

УДК 338.24.001.76:620.9(1)

**ключевые слова:** электроэнергетика, энергосистемы, когенерация, энерготехнологии, эффективность, региональная энергетическая стратегия

М. Б. Петров

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕГИОНА

*В статье рассматриваются пути обеспечения развития электроэнергетики на региональном уровне. Обоснована необходимость и сущность регионального стратегирования. Показано, что в качестве технологической основы дальнейшего развития систем энергетики на региональном уровне может быть принято сочетание централизованной и распределенной систем когенерации электрической и тепловой энергии. Рассмотрены в этой связи особенности применения экономического критерия при обосновании решений по развитию энергосистем региона. Предложены некоторые новые принципы и подходы к управлению развитием энергетики в регионах. Эти положения могут учитываться в обосновании региональных энергетических стратегий и при выборе приоритетов и мероприятий программ развития электроэнергетики регионов.*

В настоящее время экономика России стоит перед необходимостью воссоздания эффективного механизма управления развитием систем производственной инфраструктуры. Одна из них — электроэнергетическая система. Развитие энергетики в постсоветской России было, по существу, приостановлено. Развал СССР привел и к ослаблению единства энергосистем бывших республик. ЕЭС России была подвергнута институциональным реформам, которые были завершены в 2008 году. Однако и теперь остаются неопределенными механизмы управления развитием энергетики в новых условиях, а значит, нарастают риски новых провалов в обеспечении сооружения объектов систем энергетики и вытекающие из этого риски дальнейшего снижения уровня энергобезопасности. Необходимо снять проявившееся в современной России ограничение экономического роста со стороны энергетики. Возникшая в последние два года рецессионная пауза может быть использована для модернизации основных обеспечивающих систем.

Объекты энергетики в настоящее время характеризуются высоким уровнем износа, от-

ставанием по вводам новых мощностей, несформированностью адекватного новым условиям механизма управления развитием и нерешенностью инвестиционной проблемы. Энергетическая инфраструктура становится ограничителем экономического роста, падает энергоэффективность, снижается системная надежность, растут удельные расходы топлива на отпущенную и потребленную электрическую и тепловую энергию, неудовлетворителен топливный баланс, в котором чрезмерную роль играет природный газ. Отрасль стоит перед необходимостью нового цикла долгосрочного развития, и важно осваивать этот цикл на основе новых энергетических технологий.

Восстановление потенциала энергетических систем важно осуществить на новой технологической основе, при этом приводя топливный баланс электроэнергетики в соответствие с меняющейся ценностью энергоносителей. Для повышения надежности энергообеспечения могут быть задействованы возможности сочетания централизованного и распределенного развития энергетики, ресурсы различных хозяйствующих субъектов. В условиях институциональных и технологических изменений в функционировании электроэнергетики меняется соотношение крупных и малых мощностей, централизованного и децентрализованного энергоснабжения. Созревают политические и экономические предпосылки к восстановлению единства электроэнергетических систем, что открывает новые возможности для эффективного функционирования интегрированных систем и их инновационного развития [6].

Процессы, идущие в управлении энергетикой России, проявляются в деятельности энергосистем ее регионов. На уровне регионов и макрорегионов энергетика должна соответствовать критериям энергоэкономической безопасности, то есть гарантировать обеспечение потребностей территорий в электрической и тепловой энергии при эффективных затратах и целесообразной структуре первичных энергетических ресурсов и соблюдении социально-экологических и иных ограничений.

<sup>1</sup> Статья подготовлена при финансовой поддержке УрО РАН, проект 09-П-6-1003.

Учитывая, с одной стороны, регионализацию хозяйствования, а с другой — объективные тенденции к единству электроэнергетических систем, в качестве основного уровня управления развитием энергетики должен быть выбран макрорегиональный уровень ее систем. Такой уровень соответствует понятию «объединенная энергосистема», в частности, объединенная энергосистема Урала (ОЭС Урала), включающая региональные энергосистемы Урала, Тюменской области, Удмуртии и Кировской области.

Но и вся единая электроэнергетическая система (ЕЭС) в масштабах России и системы сопредельных стран СНГ в своем функционировании и развитии объективно опираются на одни и те же источники первичных топливно-энергетических ресурсов и по существу общий для наших стран производственно-технологический потенциал фондообразующих отраслей. В первую очередь, речь должна идти о совместном использовании потенциала энергетического машиностроения и электротехнической промышленности.

