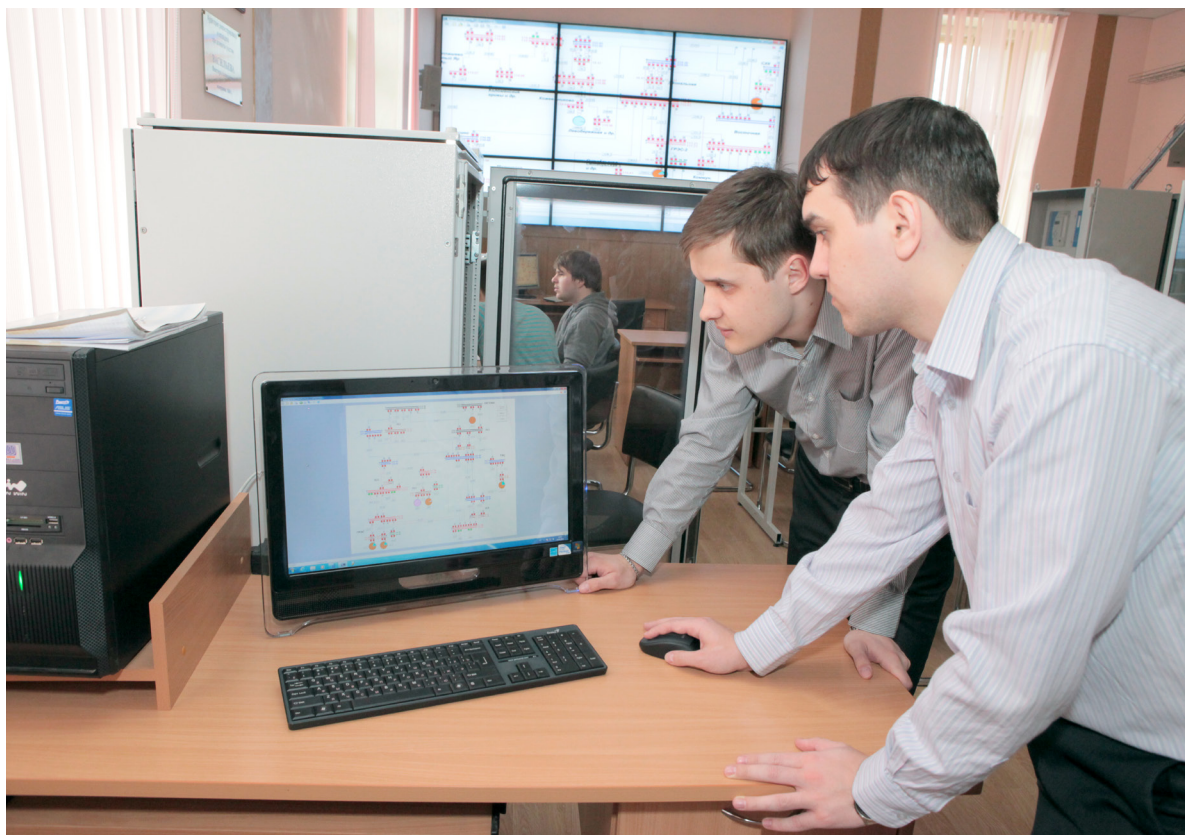


РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ



В.М. ЗАВЬЯЛОВ,

*д. т. н., доцент,
директор
Энергетического
института*



В рамках Программы повышения конкурентоспособности среди ведущих научно-образовательных центров мира (ВИУ), рассматривая энергоэффективность как неотъемлемо существенную часть ресурсоэффективности, Энергетический институт ТПУ в рамках кластера «Устойчивая энергетика» развивает ряд направлений.

RESOURCE EFFICIENT TECHNOLOGIES IN THE USE OF ENERGY SOURCES

VALERIY ZAVYALOV

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Director of TPU Institute of Power Engineering*

The TPU Institute of Power Engineering develops a range of directions in the framework of “Sustainable Energy” cluster.

HYBRID MODELING IN POWER ENGINEERING

The analysis of current network operation including the functioning of devices and FACTS systems needs special modeling which will ensure the solution of different tasks fundamental for efficient management of smart energy systems with adaptive active networks (rus. abbr. IEAAS).

In particular, it is necessary to analyze the dynamic influence of FACTS devices on quasi steady conditions and emergency conditions of IEAAS as well as to develop optimal algorithms for local and systemic control of continual FACTS devices management that will provide safe and effective functioning of IEAAS under various quasi steady and transient normal, emergency, post-emergency conditions and during their operation.

Mathematical modeling serves as the principal method of getting information to solve the indicated problems.

Through the modeling of IEAAS, the mathematical models are significantly simplified and the problem specification is limited. As a result, the completeness and reliability of information are

reduced. Using this information leads to malfunction of the whole process: in projecting, maintenance of power supply and energy systems. It also results in project mistakes as well as in incorrect or non-optimal settings of relay protection devices and technological automatic machinery. It obstructs the work of operating personnel, gives incorrect assessment of working conditions for machinery, distributing network in general and, in particular, it doesn't allow the resource efficiency regimes to be formed and maintained with minimum energy waste.

