Паропоршневое будущее малой энергетики России

На просторах нашей Родины можно встретить необычные энергетические «картины». Вообразите: лесной массив, трасса с мощной высоковольтной ЛЭП, небольшой дачный участок и… ветроэнергетическая установка для выработки нескольких киловатт электричества.

Такой пример наглядно демонстрирует жизнеспособность малой энергетики в России и ярко отражает достаточность для отдельных потребителей собственного энергоисточника.

«Малый» пар

В технологиях малой энергетики развитых зарубежных стран, таких, как, в частности, Германия, США, Чехия и Швеция, за последние годы прослеживается определенная тенденция к разработке и внедрению паровых машин нового поколения. Иной раз можно увидеть современную мини-ТЭЦ с этими двигателями, построенную, по сути, на базе паровой котельной. Фрагмент ее электротепловой схемы представлен на рис. 1, где 1 – паровой котлоагрегат; 2 – паровая поршневая машина; 3 – электромашинный генератор переменного тока трехфазной системы «ABCN»; 4 – пароводяной бойлер-водоподогреватель; 5 – абсорбционная паровая холодильная установка (опционально); потоки соответственно ПСВП, ПОВП – свежего и отработавшего водяного пара, ПВТ1, ПВТ2 – воды холодной или обратной (при температуре T1) и горячей или прямой (при температуре T2), ПВК, ПОВ – водяного конденсата и охлажденной воды.

У такой мини-ТЭЦ электрический коэффициент полезного действия может быть равен всего-то 6,5 процента! Правда, работают паромашинные мини-ТЭЦ, скажем, на древесных отходах, и коэффициент полезного использования теплоты сгорания топлива составляет у них около 85 процентов. Так что это такое – регресс с возвратом к прошлому? А может, наоборот – хорошо продуманная инновация, звучащая на нашем родном языке как «нововведение»?

Последняя формулировка представляется более правильной, если обратиться к тому самому принципу достаточности, с которого началась статья. В котельных России получают распространение отечественные электрогенераторные установки с паровыми турбинами небольшой мощности (до нескольких мегаватт). Речь идет о попутном производстве электроэнергии, обычно для собственных котельных нужд в комбинированном с выработкой тепловой энергии режиме. «Электрическая» доля составляет процентов пять от получаемой тепловой мощности. Тогда выходит, что при небольших мощностях и работе, в особенности, на насыщенном паре давлением порядка 14 атмосфер коэффициент полезного действия турбин не превосходит общеизвестный «паровозный» (менее 10 процентов).

Коммерциализация

Потребность в мини-ТЭЦ с каждым годом возрастает по причине, в том числе, постоянного роста тарифов на электроэнергию, что, в конечном итоге, может не лучшим образом отражаться на стоимости отечественной продукции, например, сельского хозяйства, ее конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках, качестве жизни населения. Кроме этого, надежность систем централизованного энергоснабжения, особенно сельских потребителей, с каждым годом тоже особо не увеличивается.

Однако паротурбинные мини-ТЭЦ по удельному расходу пара на выработку электроэнергии уступают аналогичным электростанциям, но с современными паровыми поршневыми двигателями, которые успешно используются в зарубежных странах (Германии, Чехии, Италии, Швеции, Эфиопии и ряде других). Там есть спрос на мини-ТЭЦ с паровыми моторами Spilling и PM-VS PolyComp a.s., микроТЭЦ lion-Powerblock. Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии в этих установках составляет 100-115 г/кВт-ч, что получается, как минимум, в 1,3-1,5 раза меньше, чем у паротурбинных теплофикационных установок, и в 1,25-2 раза меньше по сравнению с дизельными электростанциями без утилизации тепловой энергии выхлопных газов. Поршневые двигатели для паросиловых ТЭЦ небольшой мощности являются более простыми по своей конструкции, надежными, долговечными и непритязательными в эксплуатации, могут создаваться на базе серийных поршневых двигателей внутреннего сгорания, обслуживаться специалистами более низкой квалификации, чем это требуется турбинам, и ремонтироваться непосредственно на месте работы.

