

Уровень эффективности использования топливно-энергетических ресурсов для удовлетворения энергетических потребностей является индикатором научно-технического и экономического потенциала любой страны. Сопоставление показателей энергоемкости России и развитых западных стран показывает, что удельная энергоемкость валового внутреннего продукта в нашей стране в несколько раз выше, чем в странах, длительное время проводящих последовательную энергосберегающую политику при законодательном регулировании и финансовых преференциях со стороны государства. Отсутствие на протяжении десятилетий концепции энергосбережения в России привело к несовершенству норм, проектов, архитектурно-строительных конструкций и инженерных систем и коммуникаций, что сделало существующие объекты промышленности и жилищный фонд самым энергоемким в мире. Мировой финансовый кризис, истощение природных запасов и глобальное потепление вносят свои коррективы в реалии современной жизни. Для государства в целом, и для отдельных компаний в частности, все более актуальными становятся задачи эффективного энергосбережения и применения энергосберегающих технологий [1]. Для решения этой глобальной задачи не обойтись без подготовки высококвалифицированных кадров, не только обладающих богатой базой инженерной мысли и технического мышления, но и знающих глубинные проблемы России в данной отрасли, а также перспективные направления, по которым сейчас ведется работа в передовых научных центрах мира. Необходимо отметить, что эти вопросы активно решаются в настоящее время во многих передовых российских вузах. В частности, в Казанском национальном исследовательском технологическом университете ведутся разработки по повышению энергетической эффективности химических технологий [2], повышению эксплуатационных характеристик композиционных материалов [3] и многие другие. Именно поэтому нам представляется целесообразным проанализировать работу, проводимую в данном направлении передовыми вузами – как западными, так и отечественными. И первым среди них, на наш взгляд, заслуживает внимания Стэнфордский университет, расположенный в Кремниевой долине (штат Калифорния, США). Примечательно, что его выпускники впоследствии основали такие компании, как Hewlett-Packard, Electronic Arts, Sun Microsystems, Nvidia, Yahoo!, Cisco Systems, Silicon Graphics, и Google. В 2011 году Стэнфордский университет занял вторую позицию в Академическом рейтинге университетов мира, пятое место в рейтинге лучших вузов США по версии Forbes, четвертое место в национальном рейтинге от издания Washington Monthly и пятое место в рейтинге U.S. News & World Report. Он включает в себя научно-промышленный территориальный комплекс (так называемый Стэнфордский научно-исследовательский парк), на базе которого в 2006 году и был основан Центр эффективного использования энергии Прикорты [4]. Цель Центра – развивать энергосберегающие технологии и системы,

опираясь на экономически выгодное широкое использование таких разработок. Здесь работают студенты и аспиранты университета в тесном сотрудничестве с преподавателями и выпускниками, имеющими степень доктора наук. Центр эффективного использования энергии Прикорта работает в четырех основных направлениях: · Строительство: проектирование и возведение жилых и административных зданий с учетом энергоресурсосбережения; · Транспорт: разработка и регулирование городского автотранспорта: легковых автомобилей и фургонов для развозки товаров; анализ транспортной системы; электрификация транспортных средств; · Системы: анализ систем выработки и распределения электроэнергии; взаимодействие сооружений и транспорта; · Поведение: исследования и анализ поведения и принятия решений в области энергоресурсосбережения. Вкратце коснемся нескольких популярных направлений подготовки специалистов Центра, представленных на Энергетическом Саммите, проходившем в Кремниевой долине в июне 2012 года.

1. Новые материалы для использования отходящего тепла в зданиях и транспортных системах. Преобразование термоэлектрической энергии из отходящего тепла является многообещающим направлением для многих транспортных систем и построек. Хотя количество проводимых в этой области исследований значительно увеличилось за последние 15 лет, их практическое применение крайне ограничено по причине коммерческой нерентабельности. Студенты под руководством профессора Гудсона предприняли попытку разработать термоэлектрические материалы, сохраняющие оптимальные термо-, электро- и механические свойства при высоких температурах горения. Был разработан термоэлектрический генератор, который использует отходящее тепло при процессе горения и генерирует из него электрический ток и электроэнергию, таким образом, повысив общую производительность системы. Проводятся работы по усовершенствованию термоэлектрических материалов, используя наноструктурирование, т.е. наностолбики и наносферы, в частности оптимизация свойств данных материалов. Систематически организуются эксперименты, демонстрирующие повышение эффективности. В исследованиях термоэлектрических свойств используется наносекундный пространственно-временной коэффициент отражения теплового излучения, пикосекундная фототермальная отражательная способность и охватывающее разные слои тепловидение. В лаборатории по проблемам передачи тепловой энергии профессора Гудсона также разрабатывается межфазный материал из углеродных нанотрубок, который должен улучшить внедрение термоэлектрических генераторов. Лаборатория активно сотрудничает с представителями промышленности и академическими кругами на интердисциплинарном уровне.

