации оборудования по составу и мощности. Подобная задача решается с помощью различных математических моделей энергокомплексов и соответствующего программного обеспечения, например, Homer (США) [4], Retscreen (Канада) [5] или Skelion [6].

Назначение разрабатываемого продукта — осуществление расчета и выбор оптимального состава оборудования ВИЭ комплексной энергетической системы с учетом второго момента распределения (дисперсии) себестоимости выработки кВт · ч. Поиск реализуется через рассмотрение многофакторной математической модели в виде «черного ящика» — объекта с комплексом (технологическим кластером) ВИЭ (рис. 1).

На практике целью многофакторного эксперимента является установление зависимости для дискретной стохастической модели:

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_k).$$

Задача заключается в выборе $x_k$ с «минимальным риском» и минимальной стоимостью вырабо следующих ограничениях:

$$x_0 + x_1 + x_2 + \ldots + x_n = 1;$$
$$x_0 r_0 + x_1 m_1 + \ldots + x_n m_n = A;$$
$$A < r_0;\ x_i \geq 0,\ i = 0, 1, \ldots, n;$$
$$x_i \geq 0,\ i = 0, 1, \ldots, n,$$

где A — допустимый уровень средней стоимости 1 кВт·ч, вырабатываемого кластером ВИЭ ($A < r_0$);

$m = M(Y/a) = x_0 r_0 + x_1 m_1 + x_2 m_2$ — средняя стоимость энергии, вырабатываемой комплексом ВИЭ за единицу времени;

$r_0$ — стоимость эксплуатации дизельгенератора за единицу времени (здесь содержится как стоимость оборудования, так и стоимость обслуживания);

$Y/a = x_0 r_0 + x_1 Y_1 + x_2 Y_2 + \ldots + x_n Y_n$ — стоимость энергии, вырабатываемой кластером за единицу времени (это случайная величина, тогда как первое слагаемое в правой части — не случайная).

В качестве целевой функции для математической модели кластера ВИЭ была принята квадратичная функция от $x_1, x_2, \ldots, x_n$ следующего вида:

$$D(Y/a) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sigma_{ij} x_i y_j \Rightarrow min,$$

где $x_i$ — доли установленной мощности каждого из видов возобновляемых источников энергии, входящих в кластер ВИЭ;

$Y/a$ — стоимость энергии, вырабатываемой кластером за единицу времени;

$\sigma_{ij}$ — выборочная ковариация, посчитанная по выборкам для $Y_i$, $Y_j$.

Это задача выпуклого программирования, которая решается использованием модуля «поиск решения» в Excel. В результате получим вектор $(x_0, x_1, \ldots, x_n)$, задающий оптимальный по составу оборудования кластер ВИЭ. Применительно к кластеру ВИЭ это не что иное, как