В качестве главного направления технологического развития электроэнергетики выступает повышение ее энергоэффективности на базе инновационных технологий. Поэтому важнейшими исследовательскими и практическими задачами являются оценка энергоэффективности, сценарного анализа и прогнозирования регионального топливно-энергетического баланса, обоснования направлений совершенствования тарифообразования на энергию, исследования критериальной основы принятия решений и управления развитием электроэнергетических систем. На этой базе необходимо оценивать эффективность и возможности различных технологий энергогенерации, условия их использования в энергетике.

В стратегии технологического развития электроэнергетического комплекса России ведущее место должно принадлежать обеспечению долгосрочной перспективы технологического развития генерирующих мощностей. Инерционность и временные лаги развития энергетики предопределяют медленное изменение структуры генерирующих мощностей. В среднесрочном периоде инновационность развития будет направлена на совершенствование технологий сжигания топлива, эффективное комбинирование технологических процессов, создание условий для оптимизации топливного баланса энергетики, освоение малых энергоустановок нового поколения.

В долгосрочной перспективе можно ожидать вовлечения в использование принципиально новых энергогенерирующих технологий. Они в первую очередь связаны с атомной энергетикой и водородной энергетикой. Развитие технологий атомной энергетики позволит радикально решить все более актуальную проблему истощения ископаемых энергоносителей. Приоритет здесь принадлежит реакторам-размножителям на быстрых нейтронах. Они позволят использовать в топливно-энергетическом балансе основной изотоп урана —  $U^{238}$ , а также торий — наиболее распространенный в земной коре делящийся элемент. В сверхдолгосрочной перспективе приоритет может быть отдан технологической реализации управляемого термоядерного синтеза, для которого исходный носитель преобразуемой энергии — вода. Сегодня водородная энергетика рассматривается в плане получения экономически и технологически эффективного водорода для последующего экологически чистого сжигания прежде всего в двигателях. Но в перспективе — это целостное и принципиально новое направление энергетики на основе аккумуляирования и электрохимического преобразования энергии. Водородные технологии, таким образом, ориентируются как на большую, так и на малую энергетику, включая транспортную энергетику.

В настоящем и ближайшем будущем нет технологической основы для эффективного использования низкопотенциальной энергии, которое в генеральной перспективе также могло бы открыть путь к использованию практически неисчерпаемых источников энергии. Вместе с тем хорошие перспективы открываются для развития малых нетрадиционных источников энергии.

Практически наиболее значимым пересечением возможностей большой и малой энергетики сегодня представляется комплекс технологий когенерации тепловой и электрической энергии. По существу, это основа региональных энергосистем.

В настоящее время в территориальной системе когенерации энергии (ТСКЭ) сложилась ситуация, благоприятствующая развитию распределенной системы когенерации энергии (СКЭ), предполагающей использование конкурентоспособных автономных когенерационных энергоисточников. Это вызвано, прежде всего диспропорцией тарифов на тепло- и электроэнергию в условиях монополизма территориальных генерирующих компаний (ТГК) на некоторых территориях. В существующей системе

тарифообразования регламентируется рентабельность. Следовательно, чем выше затраты на производство тепло- и электроэнергии, тем больше прибыль энергоснабжающих организаций, тем выше тарифы. Кроме того, для обеспечения льгот отдельным группам потребителей устанавливаются повышенные тарифы промышленным потребителям. Таким образом, для промышленных потребителей тарифы значительно превышают себестоимость производства энергии. Поэтому становится экономически оправданным для ряда потребителей сооружение автономных энергоисточников, составляющих конкуренцию энергоисточникам централизованной СКЭ.

