

ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА

Российский опыт внедрения промышленной технологии производства водоугольного топлива

С.И. Мосин, генеральный директор, к.т.н. А.Г. Морозов, коммерческий директор, д.т.н. Г.Н. Делягин, научный руководитель, ЗАО «Амальтеа», г. Москва

Введение

История водоугольного топлива (ВУТ) (водоугольное топливо представляет собой мелкодисперсную смесь (суспензию) измельченного угля (60-70%), воды (29-39%) и стабилизирующей добавки – пластификатора (1%) – *прим. ред.*), часто называемого как «новое топливо», продолжается в России (ранее в СССР) уже более 50 лет. За время развития технологии было выполнено огромное количество работ и решено значительное число технических задач. Достаточно сослаться на результаты опытного внедрения комплекса по приготовлению, транспортировке (по трубопроводу Белово-Новосибирск протяженностью 262 км) и сжиганию ВУТ на Новосибирской ТЭЦ-5 (в котлах паропроизводительностью 670 т/ч).

Мировой опыт последнего времени особенно впечатляет: решения, принятые на углепроводе Белово-Новосибирск, были вначале скопированы и внедрены с помощью наших специалистов в Китае, где ВУТ теперь сжигается по несколько миллионов тонн ежегодно. Несмотря на все это, в России до сих пор технологию ВУТ считают инновационной только лишь потому, что отсутствует опыт промышленного использования. Разработчики технологий ВУТ, в основном, не способны излагать потребителям бизнес-схемы замещения мазута и природного газа для улучшения экономических и экологических характеристик. Как показал опыт, госструктуры также не готовы к смене устоявшихся технических решений по теплоснабжению. Как минимум, 80% российских публикаций по ВУТ повторяют одни и те же факты, которые известны и прекрасно изложены и структурированы в [1-4]. Корни всего этого находятся в отсутствии практического и конкретного опыта использования ВУТ, т.к. начиная с середины 90-х гг. XX в. отечественная практика применения ВУТ в основном ограничивается лишь опытными образцами.

Первым опытом именно промышленного внедрения такого топлива является строительство в 2007 г. цеха приготовления ВУТ в Мурманской обл. и модернизация мазутной котельной одного из предприятий ЖКХ для использования ВУТ. В данной статье изложены вопросы вне-

рения ВУТ, основанные на практическом опыте ЗАО «Амальтеа». Помимо общих экономических оценок рассматривается специфика внедрения ВУТ на мурманском предприятии ЖКХ, которая отражает типовые для ЖКХ большинства районов этапы внедрения более дешевого и более экологически чистого (в сравнении с углем и мазутом) топлива.

О выгоде использования ВУТ

Потребителями ВУТ могут быть как малые, средние, так и крупные промышленные предприятия, а также предприятия ЖКХ. ВУТ может быть использовано как основное или резервное топливо на котельных, больших и малых ТЭС, в т.ч. мини-ТЭС. Особый интерес ВУТ представляет для жителей большого количества вновь строящихся микрорайонов и коттеджных поселков, отдаленных от газовых магистралей и вообще от энергоресурсов.

На сегодняшний день наибольший экономический эффект дает замещение топочного мазута на ВУТ, что отражается в малом сроке окупаемости затрат (не более 2-х лет). Эффект от замены угля на ВУТ на котлах мощностью до 30-50 т пара в час приводит к снижению потребления угля на 20-50% [1] только за счет решения проблемы механического недожога. Сжигание угля в виде ВУТ позволяет свободно использовать антрациты без дополнительной газовой «подсветки». Более того, из-за низкой температуры воспламенения частиц антрацитов в составе ВУТ не происходит образование жидких шлаков в котле, а следовательно не происходит снижение коэффициента теплопередачи поверхностей теплообмена в результате шлакования, характерного для режимов сжигания угля с высокими температурными характеристиками. Это способствует снижению затрат на топливо, а также эксплуатационных затрат. При замещении природного газа на ВУТ на действующих объектах экономический эффект составляет около 5-10%, но при сегодняшних ценах на газ. Постоянный рост внутренней цены на природный газ до рыночного уровня только увеличивает данный эффект.

С точки зрения экологии выгода от внедрения ВУТ существенна и оценена во многих публика-

Таблица. Энергозатраты на производство ВУТ на базе вибромельниц, кавитаторов и ГУУМП.