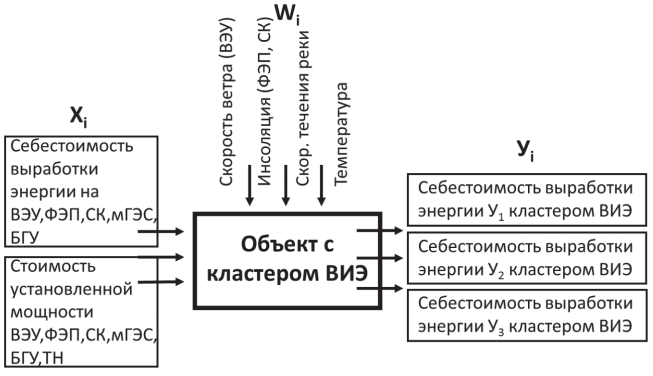


Рис. 1. Алгоритм многофакторной дискретной математической модели кластера ВИЭ

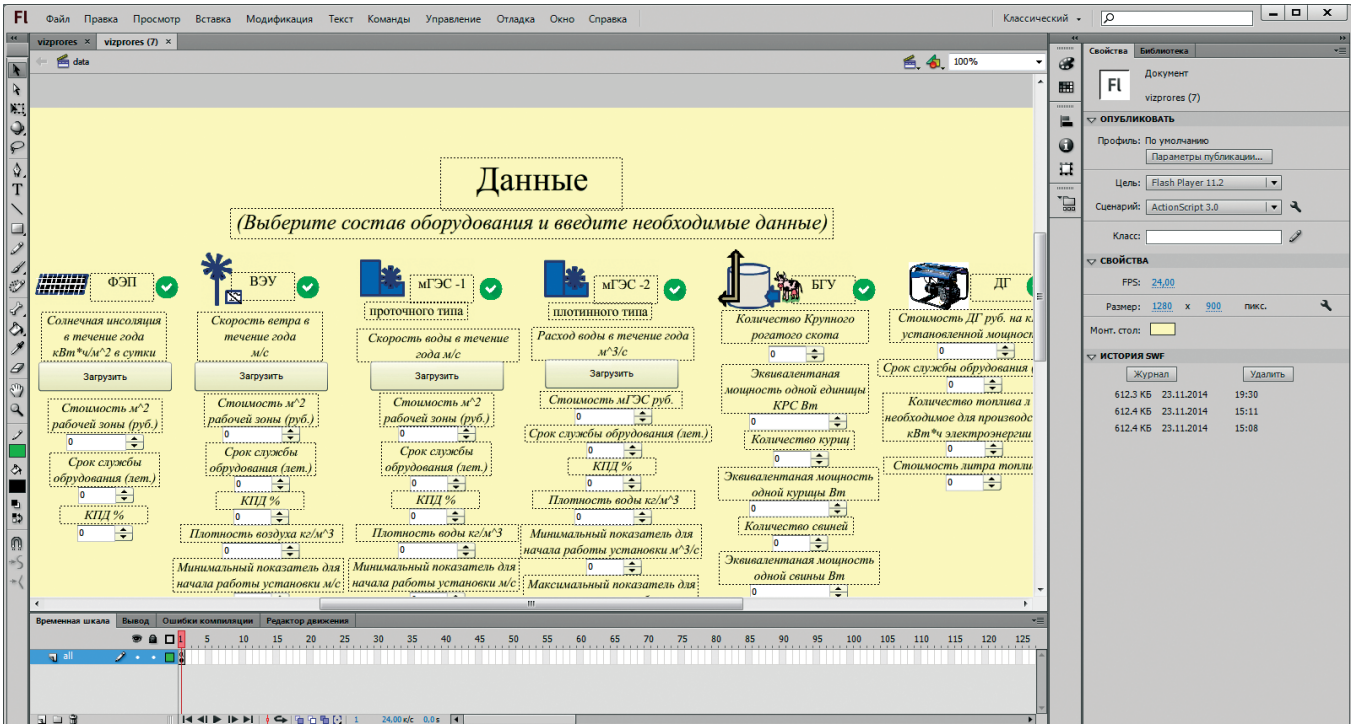


Рис. 2. Среда Adobe Flash Professional CS6

нахождение оптимальных соотношений долей мощности $x_{ДГ}$, $x_{ВЭУ}$, $x_{ФЭП}$, $\ldots x_n$.

Критерием оптимальности служит минимальная стоимость выработки кВт · ч электроэнергии всеми видами оборудования в течение года [3].

Компьютерная программа для оптимизации состава оборудования ВИЭ VizProRES выполнена в среде Adobe Flash Professional CS6 на языке программирования Action Script 3.0 [2] и экспортирована в формат .exe для удобства запуска на различных компьютерах (рис. 2).

Программа VizProRES позволяет выбрать оптимальный комплекс оборудования ВИЭ в составе ветроустановок (ВЭУ), фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), малой гидроэнергетической станции (мГЭС), биогазовой установки (БГУ) и дизельгенератора (ДГ), а также рассчитать оптимальную установленную мощность каждого компонента для данной территории расположения.