Инновационные технологии для распределенной СГЭ представлены двумя направлениями: на базе углеводородного топлива и на основе нетопливных источников энергии. В составе первого направления перспективны газопоршневые, газотурбинные, парогазовые, паротурбинные технологии, а также газогенераторные на основе двигателя внутреннего сгорания. В составе нетопливного направления интерес представляют ветроэнергоустановки, биомасса [5], солнечная энергия, гидроэнергия и др. Российская энергомашиностроительная база в принципе позволяет производить практически все необходимое оборудование. Развитие автономных когенерационных энергоисточников в распределенной СКЭ может идти путем превращения автономных котельных в теплоэлектроцентрали (мини-ТЭЦ) за счет модернизации энергетического оборудования, либо сооружения различными субъектами хозяйствования для собственных нужд газотурбинных ТЭЦ (ГТУ-ТЭЦ), либо газогенераторных ТЭЦ на основе двигателя внутреннего сгорания (ТЭЦ-ДВС) [7]. Наиболее ценные инициативы в этом направлении связаны с возможностями использования местных топливных ресурсов.

В целом предложенные направления не противоречат принципам эффективного развития энергетики и не снижают ее системный эффект. Распространение маломощных когенерационных энергоисточников в данном случае образует недостающее звено в производстве энергии. Оно предназначено для обеспечения главным образом небольших потребителей, для которых может оказаться нецелесообразным использование мощных энергоисточников, входящих в состав централизованной СКЭ. Кроме того, малая распределенная энергетика в какой-то мере может смягчить напряженность перспективных энергодансов, неизбежную в результате до-

пущенной длительной приостановки развития энергетики. При определенных обстоятельствах, малые источники также могут органично вписываться в конкурентную среду, занимая свою рыночную нишу в генерации энергии на территории и успешно конкурировать с централизованной СКЭ [2, 3]. С позиции устойчивого развития ТСКЭ создание автономных когенерационных энергоисточников в энергоемких отраслях промышленности имеет высокую актуальность для поддержки экономического роста и конкурентоспособности промышленной продукции в условиях роста цен на электрическую и тепловую энергию на рынке. Наличие технологических и технико-экономических предпосылок автономных энергоисточников рассматривается как основа конкурентного развития этого сектора энергетики, снимает с регионов неотвратимость инвестиционно-финансовой поддержки проектов территориальных генерирующих компаний (ТГК), объединивших в своем составе ТЭЦ энергосистем [2].

Планы развития собственных автономных когенерационных энергоисточников в ряде случаев делают привлекательной модернизацию энергооборудования котельных. Одним из преимуществ такой модернизации является низкий объем капитальных вложений по сравнению с другими вариантами развития (например, сооружением новых когенерационных установок, заменой оборудования на новое и др.). Это позволяет улучшить технико-экономические показатели котельной и в короткие сроки может частично компенсировать дефицит электрической и тепловой энергии на промышленных предприятиях или в жилищно-коммунальном хозяйстве [2].

В результате организации когенерации энергии в котельной за счет модернизации оборудования происходит ее преобразование в мини-ТЭЦ. Весьма вероятно, что проект создания мини-ТЭЦ на базе котельной даст возможность реализации проекта комплексной реконструкции системы теплоснабжения города на основе дополнительных доходов от продажи электроэнергии (которые превышают доходы от реализации тепла). В результате обострения конкуренции, с муниципального рынка может быть потеснена действующая энергоснабжающая организация [4].

Развитие автономных когенерационных энергоисточников в ТСКЭ в значительной степени зависит от соотношения цен на энергоносители, в частности цен на газ и твердое топливо. Если цены на уголь будут значительно

ниже цен на газ, то более выгодной станет централизованная СКЭ. В этом случае автономные когенерационные энергоисточники будет целесообразно использовать лишь в резервном режиме или на удаленных территориях, обеспеченных местным топливом.

Прогнозы региональных цен на энергетический уголь и газ показывают, что уже с 2011–2013 гг. энергосистемы Урала войдут в зону равной экономичности по топливным затратам угля и газа. С учетом неизбежных лагов это означает крайнюю актуальность модернизации энергоустановок, работающих на угле.

К настоящему времени топливный баланс когенерационной части энергосистемы Свердловской области более чем на 80% сформирован природным газом. К такому весьма неблагоприятному с позиций генерального оптимума положению в структуре топливопотребления привел перевод ряда угольных ТЭЦ на природный газ в 1990-х гг., в основном из-за сравнительно низкой его цены.