Hybrid real time simulator developed in TPU Institute of

Power Engineering realizes the elimination of such simplifications and limitations that occur during the modeling of energy systems.

It is proved by research conducted in the framework of pilot project on creating smart energy cluster “Elgaugol” held by “FSK EES OAO” (OJSC).

As a result of tests conducted on the basis of VMK RV EES, it turned out well to form optimal settings of AASOU (Adaptive automatic system of optimal voltage and reactive power control) and to secure the decrease of energy losses by more than 5% in comparison with the figures in project.



ГИБРИДНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Современные мировые тренды, направленные на интеллектуализацию энергосистем и внедрение устройств гибкого управления их параметрами (FACTS), делают проблему получения полной и достоверной информации о процессах в оборудовании и энергосистемах в целом крайне актуальной. Для анализа режимов работы электрической сети с учетом функционирования устройств и систем FACTS необходимы средства моделирования, обеспечивающие решение ряда задач, принципиально важных для эффективного управления интеллектуальными энергосистемами с активно-адаптивными сетями (ИЭААС).

СОВРЕМЕННЫЕ МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЮ ЭНЕРГОСИСТЕМ И ВНЕДРЕНИЕ УСТРОЙСТВ ГИБКОГО УПРАВЛЕНИЯ ИХ ПАРАМЕТРАМИ (FACTS), ДЕЛАЮТ ПРОБЛЕМУ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛНОЙ И ДОСТОВЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПРОЦЕССАХ В ОБОРУДОВАНИИ И ЭНЕРГОСИСТЕМАХ В ЦЕЛОМ КРАЙНЕ АКТУАЛЬНОЙ.

В частности, это необходимо для анализа динамического влияния применяемых устройств FACTS на квазиустановившиеся и аварийные режимы ИЭААС, а также для разработки оптимальных алгоритмов локального и системного управления непрерывным регулированием устройств FACTS, обеспечивающих надежное и энергоэффективное функционирование ИЭААС при всевозможных квазиустановившихся и переходных нормальных, аварийных и послеаварийных режимах и процессах их работы.

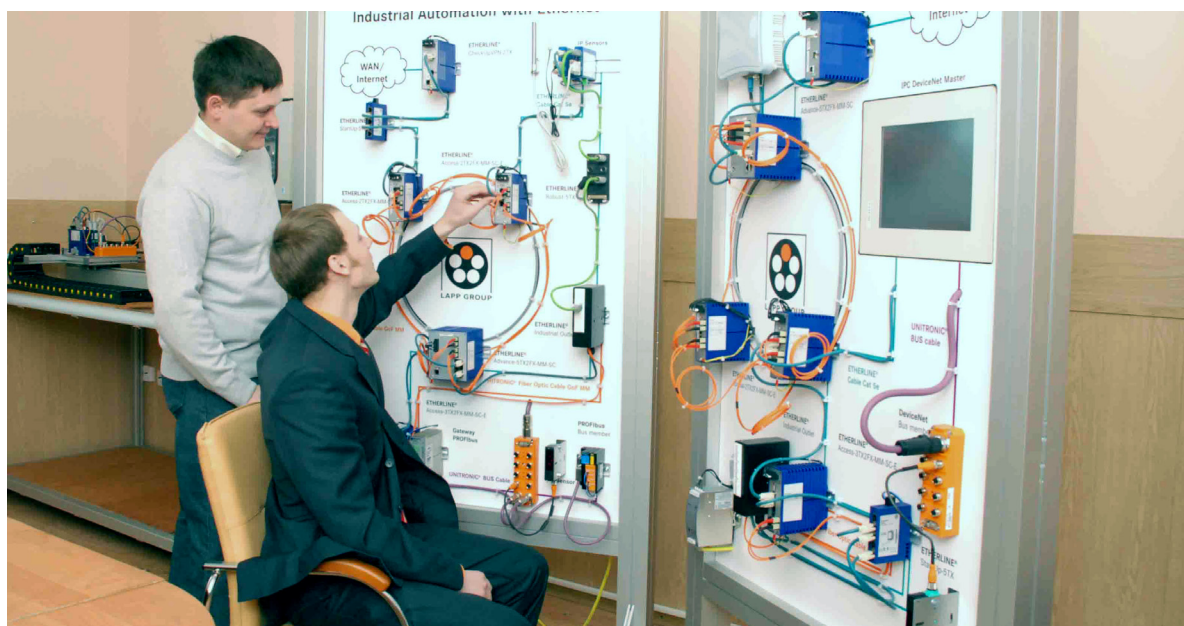
Ввиду недопустимости натуральных экспериментов в энергосистемах и невозможности их полноценного физического моделирования из-за чрезвычайной сложности основным путем получения информации для решения указанных задач служит математическое моделирование. Полнота, достоверность и оперативность такого подхода зависит от двух факторов. Во-первых, от адекватности применяемых математических моделей оборудования, соответственно, электрического района в целом. Во-вторых, от способности используемых средств решения реализовывать его с необходимой точностью и оперативностью.