Наш «паровоз»

Немаловажным фактором появления «зеленого света» на пути избавления от инерции человеческого мышления в отношении стереотипов об однозначной неэффективности паровых поршневых машин можно считать такое обстоятельство. В 2011 году под руководством академика РАН и генерального директора ОАО «Энергетический институт имени Г. М. Кржижановского» Э. П. Волкова была выполнена работа по тематике «Разработка программы модернизации электроэнергетики России на период до 2020 года» (с электронной копией отчета можно ознакомиться на информационном портале о новых решениях в учете энергоресурсов «Умные измерения» в сети Internet по адресу: http://smartmetering.ru/common/upload/Minenergo_proekt.pdf). В подпрограмме «Развитие возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» отмечен, в частности, разработанный ОАО «Волжский дизель имени Маминых» энергетический комплекс для утилизации твердых органических отходов на базе паропоршневого (!) двигателя мощностью до 500 кВт. Вот оно – действительно первое за всю историю современной России упоминание на высоком ученом авторитетном уровне о паровых машинах нового поколения. Как говорится: «Дождались!». Правда, здесь есть один очень важный момент.

Термин «паропоршневой двигатель» в современном смысле его толкования (не «игра» слов) был впервые введен в научный и технический оборот в конце 2005 года специалистами научной группы «Промтеплоэнергетика» тогда только Московского авиационного института (ныне – еще и Московского энергетического института, Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии, Королёвского колледжа космического машиностроения и технологии, Московского института энергобезопасности и энергосбережения). О паропоршневых двигателях тогда была опубликована статья «Паровым машинам быть!» в одном из старейших отечественных рецензируемых периодических изданий – производственно-техническом журнале «Промышленная энергетика» (№ 1/2006). Под такими двигателями стали понимать высокооборотные паровые поршневые машины с высокими эксплуатационными свойствами, частота вращения выходного вала которых превосходит 1000 об/мин. Позже, в 2008 году, было введено уточнение – «…1000 об/мин и более» (статья «Сравнительная оценка газопоршневых, паротурбинных и паропоршневых электростанций» в № 8/2008 того же журнала). После этого термин «паропоршневой двигатель» как бы негласно и окончательно закрепился за научно-техническими и практическими разработками паровых поршневых машин нового поколения именно «Промтеплоэнергетики». Нет уверенности в том, что «паропоршневые» двигатели «Волжского дизеля» характеризуются такими же скоростными качествами.

Так или иначе, определенно ясно: интерес специалистов к паровой поршневой технике для нужд малой энергетики начинает в России понемногу «просыпаться». Даже «турбинисты» стали использовать паровые машины! Каким образом? В России существует фирма с самым что ни на есть «паромашинным» названием – ЗАО «Малые паровые машины» (город Санкт-Петербург) по разработке, производству и внедрению лопаточных и винтовых паровых турбин единичной мощностью до 3 МВт, предназначенных для работы в промышленных и отопительных паровых котельных. Может паровая машина в наши дни становится неким почетным и модным «символом» эффективности и долговечности? Последнюю можно даже ощутить: наглядное подтверждение феноменального срока службы паровых машин уже без малого 100 лет (!) плавает по водным просторам нашего Отечества. Это – единственный действующий в России колесный пароход «Николай Гоголь». Его изготовили на Сормовском заводе аж в 1911 году!

Паропоршневое «детище» научной группы «Промтеплоэнергетика» не оказалось и без стороннего изобретательского внимания. Ученый и изобретатель, кандидат технических наук Е. Н. Камайданов из ВИЭСХ Россельхозакадемии в соавторстве с другими специалистами придумал перспективный высокоэффективный способ утилизации органических отходов (российский патент на изобретение RU 2442757) с использованием в качестве теплового двигателя паропоршневой машины. В формуле изобретения сказано, что данным способом возможно полезно утилизировать органические отходы влажностью 90-97 процентов и зольностью не более 40 процентов путем биологической газификации с получением биогаза и термической газификацией сгущенной и высушенной фракции отходов с выработкой генераторного газа и промывных вод. В реализующей способ энергетической системе предусмотрено и термодинамическое преобразование низкопотенциальной тепловой энергии в высокопотенциальную энергию перегретого пара с последующей генерацией электроэнергии при непосредственном использовании паропоршневой машины пароконденсатного цикла и двигателя внутреннего сгорания для работы по циклу Отто на биогазе и генераторном газе. Перегрев пара реализуется в теплоутилизационном аппарате за двигателем внутреннего сгорания, а отработанный пар из паропоршневой машины направляется в аккумуляционный водонагреватель с целью получения горячего теплоносителя для нужд внешних потребителей и аэробной обработки исходных отходов.