Исходя из анализа складывающейся ситуации, можно выделить следующие проблемы, связанные с топливоснабжением ТЭГК Урала:

1) большая доля устаревшего оборудования, находящегося на энергогенерирующих объектах, расположенных в промышленно развитых районах со сложной экологической обстановкой, что требует реконструкции с введением сложных комплексов очистки выбросов при работе на твердом топливе;

2) сложность газоснабжения новых энергоустановок, вызванная ограничениями в поставках природного газа для выработки электрической и тепловой энергии;

3) отсутствие на обслуживаемой территории крупных разработанных топливных месторождений.

Для эффективной когенерации электрической и тепловой энергии необходимо обеспечивать целесообразные эксплуатационные режимы. Прежде всего, нужно учитывать, что ТЭЦ наиболее экономично работают, вырабатывая электроэнергию по графику тепловых нагрузок. В условиях действия оптового рынка энергии это означает, что вся электроэнергия, выработанная на тепловом потреблении в зимний (отопительный) период, должна закупаться вне конкурса региональными энергосбытовыми организациями, т. е. теплофикационную выработку электроэнергии нужно вывести за рамки механизма конкурентного рынка электроэнергии.

В летний период выработка электроэнергии на ТЭЦ вне теплового потребления неэконо-

мична, и конкурировать с крупными конденсационными электростанциями на рынке закупок электроэнергии в этот период смогут только ПГУ-ТЭЦ, обеспечивающие высокие КПД даже при работе в конденсационном режиме.

Ожидаемый эффект от насаждаемой конкуренции в электроэнергетике может быть получен лишь при условии опережающих вводов новых генерирующих мощностей на базе современных высокоэффективных энерготехнологий, взамен действующих устаревших энергоустановок.

Создание конкурентной среды рассматривается в концепции осуществленного реформирования Российской электроэнергетики как основа для достижения цели относительного снижения энерготарифов. Однако объективная основа эффективного тарифообразования — оптимизация режимов и улучшение технико-экономических показателей основного технологического оборудования. Именно по этим направлениям произошло резкое ухудшение положения в энергетике. Вместо оптимизации режимов в масштабах единой системы введено квазирыночное регулирование на фоне нарастания дисбалансов и локальных дефицитов мощности. Необходимо срочно приступить к восстановлению единого энергетического пространства. Единый в масштабах экономического национального и, по возможности, межгосударственного экономического пространства рынок электроэнергии и мощности должен включать в себя и механизм оптимизации, в частности путем совместного использования пиковых и полупиковых мощностей.

В 2010 г. в регионах России впервые в массовом порядке разрабатываются программы развития электроэнергетики [1]. Важно сразу же нацелить их на инновационное развитие электроэнергетики и положить в основу как экономико-технологическую, так и на энерго-экономическую группу критериев. Они могут обобщаться комплексным критерием наращивания ресурсно-технологического потенциала энергетики и экономики в целом, по которому выявляются энергоэффективность и сопряженные эффекты развития отраслей и их технологических систем. Все эти эффекты проявляются, в первую очередь, за пределами энергетики и рассматриваются как общеэкономические эффекты энергообеспечения территориальных систем. В частности, они могут проявляться в изменении структуры топливно-энергетического баланса (ТЭБ) страны и ее регионов, в снижении энергетических затрат в экономике

вследствие оптимизации топливообеспечения энергосистем, в снижении затрат на единицу полезного потребления электроэнергии.

Одним из частных критериев инновационного развития энергетики выступает энергоэффективность. В своем общеэкономическом выражении она измеряется национальным продуктом, приходящемся на единицу потребленной первичной энергии. Для потребляющей системы энергоэффективность измеряется энергозатратами на единицу дохода (результата) и поддерживается мероприятиями по энергосбережению. В отраслевом выражении — это уровень совокупных энергозатрат на единицу полезного отпуска. Энергоэффективность производства энергии измеряется уровнем собственных нужд электростанций и энергосистем, удельными расходами топлива и топливной составляющей затрат на производство, коэффициентом полезного действия энергоустановок.

Эффективность инноваций в энергетике поэтому может быть представлена как энергоэффективность. Однако в наиболее полном и общем виде механизм принятия решений в сфере инновационного развития электроэнергетики должен опираться на критерии многокритериального выбора. В контексте многокритериального выбора экономический критерий не единственный, и он конфликтует с технологическими, социальными и другими критериями. Однако собственно экономический критерий подлежит развитию и адаптации. Особенно важна такая адаптация для задач развития больших систем, в том числе больших систем энергетики.