Теория и многолетняя практика используемых в настоящее время для решения обозначенных задач средств, методической основой которых являются методы численного интегрирования дифференциальных уравнений, показывают, что в рамках данного подхода указанная совокупность факторов противоречива и в нужной мере принципиально нереализуема. Поэтому при моделировании ИЭААС применяются значительные упрощения математических моделей и ограничения условий их решения, вследствие чего теряется полнота и достоверность информации.

Использование полученной таким образом информации ведет к сбою по всей цепочке: при проектировании, эксплуатации системы электроснабжения и ЭЭС; служит причиной проектных ошибок, неправильных или неоптимальных настроек средств релейной защиты, технологической и противоаварийной автоматики; мешает действиям оперативного и обслуживающего персонала; дает ошибочные оценки условий работы оборудования, распределительной сети в целом и, в частности, не позволяет формировать и обеспечивать энергоэффективные режимы с минимальными потерями электроэнергии и т. д.

Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС), разработанный в Энергетическом институте ТПУ, позволяет исключить названные ограничения и упрощения, используемые при моделировании энергосистем. Уникальные свойства и возможности комплекса делают его адекватным инструментом для решения приведенных задач. Доказательством тому служат результаты исследований, полученные в рамках пилотного проекта ОАО «ФСК ЕЭС» по созданию интеллектуального энергокластера «Эльгауголь».





AUTONOMOUS HYBRID SYSTEMS OF POWER SUPPLY WITH THE USE OF SUSTAINABLE ENERGY SOURCES

TPU Institute of Power Engineering conducts a huge range of researches in the field of energy efficient schemes for autonomous hybrid systems of power supply with the use of sustainable energy sources. They display complex solution of choosing the most rational capacity and the type of electric power station, give calculations of power consumption by farms and domestic consumers as well as the showings of economic efficiency for electrotechnical decentralized supply complex. Real projects on implementation of decentralized power supply schemes are realized in Tomsk region and in the Sakha Republic (Yakutia).

At the present moment two projects are approved to be realized: "Wind and solar power plant with the capacity of 25 kW for autonomous power supply in Alataevo village (Parabelsky District, the Tomsk region)" and "Wind and Diesel power plant with the capacity of 100 kW for autonomous power

supply in Novonikolskoe village (Alexandrovsky District, the Tomsk region)".

In 2014 the group of developers from "Tomskteploproekt ZAO" (Close Joint-Stock Company) including Vitaliy Dmitrienko, a TPU postgraduate student, worked out a project called "Construction of photoelectric power plant in Bagatay village, Verkhoyansky ulus, the Sakha Republic (Yakutia)" by request of "RusGidro OAO" (OJSC).

The capacity of the projected power plant is 1 MW. Today it is one of a few power plants in Russia which uses solar energy.

RESOURCE EFFICIENT GENERATION

The project "Conduction of applied research and experimental developments aimed at creation of solid fuel gasification stations for power engineering and industry" is realized by a scientific group of the Department of Nuclear and Thermal Power Plants, TPU.

One of the first noticeable results of the project will be the elaboration of gas generation stations for coal

gasification. Such stations could be built into the technological cycle of heat generating plants. The refined energy gas derived such way will be used instead of natural gas and diesel oil.

Research as well as creation of scientific and technical foundation for using solid fuels in perspective gas generating plants is an actual task aimed at solving such global problems as the resource efficiency of active power engineering units and ones being modernized as well as the minimization of antropogenic influence on environment.

The achieved results will serve as the foundation to create new gas generation plants as well as to elaborate new compositions of solid fuels, to optimize the processes of their gasification and combustion in energy-power units used in fuel and energy industry.

The scientific novelty will be the feature of new constructive and technological decisions for experimental examples of gas generating units for furnace and direct-flow-vortex gasification of coal-water suspension (CWS) with the derivation of refined energy gas. This should be the

Так, на базе ВМК РВ ЭЭС создана программно-аппаратная платформа для тестирования и настройки разрабатываемой в проекте адаптивной автоматической системы оптимального управления и регулирования напряжения и реактивной мощности (ААСОУ), которая в зависимости от режимных параметров в ИЭАЭС должна поддерживать нормативный уровень напряжения во всем энергокластере «Эльгауголь». Кластер включает в себя четыре подстанции и сети высокого напряжения основного потребителя – горнодобывающего комбината.

В результате проведенных на ВМК РВ ЭЭС тестов удалось сформировать оптимальные настройки ААСОУ и обеспечить снижение потерь электроэнергии более чем на 5 % по сравнению с проектными значениями. Работа выполнена группой научно-исследовательской лаборатории моделирования электроэнергетических систем (НИЛ МЭЭС), заведующий – к. т. н., доцент А.О. Сулайманов.

РЕАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СХЕМ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕАЛИЗОВАНЫ В ДВУХ РЕГИОНАХ: ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ).