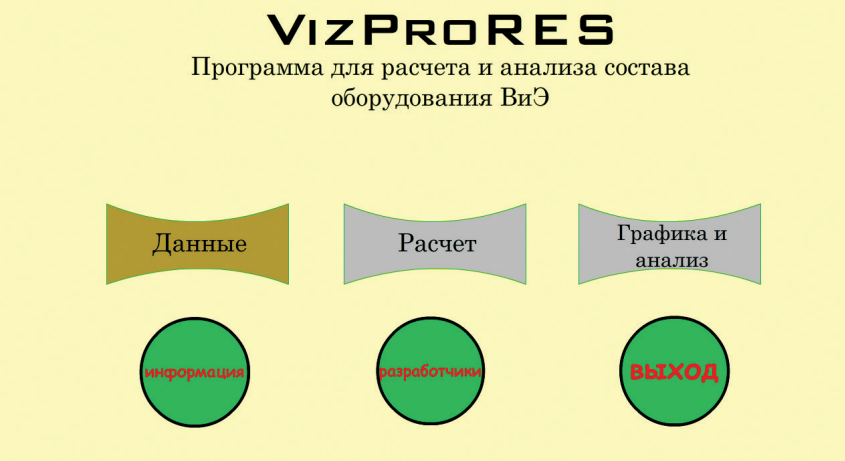


Рис. 3. Стартовое окно программы VizProRES

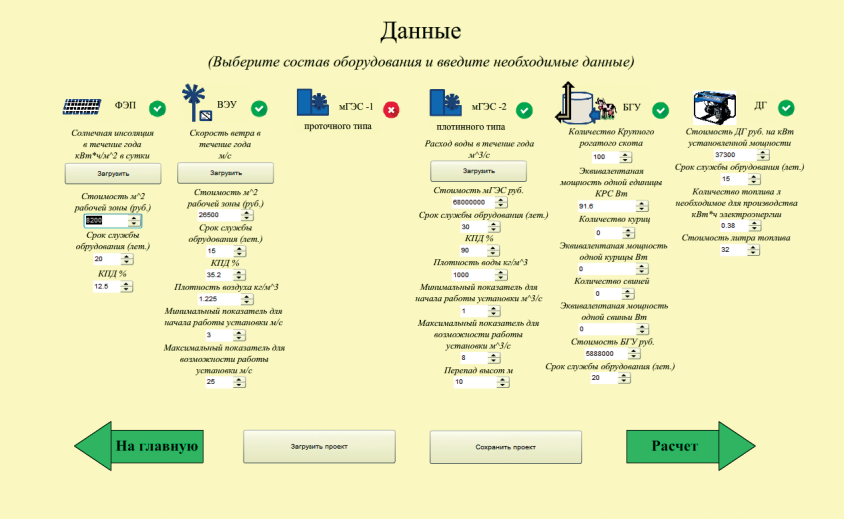


Рис. 4. Окно ввода первичных данных

При запуске программы появляется стартовое окно, представленное на рис. 3. Для ввода данных необходимо активировать соответствующее поле, после чего откроется интуитивно понятное окно ввода (рис. 4), где пользователь выбирает типы установок и задает их параметры. Для загрузки посуточных данных за год (солнечной инсоляции, скорости ветра, расхода воды из пруда, скорости течения реки) в соответствующем поле вводятся данные из файла .txt, содержащем заранее созданный массив данных.

В программе VizProRES существует возможность сохранения выбранных данных и загрузки ранее вводимых данных [2] путем нажатия утилита «Сохранить проект» и «Загрузить проект» соответственно.

После ввода всех необходимых для расчета данных осуществляется переход в окно расчета [1].

Поиск оптимального комплекса ВИЭ осуществляется путем автоматизированного перебора возможных вариантов, в результате чего находится точка, соответствующая минимальной стоимости выработки кВт · ч электроэнергии. Найденные параметры комплекса ВИЭ выводятся на экран в текстовых полях.

Во вкладке «Графика и анализ» (рис. 5) осуществляется построение графика выработки электроэнергии микрогенерирующим комплексом в составе солнечных ФЭП, ветроустановки и аккумуляторных батарей. При этом указываются количество ФЭП, ветроустановок, их характеристики и себестоимость выработки электроэнергии оптимизированным составом оборудования ВИЭ.

Цветное отображение на графике позволяет оперативно и наглядно демонстрировать вклад каждого из возобновляемых источников в выработку энергии в разные периоды года.

Обозначим некоторые выводы:

1. Расчетная модель эффективности комплексной системы ВИЭ позволяет оптимизировать микрогенерирующий энергокомплекс ВИЭ по составу оборудования и критерию минимальной стоимости выработки 1 кВт·ч.

2. Использование в математической модели второго момента распределения (дисперсии) позволяет повысить точность расчетов оптимального состава оборудования ВИЭ до 20–25 %.

3. Выбор оптимального состава микрогенерирующего комплекса ВИЭ с помощью программы VizProRES позволяет снизить капитальные затраты на оборудование, уменьшить эксплуатационные затраты в течение всего срока функционирования системы и повысить надежность электрообеспечения потребителей.