А в журнале «Вестник ВИЭСХ» (№ 1/2012) в научной статье Е. Н. Камайданова об использовании биоэнергетического потенциала биоотходов для устойчивости функционирования небольших животноводческих ферм тоже отмечается хорошая перспектива паропоршневых двигателей (машин), создаваемых именно группой В. С. Дубинина. В рамках концепции повышения энергетической безопасности и снижения себестоимости продукции свиноферм наибольший интерес, по мнению Е. Н. Камайданова, представляет генерация пара для выработки механической (либо электрической) и тепловой энергии в замкнутом пароконденсатном цикле по технологической схеме «паровой котел с пароперегревателем – паропоршневая машина – теплофикационный или конденсационный блок».

Как современная, паропоршневая технология внесена в справочник «Котельные и электростанции на биотопливе», выпущенный в 2008 году авторитетным в отрасли издательским домом «Международная биоэнергетика» совместно с биотопливным Internet-порталом wood-pellets.com. Информация о ней размещена даже на электронном портале Российской государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности «Энергоэффективность» (http://gisee.ru/articles/technologies_sub/27121) в разделе технологий, рекомендованных к внедрению на энергетических объектах потребителей!

Руководитель

Истоки и исследования из области паропоршневой энергетики неразрывно связаны с бессменным руководителем «Промтеплоэнергетики» Владимиром Сергеевичем Дубининым – настоящим ученым и практиком с Большой буквы. Именно он возглавляет разработку паропоршневых двигателей, являясь старшим научным сотрудником кафедры «Конструкция авиационных двигателей» МАИ. В его научном архиве насчитывается более пятидесяти печатных работ, а из них десять статей опубликованы в таких рецензируемых журналах, как «Промышленная энергетика» и «Энергобезопасность и энергосбережение». Причем все это – по поршневой тематике!

Уникальна и его монография «Обеспечение независимости электро- и теплоснабжения России от электрических сетей на базе поршневых технологий», выпущенная в 2009 году «Издательством Московского института энергобезопасности и энергосбережения», название которой «говорит» само за себя. После заката паровозно-локомобильной эпохи подобный труд издается в нашей стране впервые!

Испытания

Каковы же сегодняшние свершения для воплощения в реальность паропоршневого будущего малой энергетики России? Вот наиболее свежая информация. Испытания экспериментального образца паропоршневого двигателя на базе бензинового мотора мощностью в несколько единиц киловатт с асинхронным электрогенератором на валу ведутся в котельной «Текстильщик» теплосети подмосковного наукограда Королёва.

Упрощенная электротепловая схема этого электроагрегата показана на рис. 2 и весьма наглядна для понимания. На ней введены следующие сокращения: ССАУ – сигналы от системы автоматизированного управления электроагрегатом; ППА – паропоршневой агрегат с приводным двигателем и асинхронным электрогенератором; ПВТ – пароводяной теплообменник для подогрева воды на нужды тепло- или горячего водоснабжения потребителей; БВ – блок возбуждения электрогенератора; БУЗ – блок управления и защиты электрогенератора; СУ – узел, связанный с системой управления электрогенератором; ЗА – узел защитной автоматики электрогенератора; РУ – распределительное устройство на напряжение до 400 В; ЭП – электроприемники потребителя. Пунктирной линией на рис. 2 условно показана электрическая связь, отражающая возможное расширение состава электроагрегата до параллельно работающей многодвигательной генераторной конфигурации.

По информации молодежной инновационной компании «ООО «Новая энергия» (Москва), сотрудничающей с научной группой «Промтеплоэнергетика», рабочий макет паропоршневого двигателя на базе серийного бензинового одноцилиндрового мотора УД-1, напрямую приводящий асинхронный электрогенератор на основе одноименного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, уже успешно был продемонстрирован руководству ОАО «Теплосеть» города Королёва. Электроагрегат питал нагрузку в виде ламп накаливания. Такой вариант паропоршневого двигателя имеет частоту вращения коленчатого вала на уровне 1500 об/мин. Смонтированный в котельной электроагрегат показывает на испытаниях, в общем-то, неплохой результат: при манометрическом (избыточном) давлении насыщенного пара 8 кгс/см^2 достигнута электрическая мощность 2,13 кВт при работе паропоршневого двигателя на выхлоп. Путем подбора смазочного масла пока обеспечивается наработка до его смены – более одного часа.