ГИБРИДНЫЕ АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Большой блок исследований ведет Энергетический институт в части энергоэффективных схем гибридных автономных систем электроснабжения с применением возобновляемых источников энергии. Результаты обобщены в монографиях «Кадастр возможностей», «Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении» и других.

В этих и многих других работах представлен опыт комплексного решения задачи

выбора рациональной мощности и типа электростанций, приведены расчеты графиков энергопотребления типовых сельскохозяйственных и бытовых потребителей электроэнергии, а также показатели экономической эффективности создания электротехнического комплекса децентрализованного снабжения с учетом характеристик ветровых, солнечных и гидроресурсов, которыми обладает конкретный район территории Якутии, Сибири или Сахалина.

Реальные проекты по применению схем децентрализованного электроснабжения реализованы в двух регионах: Томской области и Республике Саха (Якутия). В части «томских проектов» кафедра электроснабжения промышленных предприятий (ЭПП) получила два положительных заключения государственной экспертизы на проектную документацию, смету и результаты инженерных изысканий по двум объектам капитального строительства.

Этому предшествовал этап, когда были собраны, систематизированы, изучены данные по возобновляемым энергоресурсам Томской области. Результаты исследований были представлены профессором Б.В. Лукутиным, доцентами И.О. Муравлевым, М.А. Сурковым в Институте финансового анализа (Томск) и прошли публичную защиту.

Направление проведенного исследования: изучение потенциала использования солнечных, водных и ветровых ресурсов территории. Предмет: потенциальные возможности интеграции ресурсов возобновляемой



Рис. 1. Всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС

start of development work to create competitive apparatus for combined-cycle power units (CCPU) with the capacity of 16-25 MW.

Within three years they expect to achieve first results – in form of active technological units of solid fuel gasification which will be assembled and launched on the basis of one Russian thermoelectric power station.

RESOURCE EFFICIENT AND SAFE TECHNOLOGIES FOR COMBUSTION INITIATION AND INCINERATION OF LIQUID, SOLID, GELLIKE (INCLUDING LOW-GRADE) AND OTHER FUELS

The orientation of this project is to develop the fundamental ideas in the modern theory of heat and mass transfer during ignition of condensed substances as well as to elaborate the scientific foundation for the theory of resource efficient and safe initiation of solid, liquid, gellike and other high-energy materials combustion using local sources with limited power intensity such as small-size hot metal particles.

The experimental methods to study the regularities in the processes of heat and mass transfer in gas medium during combustion of gas fuels by local sources with limited power intensity are developed.

Possible mechanisms and conditions for combustion of many solid, liquid, gellike and dispersed condensed substances by local heating are determined.

Prognostic models that permit to calculate necessary and sufficient conditions for efficient combustion



П.А. Стрижак

of gellike fuel, mix fuels and dispersed coal in specialized units and power plants are created.

The results of operations can be used in the development of efficient technologies for initiation of high-energy materials (solid, liquid and gellike ones) combustion by low-calorie energy sources. These results allow steady combustion of different fuels to be achieved. Furthermore, the power inputs will be a great deal lower (to 30%) in comparison with current technologies.

INCREASE OF THE HEAT ENERGY TRANSFER EFFICIENCY

The project of the power supply scheme for the city of Tomsk was initiated after the release of the RF Governmental Resolution of 22.02.2012 №154 "Requirements to the power supply schemes, to the procedure of their development and approval". The conduction of research and development work was ordered by the city administration.

The electronic model of power supply system in Tomsk is realized in the geoinformational system (GIS) Zulu and includes information about elements of power supply system. It is designed to fulfill heat and hydraulic calculations, to model the changeover and to plot the piezometric charts. One part of the electronic model is a software complex to calculate the reliability.

The electronic model realized using the domestically produced software complex "Zulu Thermo 7.0" makes it possible to carry out the hydraulic calculation of ringed heating systems and to calculate the heat energy balance among the consumers who were cut off the heat supply system in case if some section of heating system is damaged etc.

One component of the electronic model is the program of reliability calculation. It permits to calculate the indices of power supply reliability, to form the walkway of the heat-transfer agent to an arbitrarily chosen consumer with

энергетики с системами децентрализованного электроснабжения Томской области.

В ходе исследования группа проанализировала массив данных, полученных в результате мониторинга гидро-, ветровой и солнечной активностей и в привязке к ним показала потенциал мощностей, которые можно получить плюс к тому, что вырабатывают действующие дизельные электростанции.

В настоящее время проекты «Ветро-солнечная электростанция мощностью 25 кВт для автономного электроснабжения с. Алатаево Парабельского района Томской области» и «Ветро-дизельная электростанция мощностью 100 кВт для автономного электроснабжения с. Новоникольское Александровского района Томской области» приняты к реализации.

В 2014 году по заказу ОАО «Рус-Гидро» группой разработчиков ЗАО «Томсктеплопроект», в составе которой работал аспирант первого года обучения кафедры ЭПП Виталий Дмитриенко, подготовлен проект «Строительство фотоэлектрической станции в поселке Батагай Верхоянского улуса Республики Саха (Якутия)».