2. Энергосберегающие разлагаемые микроорганизмами пеноматериалы для строительных теплоизоляционных панелей. Интерес к данной теме обусловлен тем фактом, что жилищные и

административные строения потребляют около 40% всей энергии в США. За 2005 год эти здания потратили 36% предоставляемой им энергии на обогрев и охлаждение помещений. В большей степени это объясняется характеристиками наружной обшивки зданий, не способной поддерживать комфортную температуру в помещениях. Значительных улучшений удалось достичь, используя строительные теплоизоляционные панели из энергосберегающих разлагаемых микроорганизмами пеноматериалов. Дальнейшие работы по их усовершенствованию проводятся под руководством профессора Кёртиса Франка. К другим сферам исследований Центра относятся: технологии беспроводных сенсорных сетей для «разумных зданий», исследование поведения граждан относительно энергосбережения и изменений климата, анализ и оптимизация поставок энергии возобновляемых источников и многие другие. Анализ перечисленных направлений подготовки специалистов Центра эффективного использования энергии Прикорта при Стэнфордском университете позволяет сделать вывод, Другим заслуживающим внимания примером развития перспективных направлений подготовки специалистов в области энергоресурсосберегающих технологий является Швейцарская федеральная научно-исследовательская организация ЕМРА, включающая 27 лабораторий материаловедения и технологий, которая совместно со Швейцарской высшей технической школой Цюриха [5] и Федеральной политехнической школой Лозанны (Франция) [6] позволяет бакалаврам, магистрантам и докторантам проводить свои исследования на своей высокотехнологической базе под руководством профессоров вышеуказанных университетов. Данные исследования ориентированы на удовлетворение требований промышленности и нужд общества и связывают проблемно-ориентированные исследования и практическое внедрение новых идей, осуществляют связь науки и промышленности, а также науки и общества [7]. Одним из направлений исследовательской деятельности ЕМРА является разработка полимерных фотоэлементов. Обычные фотоэлементы основаны на кремниевой технологии. Из-за высокой производственной себестоимости такие фотоэлементы не могут конкурировать с выработкой электроэнергии из ископаемого топлива (сжиганием угля и натурального газа) и даже с другими источниками возобновляемой энергии, такими как ветровая и гидроэнергия. В связи с этим ведется разработка более экономичных альтернатив. Полупроводниковые структуры на полимерной основе можно создавать и обрабатывать более простыми методами, используя низкочастотные процессы печати и нанесения покрытий. Это стало возможным благодаря наноструктурированию. Органический полупроводниковый материал должен разделить возбужденное состояние молекул, вызванное поглощенным светом, на носителей положительного и отрицательного заряда. В этом смысле оптимально использовать наноструктурные двухфазные материалы, состоящие из донора и