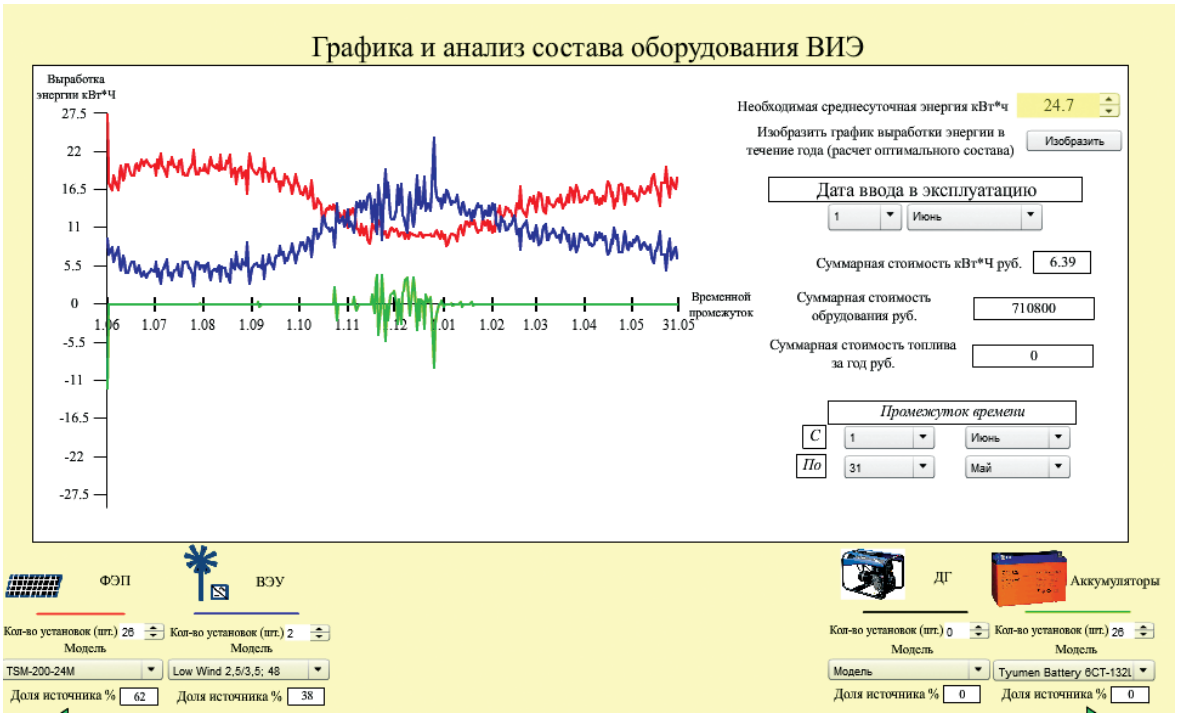


Рис. 5. Окно «Графика и анализ состава оборудования ВИЭ»

***Список литературы***

*1. Васильев Ю. С. Компьютерные технологии в научных исследованиях и проектировании объектов возобновляемой энергетики / Ю. С. Васильев, Л. И. Кубышкин, И. Г. Кудряшева. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. политехн. ун-та, 2008. 259 с.*

*2. Велькин В. И. Разработка математической модели и программы для расчета кластера ВИЭ // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике / В. И. Велькин, М. И. Логинов, Е. В. Чернобай. 2012. Вып. 1. С. 37–48.*

*3. Adobe Systems Incorporated. Использование компонентов ActionScript™ 3.0 Adobe Systems Incorporated. 2008. 198 с.*

*4. Lambert T. Micropower system modeling with HOMER, in Integration of Alternative Sources of Energy, FA Farret and MG Simões / T. Lambert, P. Gilman, P. Lilienthal. Wiley-IEEE Press, 2006. P. 379–418.*

*5. RETScreen International: Results and Impacts 1996–2012 [Electronic resource] / G. J. Leng [et al.] // Minister of Natural Resources Canada, 2004. Access mode: http://www.retscreen.net/ang/impact.php.*

*6. Skelion: A solar energy design plugin for SketchUp. December, 2011 [Electronic resource]. Access mode: http://skelion.com/.*

УДК [37:004]:37.011

# ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА КАК КЛЮЧЕВАЯ КАТЕГОРИЯ ТЕРМИНОСИСТЕМЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

## INFORMATION EDUCATIONAL ENVIRONMENT AS A KEY CATEGORY OF SYSTEM OF TERMINOLOGY OF INFORMATIZATION OF EDUCATION

**Владимир Васильевич Вихрев**

старший научный сотрудник
vvvikh@rambler.ru

ИКОИ «Федеральный исследовательский центр “Информатика и управление” Российской академии наук», Москва, Россия

**Vladimir Vasilievich Vikhrev**

Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

***Аннотация**. В статье на основе анализа научно-образовательного дискурса обосновывается представление об информационно-образовательной среде как о ключевой категории информатизации образования.*

***Abstract**. In article on the basis of analysis of scientific-educational discourse substantiates the idea of the information educational environment as a key category of education Informatization.*