Один из путей расширения экономического критерия в условиях наличия и значимости других критериев — попытка отражения в экономической форме неэкономических критериев. Иногда это достигается уже расширением системы отчета затрат и результатов (в том числе в форме денежных потоков). В других случаях целесообразно обоснование стоимостной оценки ряда внешних эффектов и ее учета в составе затрат и результатов. Например, с помощью оценки предотвращенного ущерба или, наоборот, упущенной выгоды, а также оценивая стохастичность денежных потоков, закладывая в них риски. Такими инструментами можно анализировать эффективность вложений в качество универсального продукта (например, электроэнергии), в структурную и функциональную надежность, в средства контрольно-управляющего назначения.

Принятие инвестиционных и инновационных решений преимущественно на основе экономического критерия осуществляется в первую очередь субъектами хозяйствования, инвесторами и инноваторами. Регулируя и выстраивая между ними отношения по поводу участия в этих процессах, приходится настраивать экономический критерий, реализуя экономическую эффективность в организационно-экономическом механизме развития, в частности в договорном ценообразовании, в обмене предпочтениями и т. д.

Воссоздавая на государственном уровне систему управления развитием, целесообразно выстраивать и иерархию критериев. В осуществлении государственных стратегий, взаимоотношений и подчиненных в конечном счете национальной стратегии возрождения и развития, приоритет нужно отдать надэкономическому критерию. Его можно формулировать, например, как критерий наращивания ресурсно-технологического потенциала. Ориентация на него допускает мероприятия с медленной окупаемостью, но обладающие потенциалом последствия. Например, решение на поддержку отечественной, но проигрывающей конкуренцию технологии при определенных условиях позволит не потерять и приумножить технологические возможности национального производства. В этом смысле инновационность противоречит ликвидности, а критерий окупаемости, тем более в чисто финансовом смысле, приходится лишь вписывать в стратегический критерий.

Непосредственно в оценке эффективности вложений в развитие и модернизацию электроэнергетических объектов возникает ряд проблем методического характера. При их разрешении происходит содержательная настройка экономического критерия на специфику системного объекта. В первую очередь это касается методики дисконтирования и корректного учета вариантности решений в энергетике.

Задача экономического обоснования инвестиций в развитие и размещение объектов электроэнергетики должна решаться с учетом их воздействия на другие объекты и на систему в целом. При этом в качестве системы отчета эффективности может быть выбрана как отдельная корпорация в энергетике (коммерческая эффективность), так и энергетическая система (экономическая эффективность), либо региональная или национальная социально-экономическая система (социально-экономическая эффективность).

Определение коммерческой эффективности представляет наиболее простую в методическом отношении задачу, когда непосредственно можно определить абсолютный экономический эффект, измеряемый как чистая настоящая стоимость проекта NPV (чистый дисконтированный доход). Денежный приток здесь возникает от роста реализуемых электрической и тепловой энергии и услуг.

Для энергетической системы, где действует несколько корпораций, каждая из которых владеет группой территориально рассредоточенных энергоисточников, активным становится ограничение на суммарный объем инвестиционных вложений. При развитии объектов под дополнительный объем работы лимит капитальных вложений не позволяет своевременно модернизировать какие-то другие объекты, вследствие чего приходится по ним нести связанные с этим повышенные эксплуатационные расходы. Здесь подсчитывается суммарный NPV, включающий сальдо изменений доходов и расходов, в составе которых можно также учесть ущербы — действительные и предотвращенные и замыкающие затраты по ресурсам, которые приходится привлекать для восполнения недоинвестированных средств. Здесь также возможна прямая оценка абсолютного экономического эффекта. Однако уже на таком уровне системности критерий абсолютной эффективности должен дополняться критерием сравнительной эффективности для распределения лимита капиталовложений по территориально распределенным объектам.

Территориальная (региональная) энергетическая система развивается в расчете на определенный уровень электропотребления и нагрузки. Здесь для выбора варианта программы инвестирования критерий сравнительной эффективности становится основным.