акцептора электронов. В исследованиях ЕМРА эти наноструктуры получают путем молекулярной самоорганизации. Один чрезвычайно перспективный метод заключается в нанесении на основу тонкого слоя донора электронов с последующим напылением акцептора электронов. Чтобы структурировать первый слой, используется полимерная смесь, содержащая дополнительный полимер в добавок к донору электронов. Этот добавочный полимер затем удаляется нанесением избирательного растворителя, таким образом создавая требуемые наноструктуры донора электронов. Кристаллические фотоэлементы, изготовленные из кремния, являются наиболее распространенными на рынке фотоэлементов, охватывая около 90% рынка. Они обладают сравнительно высоким коэффициентом превращения энергии, который составляет 12-16%. Однако высокая себестоимость производства сдерживает дальнейшее распространение гелиотехнологии. В лабораториях ЕМРА ведутся разработки усовершенствования материалов и самого процесса производства кристаллических фотоэлементов с целью снизить себестоимость производства. Фотоэлементы состоят из тонкой кремниевой подложки, соединенной с электрическими контактами. Однако, изготовление таких кремниевых пластин толщиной 0,3 мм на данный момент дорогостоящая задача: потери материала при разрезании кремниевых блоков вместе со стоимостью самого исходного материала составляют треть общей суммы производственных расходов. Если бы удалось производить более тонкие пластины, используя оптимизированный процесс резки, фотоэлементы данного типа можно было бы производить со значительно меньшими затратами. Данные разработки ведутся совместно с Университетом Невшателя (Швейцария, французская часть). Их цель – улучшить процесс резки путем технологического моделирования. Жаропрочные материалы – еще одно перспективное направление исследований ЕМРА. Новые энергосистемы нуждаются в материалах, способных выдерживать крайние внешние условия, такие как температура, радиационное воздействие, коррозионная среда и механическая нагрузка. Чтобы разработать такие материалы необходимо понять как происходит повреждение материала на его поверхности и как оно проникает вглубь материала. В лабораториях ЕМРА проводится исследование повреждений материала под воздействием предельно тяжелых условий эксплуатации, например при воздействии радиации на материалы, задействованные в ядерной энергетике при температуре рабочего процесса 1000 градусов Цельсия. Исследование в основном направлено на процессы, которые отрицательно влияют на механические свойства поверхности и ключевые механизмы, приводящие к ее повреждениям. Таким образом, микроскопически маленькие образцы вырезаются из поверхности материала фокусированным ионным пучком (ФИП) и подвергаются нагрузке под давлением посредством миниатюризированной механической системы под электронным микроскопом. Это позволяет исследователям определить механические свойства

материала (твердость, эластичность и упругость), а также характер деформации образца. Необходимо отметить, что разработки в области энергоресурсосбережения активно ведутся и на территории СНГ. Едва ли можно найти университет естественно-научного профиля, не проводящий исследования в данной области. Проведенный нами анализ направлений данных работ позволяет выделить проблемы повышения энергоэффективности на предприятиях как одно из наиболее востребованных направлений. Этой проблемой занимаются в частности в Дальневосточном государственном университете путей сообщения, Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, Днепропетровском государственном техническом университете, Самарском государственном техническом университете, Вологодском государственном техническом университете и ряде других. Предпосылкой данным исследованиям служит тот факт, что снижение энергопотребления предприятиями требует внедрения системы управления процессами энергосбережения, структура которой включает в себя три основных уровня [8]. Первый уровень управления процессами энергосбережения соответствует поиску решений, направленных на конкретные технические и технологические разработки, способствующие снижению энергопотребления. На первом уровне управления процессами энергосбережения предполагается предварительное рассмотрение возможностей снижения энергопотребления объектами предприятий за счет: оптимизации режимов использования оборудования в технологических процессах, экономии электроэнергии в осветительных установках, экономии электроэнергии управлением качества электроэнергии. Кроме того, на первом уровне управления процессами энергосбережения необходимо: внедрение системы энергетического менеджмента и разработка научно-технической документации по реализации энергосберегающих технологий с оценкой возможностей экономии энергии; приобретение энергетически эффективного оборудования; оценка эффективности коммерческих приборов учета энергоносителей. Оптимизация потребления энергетических ресурсов предприятиями требует применения системы управления процессами энергосбережения, базирующейся на внедрении системы энергетического менеджмента. Решению проблемы энергосбережения на предприятии способствует внедрение разветвленной автоматизированной системы учета и управления потреблением энергоресурсов. На основе этой информации должно обеспечиваться эффективное оперативное управление энергопотреблением, долгосрочный анализ энергопотребления, выработка мероприятий по экономии энергии и оценка результатов этих мероприятий. Этап диагностики и контроля состоит из систематически осуществляемого сбора данных по энергопотреблению на объектах предприятий, их анализа и сравнения. Определение потребления энергии по отдельным технологическим процессам может осуществляться как посредством