Мощность проектируемой станции составляет 1 МВт, и на сегодня это одна из немногих электростанций России единичной мощности, использующих энергию солнца.

Проекты и исследования, проведенные на территории Томской области и в Якутии, выполнены с привлечением студентов и аспирантов двумя научными группами кафедры ЭПП в составе: заведующий кафедрой профессор Б.В. Лукутин (научный руководитель), доценты И.О. Муравлев, М.А. Сурков; доцент С.Г. Обухов, доцент И.А. Плотников.

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ

Проект «Проведение прикладных научных исследований и экспериментальных разработок с целью создания установок газификации твердых топлив для энергетики и промышленности» реализует научный коллектив кафедры атомных и тепловых электростанций (АТЭС) Энергетического института, научный руководитель проекта – доктор технических наук Ю.С. Боровиков.



Ю.С. Боровиков

Поддержка данного направления исследований была получена еще в рамках выполнения программы повышения конкурентоспособности ТПУ, сейчас для реализации этой идеи в полном формате созданы все предпосылки. Предусмотрено государственное финансирование проекта по ФЦП на три года в размере 100 млн руб. в год. Еще 151 млн руб. внебюджетного софинансирования за весь период поступит от индустриального партнера проекта – Фонда поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности «Энергия без границ».

Фонд учрежден компанией «Интер РАО». Соисполнителями проекта со своими интеллектуальными и техническими ресурсами выступают две хорошо известные в профессиональных кругах организации: ОАО «Всероссийский теплотехнический институт» и ЗАО «Компомаш-ТЭК» (Москва).

Одним из первых и ощутимых результатов проекта станет разработка газогенераторных установок по газификации угля, которые можно встраивать в технологический цикл теплогенерирующих предприятий. Полученный очищенный энергетический газ найдет применение вместо природного газа и дизельного топлива.

Исследования и создание научно-технических основ применения твердых топлив в перспективных газогенераторных установках является актуальной задачей, направленной на решение мировых проблем в области повышения ресурсоэффективности действующих и модернизируемых объектов энергетики, снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Полученные результаты послужат основой для создания новых газогенераторных установок, а также разработки новых композиций твердых топлив, оптимизации процессов их газификации, горения в энергосиловых установках, используемых на предприятиях топливно-энергетического комплекса.

Процесс газификации твердых топлив позволит компенсировать недостатки угольных технологий на объектах тепло- и электроэнергетики. Как показывают

ПРЕДУСМОТРЕНО ГОСУДАРСТВЕННОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРОЕКТА ПО ФЦП НА ТРИ ГОДА В РАЗМЕРЕ 100 МЛН РУБ. В ГОД.



Рис. 2. Солнечная электростанция

the aim to determine whether the power supply system is failure-free.

Thereby the electronic map of the city was created which included the display of heating systems, heating sources and consumers. The unique character of the electronic map is that the heat engineers now have a modern, mobile instrument which meets all the requirements of heat supply system in the city. This instrument improves the effectiveness of managing the heat supply system.

Resource efficiency in general and in its elements is an integral

part of educational activity of TPU Institute of Power Engineering and, in particular, of the system of further education which is realized by the chairs of the Institute.

There are advanced training programs which spread the paradigm of energy saving and resource efficiency among the specialists with vocational secondary education and higher education working for power enterprises.

The sections and disciplines of the programs promote to increase the reliability of power supply schemes

and equipment of oil and gas enterprises, electric power stations, substations etc. Thus it affects the energy efficiency.

The disciplines aimed at energy efficiency are the integral part of the Basic educational program including Master's program. Inter alia there are such disciplines as "Sustainable energy sources" (Department of Industrial Electric Power Supply), "Energy-saving modes of electric power sources, complexes and systems" (Department of Electric Drives and Equipment), "Energy saving and resource efficiency" and others.