В этой задаче варианты размещения дополнительных объектов различаются затратами не только на объектах размещения, но и в системе в целом. То есть эксплуатационные издержки зависят от распределения капиталовложений. В такой ситуации при обосновании инвестиционно-инновационных решений нужен более тщательный учет фактора времени в отношении капитальных и текущих затрат. По экономическому содержанию их дисконтирование целесообразно вести коэффициентами, отражающими приростную отдачу соответствующих затрат. При этом чем более дефицитна система на протяжении расчетной перспективы, тем, в общем случае, должен быть ниже уровень ставки дисконтирования капитальных затрат.

Ключевое направление региональной энергетической стратегии — формирование новой эффективной структуры регионального энергетического комплекса. Региональные особенности могут отражаться в высоком приоритете теплофикации населенных пунктов, прежде всего на основе строительства газотурбинных и парогазовых установок, а также в реализации местного энергетического потенциала путем развития установок, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии (малые ГЭС, ветроэнергетика, биоэнергетика и др.).

К сожалению, ухудшение положения в энергетике в результате ее реформирования, выражающееся, в частности, в чрезмерной дороговизне электрической и тепловой энергии, все больше склоняет потребителей, имеющих собственные инвестиционные возможности, к сооружению малых собственных объектов, прежде всего котельных. А это — отход от принципов когенерации и неизбежная потеря в связи с этим энергоэффективности. Предлагается законодательно ввести обязательную экспертизу подобных проектов, где бы заказчик мог доказать энергоэффективность своего решения. Чьими бы ни были инвестиции, используется национальное достояние — энергетические ресурсы, и способ их использования не должен оставаться лишь частным делом инвестора.

Для координации решений по развитию энергетики региона предлагается создать общественно-государственную структуру в виде, например, регионального энергетического совета. Возможен также вариант создания в регионе специализированной компании, занимающейся энергетическим развитием — посредника, роль которого может выполнять управляющая компания, интегрирующая интересы производителей и потребителей энергии, а также государства в области развития отрасли. Основная функция управляющей компании заключается в организации финансирования инвестиций и координации действий всех участников инвестиционного процесса.

Наиболее эффективный и надежный вариант организации инвестирования энергостроительства — прямое государственное инвестирование. Поскольку совокупные риски строительства и риски управления генерацией слишком высоки, их не следует совмещать в одном лице. Строительство электростанций нужно выделить в отдельную структуру, которая и будет организовывать финансирование,

а за компаниями, порожденными реорганизованным в 2008 г. РАО «ЕЭС» закрепить только эксплуатационные функции по переданным им электростанциям.

Такое организационно-экономическое решение соответствовало бы приростной концепции структуры собственности на капитал больших систем энергетики и транспорта, которые образуют инфраструктурную основу размещения и развития экономики региона и где принципиально высока роль естественно-монопольной деятельности.

В целях инновационного развития энергетики необходимо вернуться к главенству системного подхода и стратегическому управлению. Подготавливаемые и, согласно решениям Правительства РФ [1], регулярно корректируемые региональные программы развития энергетики необходимо поставить в основу региональных энергетических стратегий. Сказанное в этой публикации имеет отношение в первую очередь к стратегическому уровню экономики региона и стратегическому этапу управления развитием его энергетического комплекса.

## Список литературы

1. О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Постановление Правительства РФ № 1225 от 31 декабря 2009 г. [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы КосультантПлюс.
2. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е. Энергетический бизнес. М.: Дело, 2006. 600 с.
3. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е., Семериков А. С. Региональная энергетика. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 117 с.
4. Домников А. Ю. Экономические и технологические приоритеты конкурентного развития систем когенерации энергии // Вестник УГТУ-УПИ. 2008. №7(78). с. 58-69. (Экономика и управление).
5. Кубиков В. Б., Королев В. Е., Орлов Е. И. Оценка эффективности использования энергетического оборудования, работающего на древесных отходах // Лесная промышленность. 2002. №2. с. 28-30.
6. Падалко Л. П., Петров М. Б. Инновационное развитие электроэнергетического комплекса России и Беларуси в условиях их экономической интеграции // Энергетика и ТЭК. 2009. № 4.
7. Рыжков А. Ф. Опыт работы энергетических установок с ДВС на твердом топливе // Вестник УГТУ-УПИ. 2004. №15(45). с. 80-83.