В настоящее время финансирование работ по паропоршневым двигателям осуществляется Фондом содействия малых форм предпринимательства в научно-технической сфере через молодежную программу «У. М. Н. И.К.» этого фонда, с которым ООО «Новая энергия» сотрудничает с 2009 года и является его управляющей компанией в рамках программы «Котельные России должны работать без использования сетевой электроэнергии». Некоторые результаты работы по последней были представлены на Ярославском энергетическом форуме, проходившем в России с 5 по 7 октября 2011 года, где она была удостоена первого места во Всероссийском конкурсе «Молодежные идеи и проекты, направленные на повышение энергоэффективности и энергосбережения».

Проблемы

Распространения в России паропоршневые мини-ТЭЦ пока все же не получили. Этому в значительной степени препятствуют такие причины, как отсутствие масштабного финансирования научно-исследовательских работ по данной перспективной тематике и больших комплексных обзоров с подробной аналитической информацией по существующим зарубежным аналогам «паропоршневиков», а также необходимость создания профильной системы (или хотя бы специализированных курсов) подготовки кадрового обеспечения для проектирования и эксплуатации малой паропоршневой энергетики, хотя, в общем-то, последним вполне могут заниматься и специалисты по бензиновым или дизельным электростанциям.

Тем не менее проблемы целесообразно решать, если мы, конечно, хотим, чтобы в обозримом будущем на российских паросиловых микро- и мини-ТЭЦ, да и в котельных заработали именно паропоршневые двигатели, а не иностранные паровые моторы.

Иван ТРОХИН

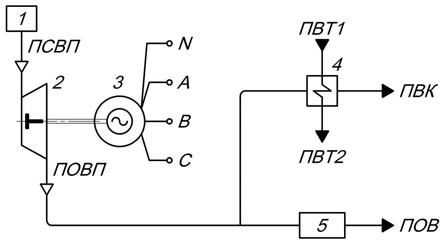

Рис. 1. Фрагмент электротепловой схемы мини-ТЭЦ на базе паровой котельной с паровой поршневой машиной нового поколения и возможностью тригенерации

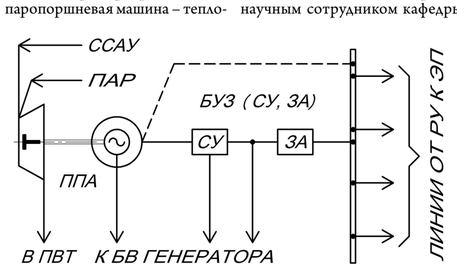

Рис. 2. Фрагмент электротепловой схемы паропоршневого электроагрегата

Солнечный город спасет Тадж-Махал

Индийское правительство объявило о создании первого в стране «солнечного города».

Он будет получать около 10 процентов необходимой энергии из возобновляемых источников.

В ближайшее время в городе Агра будет построена солнечная электростанция с пиковой мощностью в 2000 кВт. Этого достаточно, чтобы подогревать более 1,5 миллиона литров воды в день, осветить улицы 6400 фонарями, обеспечить работу 4600 печей и 20 светофоров. Постепенный переход к солнечной энергетике позволит спасти архитектурную жемчужину Индии – мечеть-мавзолей Тадж-Махал, страдающий от загрязнения атмосферы.

Ранее в Агре был введен запрет на использование угля – энергостанциям города приказали перейти на газ. Сегодня над Тадж-Махалом не летают самолеты, а автомобили должны объезжать окрестности памятника за несколько километров. Но эти меры оказались малоэффективными – уровень загрязнений быстро возвращается к прежней отметке.

Общий бюджет превращения Агры в солнечный город оценивается в 100 миллионов долларов США, при этом две трети затрат профинансируют частные инвесторы, а остальное возьмет на себя государство. Планы преобразований, рассчитанные на пять лет, включают применение возобновляемых источников энергии и внутренних резервов экономии, таких, как постепенный отказ от ламп накаливания и модернизация кондиционеров и холодильников.

Солнечная стратегия для Агры – лишь часть национальной программы по развитию солнечной энергетики, предусматривающей выход на генерацию 1172 «солнечных» МВт к 2016 году и 20 ГВт к 2022 году. Чтобы достичь этих показателей, необходимо увеличить количество действующих солнечных батарей в двадцать раз. Подключиться к энергии Солнца, сияющего над Индией более 2000 часов в году, совершенно необходимо – сегодня, по данным ООН, около трети населения огромной страны не имеют доступа к энергосети. Главные проблемы, которые необходимо решить при внедрении «солнечной» энергетики, – дороговизна солнечных панелей и конкуренция со стороны производителей оборудования из Китая и Тайваня.

Анна НЕВСКАЯ