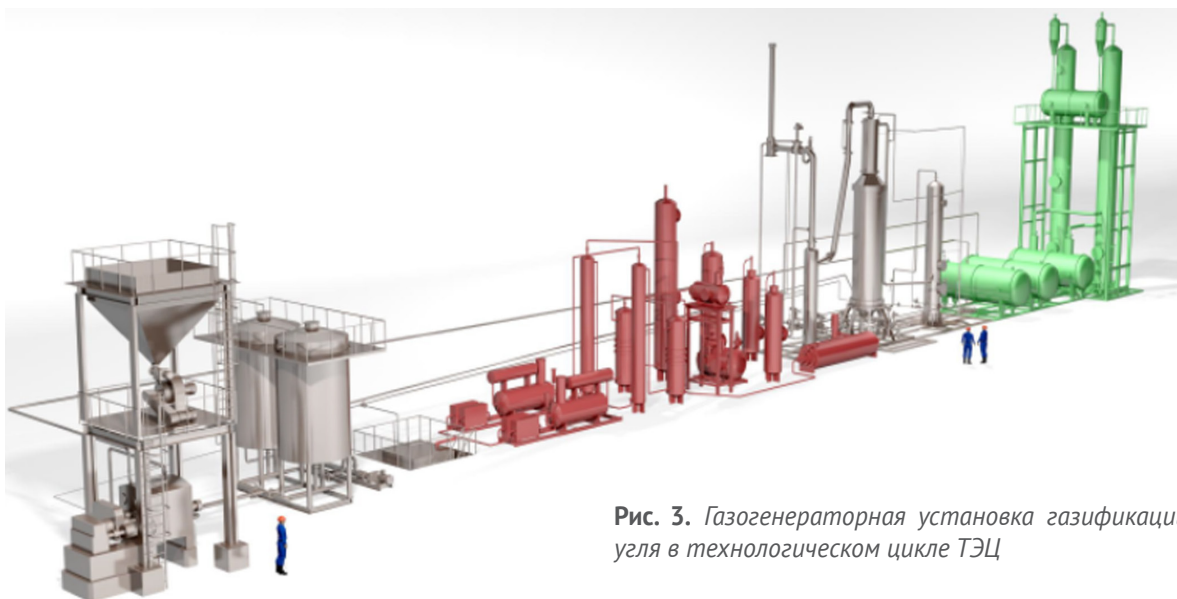


Рис. 3. Газогенераторная установка газификации угля в технологическом цикле ТЭЦ

исследования ведущих ученых, получаемый при газификации углей синтез-газ является более качественным продуктом, содержащим значительно меньше несжигаемого остатка. При этом, несмотря на ряд успешных проектов, остается немало вопросов. Один из них – механизм процесса и материальный баланс получаемых продуктов.

Научной новизной также будут обладать новые конструктивные и технологические решения для экспериментальных образцов газогенераторных установок горновой и прямоточно-вихревой газификации тонкодисперсной водоугольной суспензии (ВУС) с получением очищенного энергетического газа, что, в свою очередь, станет заделом для опытно-конструкторских работ по созданию конкурентоспособных агрегатов для парогазовых

установок (ПГУ) единичной мощности 16–25 МВт.

При этом реально выполнимым становится исследование процессов газификации, воспламенения и горения твердых топлив в окислительных средах, определение температурных полей, кинетики процессов газификации, воспламенения и горения твердых/жидких топлив, установление основных закономерностей, влияющих на выход газообразных продуктов разложения при пиролизе топлива, и т. д.

Первые результаты прогнозируются получить уже в течение трех лет – в виде действующих технологических установок по газификации твердого топлива, которые будут смонтированы и запущены на одной из российских теплоэлектростанций.

Ответственные исполнители проекта – заведующий кафедрой АТЭС А.С. Матвеев, доцент В.Е. Губин, также в проекте задействованы студенты, аспиранты, сотрудники АТЭС, кафедр Энергетического института и других научно-образовательных подразделений университета.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ И БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНИЦИИРОВАНИЯ ГОРЕНИЯ И СЖИГАНИЯ ЖИДКОГО, ТВЕРДОГО, ГЕЛЕОБРАЗНОГО (В ТОМ ЧИСЛЕ НИЗКОСОРТНОГО) И ДРУГОГО ТОПЛИВА

Проект направлен на развитие фундаментальных представлений современной теории тепломассопереноса при зажигании конденсированных веществ, а также разработку научных основ общей теории энергоэффективного и безопасного инициирования горения твердых, жидких, гелеобразных и других видов высокоэнергетических материалов локальными источниками ограниченной энергоемкости – горячими частицами (металлическими и неметаллическими) малых размеров.



В результате проведенных исследований создана группа физических и математических моделей для описания комплекса взаимосвязанных процессов теплопереноса, фазовых переходов и химического реагирования, позволяющих проанализировать условия зажигания конденсированных веществ локальными источниками энергии.

Разработаны экспериментальные методики для изучения закономерностей процессов теплопереноса в газовой среде при газозажигании топлив локальными источниками ограниченной энергоемкости.

Определены возможные механизмы и режимы воспламенения большой группы твердых, жидких, гелеобразных и диспергированных конденсированных веществ при локальном нагреве.

Созданы прогностические модели, позволяющие рассчитать необходимые и достаточные условия ресурсоэффективного зажигания гелеобразных, смесевых топлив и диспергированного угля в специализированных и энергетических установках.