Характеристики	Вибромельницы ВМ-400	КаВУТ*	ГУУМП
Производительность комплекса по готовому продукту, т/ч	1,5	30	10-12
Удельные энергозатраты на производство ВУТ (только помол), кВт·ч/т	55	30	8-10
Удельные энергозатраты на производство ВУТ с учетом всех составляющих (дробление, освещение, отопление, перекачка и т.д.), кВт·ч/т	103	120	35,4**

* – на основании данных из [3];

** – данные требуют уточнения (возможно изменение значения энергозатрат не более чем на 10-15%).

циях. Если рассматривать только снижение экологических штрафов, то в первую очередь, выигрыш получается при замещении угля: зола, образующаяся при сжигании ВУТ, безвредна, имеет большой спрос и полностью утилизируется в стройиндустрии, в то время как шлак, образующийся при сжигании угля, требует утилизации и мало востребован. При замене топочного мазута на ВУТ из газообразных выбросов полностью исчезают полициклические ароматические углеводороды, являющиеся канцерогенами.

Сравнение технологий приготовления ВУТ

Затраты на производство ВУТ складываются из двух основных составляющих (помимо сырья): затраты электроэнергии на приготовление ВУТ и оплата труда рабочих. В большинстве публикаций приводятся расчеты энергоемкости производства ВУТ, но в разных учетных вариантах, чтобы скрыть от потребителя размеры последующих эксплуатационных затрат в своих решениях.

Проведем оценку эффективности технологий в равных условиях и при использовании одинакового товарного энергетического угля, с максимальным размером кусков 200-300 мм (по паспорту). Для всех технологий приготовления ВУТ необходимо предварительное дробление исходного угля до фракции 10-12 мм. Для сравнения технологий затраты на транспортировку дробленого угля можно не рассматривать, т.к. они одинаковы. Различия начинаются с технологии помола уже дробленого угля. Выделяют три основных способа помола: на мельницах, кавитационное и гидроударное.

Эволюция традиционного оборудования для помола угля прослеживается последовательно от барабанных к шаровым мельницам и далее к вибрационным. Первые два вида мельниц выпускаются промышленностью и сегодня, но современная оценка их эффективности представляется низкой. До сих пор выпускаются такие мельницы большой производительности с энергозатратами около 100 кВт·ч на 1 т готового продукта.

В цехе приготовления ВУТ в Мурманской обл. были установлены вибромельницы ВМ-400, продемонстрировавшие энергозатраты около 55 кВт·ч/т (с учетом рециркуляции продукта).

Технология приготовления ВУТ развивается в XXI веке за счет использования более эффективных технологий и мокрого помола. Такое развитие стало возможным при использовании в помоле иных физических эффектов. Это, прежде всего, ультразвуковые, кавитационные и гидроударные эффекты.

Популярным стало использование методов кавитационной обработки водоугольной суспензии для приготовления ВУТ (КаВУТ) без применения химических добавок. Авторы данной статьи считают, что в описанных в литературе методах, например, в работе [3], речь скорее всего идет о комбинации эффекта гидравлической мельницы и частичной кавитации. Приведенные в [3] энергозатраты на приготовление ВУТ составляют около 30 кВт·ч/т. Данные цифры учитывают только мокрый помол. Полные затраты, как показано в [5-6], существенно увеличиваются.

Специалисты ЗАО «Амальтеа» на базе анализа энергозатрат оборудования для помола подготовили другое решение по приготовлению ВУТ. Базой его являются гидроударные устройства мокрого помола (ГУУМП). Пока продолжаются испытания установки, однако уже подтверждено, что на приготовление 1 т ВУТ в ГУУМП энергозатраты не превышают 8-10 кВт·ч, что в 3-4 раза ниже, по сравнению с аналогичными затратами на современных вибромельницах и кавитаторах КаВУТ. После проведения окончательных испытаний можно будет представить более точные результаты, однако уже сейчас можно провести сравнение этих трех технологий (см. таблицу).

Сравнение энергоносителей: газ и ВУТ

На рис. 1 представлено сравнение топливной составляющей в себестоимости 1 Гкал тепловой энергии при использовании природного газа и ВУТ. Расчеты не учитывают капитальные затраты на подведение газа и строительство цеха приготовления ВУТ, но учитывают все дополнительные энергозатраты при производстве ВУТ.

Как видно из графиков, внедрение ВУТ эффективно даже при сегодняшней цене газа, составляющей для энергетических предприятий более 120 долл. США/тыс. м³. Например, по-

ставщик газа, одному из наших заказчиков ВУТ во Владимирской обл., уже сегодня предлагает газ по цене около 140 долл. США/тыс. м³.

Заметим, что при расчетах использована мировая цена на уголь (60 долл. США/т). В реальной ситуации стоимость каменного угля ниже (кроме районов Крайнего Севера), а в случае использования бурого угля – ниже многократно.