измерений и вычислений, так и на основе использования имитационного моделирования. В современных условиях подготовка специалистов узкого профиля не представляется целесообразной, поскольку конкретные знания быстро устаревают. Поэтому завершение подготовки специалистов должно взять на себя само предприятие. Внедрение принципов менеджмента в управление процессами энергосбережения может происходить по двум направлениям: подготовка менеджеров-профессионалов и повышение квалификации менеджеров-практиков. Подготовка менеджеров-профессионалов может осуществляться в высших учебных заведениях по учебным планам, предусматривающим подготовку высококвалифицированных специалистов, инженеров-менеджеров с фундаментальными знаниями в области менеджмента на базе высшего технического образования. Повышение квалификации менеджеров-практиков должно осуществляться в специализированных учебных центрах повышения квалификации и переподготовки. Системный подход к обучению персонала предприятий включает в себя непрерывное профессиональное обучение, которое должно происходить не реже одного раза в пять лет с отрывом от производства и не реже одного раза в год без отрыва от производства. Проблемой повышения квалификации специалистов с длительным отрывом от основной работы является недостаточность очной формы обучения для знакомства с новинками техники и технологий, появляющимися чаще, чем необходимость сдавать квалификационные экзамены. Поэтому целесообразно обращение к дистанционному режиму повышения квалификации, позволяющему построить систему регулярного обучения персонала предприятий энергосберегающим технологиям. Второй уровень управления процессами энергосбережения предназначен для оптимизации энергопотребления предприятиями. Именно этот уровень является базовым при управлении энергопотреблением. На каждом предприятии количество отдельных электроприемников настолько велико, что практически нереально составить его полный перечень с указанием режима работы за год. В таких условиях целесообразно применение рангового анализа, позволяющего упорядочивать информацию, осуществлять прогнозирование электропотребления отдельными объектами и инфраструктурой в целом, выявлять в динамике и наглядно представлять объекты с аномальным электропотреблением. Обследование энергопотребления объектами предприятий должно включать в себя статистический анализ и построение эмпирической модели энергопотребления. Кроме того, целесообразно создание информационно-аналитического комплекса, в состав которого должны входить: электронная база данных энергетических паспортов объектов предприятий, прогнозирование энергопотребления, определение аномально потребляющих энергию объектов, нормирование энергопотребления. В качестве предложений по оптимизации энергопотребления могут быть: прогнозные оценки, предложения по

энергоаудиту, нормы энергопотребления, предложения по развитию, проекты нормативных актов. На третьем уровне управления процессами энергосбережения должно осуществляться стратегическое управление — планирование и прогнозирование энергопотребления предприятиями. На данном этапе разрабатывается и осуществляется оптимальный план проведения энергосберегающих мероприятий. При разработке такого плана ставится задача минимизации числа контрольных энергетических обследований, проводимых для проверки аномальных данных о потреблении ресурсов. План должен предусматривать проведение энергосберегающих работ преимущественно на объектах с высоким потенциалом энергосбережения, но имеющих аномально высокое потребление ресурсов. На объектах с завышенным потреблением ресурсов обосновывается необходимость проведения комплекса энергосберегающих мероприятий, начинающихся с энергетических аудитов. Целесообразна разработка концепции развития и модернизации оборудования предприятий, основанная на внедрении энергоэффективного оборудования. Актуальной является задача определения приоритетных направлений технологических процессов с целью формирования последовательности дальнейшей работы по энергосбережению объектов предприятий. Для определения экономических последствий нарушений электроснабжения необходимо построение экономико-математических моделей с учетом влияния вероятностных факторов и неполноты исходной информации на конечный результат расчета — величину ожидаемого ущерба. Разработку их целесообразно проводить в двух направлениях: моделирование последствий для конкретных объектов и создание универсальных моделей, отражающих общие закономерности влияния нарушений электроснабжения на ход технологического процесса потребителей электроэнергии. Для потребителей, включаемых в графики ограничения и временного отключения электроэнергии, должны быть согласованы величины аварийной и технологической «брони» — объемы минимальной поставки электроэнергии потребителю, необходимые для предотвращения опасных последствий и сокращения ущерба. В этой связи одна из важнейших проблем — решение комплекса задач учета экономических требований потребителей электроэнергии предприятий к эффективности функционирования системы электроснабжения [9]. Таким образом, можно сделать вывод о том, что тема энергоресурсосберегающих технологий является актуальной и востребованной во всем мире, включая самые передовые вузы планеты. Это связано как со стремлением снизить издержки производства, так и сохранить нашу планету, сократив количество потребляемых ресурсов. Как мы смогли увидеть, направления исследований в данной области очень разнообразны, однако объединяющим звеном в них является то, что все они являются междисциплинарными, находятся на стыке двух и более наук и требуют комплексного подхода. Эта тема очень важна и для российской науки,

т.к. по оценкам международных экспертов в области энергоэффективности, в результате внедрения энергосберегающих технологий затраты электроэнергии в России могут быть сокращены на 45%, что эквивалентно объему годового энергопотребления Франции. Летом 2009 года президент России Дмитрий Медведев назвал энергоэффективность приоритетной задачей в технологическом развитии российской экономики. К 2020 энергоемкость экономики страны должна сократиться на 40%. Для того, чтобы достичь столь внушительных результатов целесообразно систематически изучать опыт и достижения в этой области передовых университетов мира.