Проводимые исследования поддерживаются грантами Президента РФ (№ МК-2391.2014.8), РФФИ (№ 14-38-50003, № 14-03-31304), некоммерческого партнерства «Глобальная энергия» (№ МГ-2014/04/3). Полученные результаты соответствуют приоритетному направлению развития науки, технологий и техники Российской Федерации (Указ Президента России от 7 июля 2011 г. № 899) «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», а также критической технологии федерального уровня, получившей высокий рейтинг по показателям состояния и перспективам

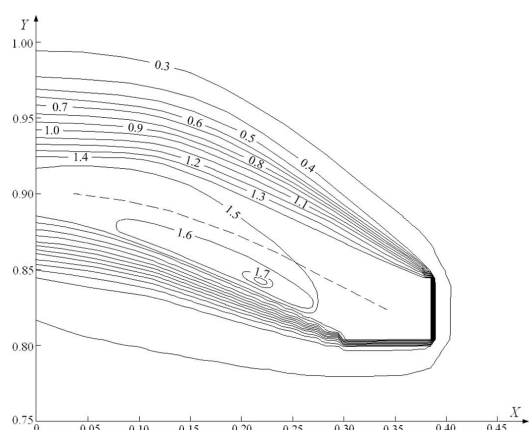
развития, «Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе».

Результаты проведенных работ могут применяться при разработке энергоэффективных технологий инициирования горения высокоэнергетических материалов (твердых, жидких, гелеобразных) малокалорийными источниками энергии и позволяют достигать устойчивого зажигания различных видов топлива при существенно меньших (до 30 %) затратах энергии по сравнению с существующими технологиями.

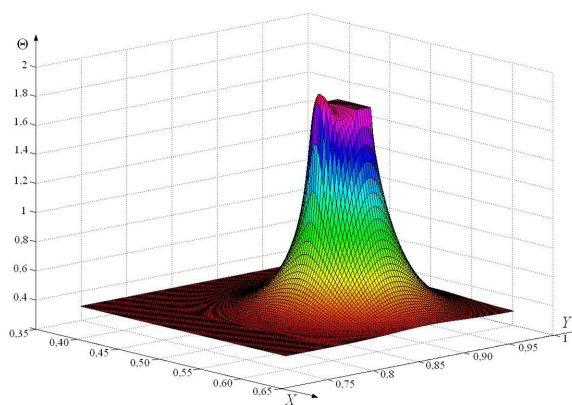
Работа ведется коллективом научно-исследовательской лаборатории моделирования процессов теплопереноса (НИЛ МПТ), заведующий – д. ф.-м. н. доцент П.А. Стрижак.



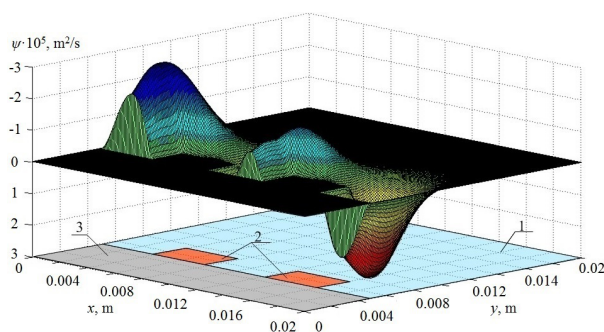
Рис. 4. Визуализация процессов теплопереноса в момент зажигания:



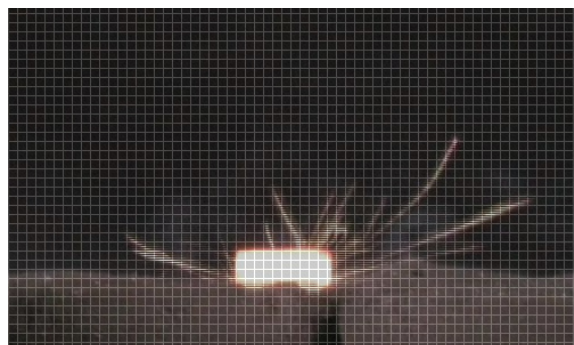
4.1. Изотермы системы «пары горючего – движущаяся частица – воздух»



4.2. Температурное поле системы «жидкое топливо – частица – воздух»



4.3. поле функции тока системы «твердое топливо – группа частиц – воздух»



4.4. кадр видеозаписи эксперимента для системы «твердое топливо – частица – воздух»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Летом 2014 года Министерством энергетики Российской Федерации был утвержден документ, содержащий материалы об эффективности и безопасности функционирования систем генерации и транспортировки тепловой энергии города Томска с учетом планов перспективного строительства до 2030 года.

Проект разработки схемы теплоснабжения города Томска был инициирован вслед за выходом Постановления Правительства РФ от 22.02.2012 № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения», заказчиком на проведение НИОКР стала городская администрация.

Основываясь на техническом задании, выданном коллективу исполнителей кафедры АТП ЭНИН, была выполнена предпроектная проработка схемы теплоснабжения, одним из требований к которой является создание электронной модели для городов с населением более 500 тыс. человек.

В итоге электронная модель системы теплоснабжения г. Томска реализована в геоинформационной системе (ГИС) Zulu, со-

держит информацию по элементам системы теплоснабжения и предназначена для выполнения тепловых, гидравлических расчетов, моделирования переключений, построения пьезометрических графиков. Часть электронной модели представляет собой программный комплекс для расчета надежности.

Каждый объект, представленный в ГИС, имеет базу данных, содержащую соответствующую информацию. В системе предусмотрены средства редактирования инженерных сетей, включающие возможность создания объектов инженерной сети, нанесения сети на карту, а также контроля действий пользователя при определении компонентов сети или изменении ее конфигурации.

Электронная модель, реализованная с помощью отечественного программно-расчетного комплекса Zulu Thermo 7.0, позволяет выполнять гидравлический расчет закольцованных тепловых сетей, моделирование всех видов переключений, расчет балансов тепловой энергии, отключенных от теплоснабже-

ния потребителей при повреждении произвольного участка тепловой сети, и т. д.

Составляющая электронной модели – программа по расчету надежности – позволяет выполнять расчет показателей надежности теплоснабжения, формирование пути движения теплоносителя до произвольно выбранного потребителя с целью расчета вероятности безотказной работы (надежности) системы теплоснабжения относительно этого потребителя.

Таким образом, в ходе работы над схемой теплоснабжения, на реализацию которой ушел ровно год, была создана электронная карта города с теплосетями, всеми источниками тепла и потребителями.

Уникальность ее в том, что специалисты-теплотехники получили современный, мобильный и отвечающий задачам теплоснабжения города инструмент, который поднимает вопрос эффективности управления городским теплотехническим хозяйством на порядок.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, В ХОДЕ РАБОТЫ НАД СХемой ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, НА РЕАЛИЗАЦИЮ КОТОРОЙ УШЕЛ РОВНО ГОД, БЫЛА СОЗДАНА ЭЛЕКТРОННАЯ КАРТА ГОРОДА С ТЕПЛОСЕТЯМИ, ВСЕМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛА И ПОТРЕБИТЕЛЯМИ.

Проект выполнен коллективами кафедр теплотехнического профиля ЭНИНа: автоматизации теплоэнергетических процессов (АТП) – заведующая кафедрой доцент И.П. Озерова; теоретической и промышленной теплотехники (ТПТ) – профессор Г.В. Кузнецов; парогенераторостроения и парогенераторных установок (ПГС и ПГУ) – профессор А.С. Заворин; атомных и тепловых электростанций (АТЭС) – доцент А.С. Матвеев.

Направление энергоэффективности в целом и в элементах, безусловно, находит логичное продолжение в образовательной деятельности Энергетического института ТПУ, в частности, в системе программ дополнительного профессионального образования, которые реализуют выпускающие кафедры ЭНИНа.

Так, например, на кафедре электроэнергетических систем (ЭЭС) действуют программы повышения квалификации, которые привносят парадигму энергосбережения и энергоэффективности в среду специалистов со средним профессиональным и высшим образованием, работающих на предприятиях энергетического комплекса.

В ряду программ такого уровня и направленности: «Релейная

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЭТИ И ДРУГИЕ ПРИМЕРЫ ИЛЛЮСТРИРУЮТ, КАК И ПО КАКИМ НАПРАВЛЕНИЯМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАБОТАЕТ НА РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КАДРОВ, КОТОРЫЕ УМЕЮТ РАЗРАБАТЫВАТЬ, СТРОИТЬ И ВНЕДРЯТЬ ТАКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СТРАНЫ.

защита и автоматика электро-энергетических сетей», «Релейная защита и автоматика систем электроснабжения предприятий нефтяной и газовой промышленности» (руководитель программ – доцент В.Н. Копьев); «Испытания и диагностика электроустановок высокого напряжения» (руководитель – профессор В.А. Лавринович) и др.

Разделы и дисциплины перечисленных программ прямо и косвенно работают на повышение надежности схем электроснабжения, оборудования, в частности предприятий нефтегазового сектора, электростанций, подстанций и т. д., и, следовательно, в конечном итоге – на энергетическую эффективность.

То же самое можно сказать об образовательной программе повышения квалификации специалистов «Современные методы подготовки воды для энергетики». Программа разработана сотрудниками кафедры

ПГС и ПГУ (заведующий – профессор А.С. Заворин), вошла в число победивших на конкурсной основе и реализована в рамках «Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров России на 2012–2014 годы».

Есть примеры междисциплинарного взаимодействия, когда при реализации ППК, направленных на получение новых знаний и компетенций в области энергоэффективности, кафедры работают в тандеме.

И, конечно же, дисциплины, направленные на энергоэффективность, присутствуют в основной образовательной программе, включая ступень магистерской подготовки. В их числе – «Возобновляемые источники энергии» кафедры электроснабжения промышленных предприятий» (руководитель – профессор А.В. Кабышев, «Энергосберегающие режимы электрических источников питания, комплексов и систем» кафедры электропривода и электрооборудования (руководитель – доцент И.А. Чернышов), «Энергосбережение и энергоэффективность» кафедры электрических сетей и электротехники (руководитель – профессор В.Я. Ушаков) и др.

Таким образом, эти и другие примеры иллюстрируют, как и по каким направлениям Энергетический институт работает на развитие энергоэффективных технологий и кадров, которые умеют разрабатывать, строить и внедрять такие технологии на предприятиях энергетического комплекса страны.



Рис. 5. Схема теплоснабжения г. Томска