В случае необходимости подключения нового объекта к газовой магистрали требуется пройти ряд согласований: получить ТУ, лимиты на газ, выполнить проект подключения к газовой магистрали и т.д. Если объект находится в стороне от газовой магистрали, то строительство трубопровода до магистрали осуществляется силами потребителя газа. В зависимости от условий и объемов потребления газа стоимость такого трубопровода может достигать нескольких миллионов долларов США (данные по Московской обл.).

На рис. 2 представлена себестоимость 1 Гкал на газе, рассчитанная на примере капитальных затрат (около 5 млн долл. США) на подключение котельной, обеспечивающей отопление помещений площадью около 150 тыс. м² (1500 коттеджных домов или 1700 жилых квартир). Отметим, что в стоимость подключения к газовой магистрали не включена стоимость строительства газовой котельной. При расчете себестоимости 1 Гкал на ВУТ учтены затраты на строительство цеха приготовления ВУТ. Рассмотрен случай окупаемости инвестиций в газовое топливо и ВУТ за 5 лет.

Как видно из рис. 2, надбавка, с учетом капитальных затрат, является весьма существенной и при любой цене газа стоимость 1 Гкал на ВУТ становится ниже.

Сравнение с мазутом на данных графиках не производится, поскольку его стоимость (в пересчете на условное топливо) по всей территории России в 2-3 раза превышает стоимость газа, угля и ВУТ.

Почему ВУТ широко не используется в ЖКХ?

Именно такой вопрос чаще всего слышен при общении с потенциальными клиентами. Ответ лежит не в технической плоскости – большинство технических и технологических вопросов уже решено, либо решение не представляет сложности. Более того, в стране уже существуют и более прогрессивные технологические решения, чем применяемые за рубежом. Кроме того, технологии будут совершенствоваться до бесконечности, но базой их развития является только опыт работы и внедрение дополнительных физических эффектов (методов помола, гидроударного эффекта, ультразвуковых эффектов, кавитации, плазменной обработки и т.п.) с

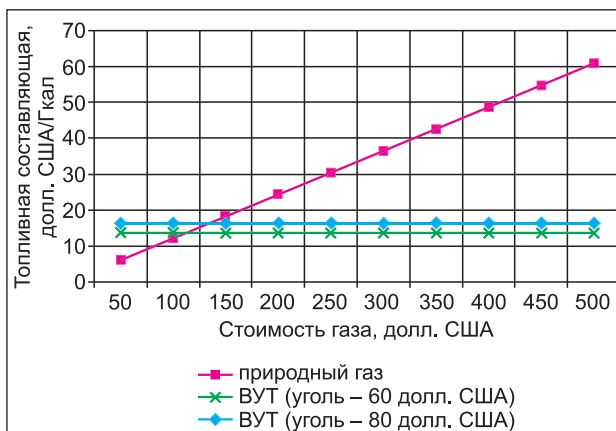


Рис. 1. Сравнение стоимости топливной составляющей в себестоимости 1 Гкал тепловой энергии при использовании природного газа и ВУТ, без учета капитальных затрат на строительство.

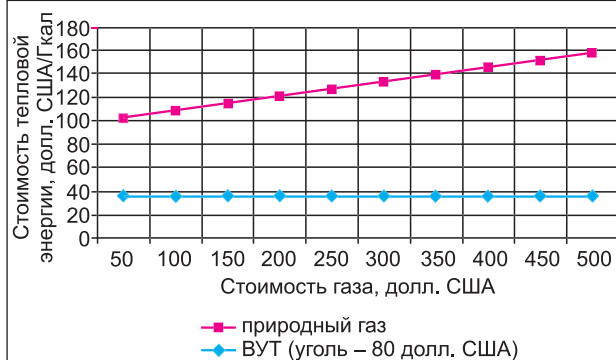


Рис. 2. Сравнение себестоимости 1 Гкал тепловой энергии при использовании природного газа и ВУТ, с учетом капитальных затрат.

целью увеличения экономического и экологического эффекта. Есть решения по производству ВУТ для потребителя с заданными свойствами и для конкретных условий применения.

Во-первых, сдерживающим фактором внедрения ВУТ в ЖКХ до сегодняшнего дня служила низкая стоимость природного газа (от 60 долл. США/тыс. м³), и, следовательно, отсутствие мотивации для экономии. Не секрет, что дешевые энергоносители никогда не способствуют их эффективному использованию.

Во-вторых, внедрение ВУТ во многом зависит от местных органов и конкретных чиновников, у которых, с одной стороны, нет реального стимулирования улучшения ситуации с тепло- и энергоснабжением, а, с другой стороны, имеются устоявшиеся отношения с поставщиками газа и мазута. Не менее значимым обстоятельством являются и дотации ЖКХ, которых можно лишиться при улучшении ситуации с теплоснабжением.

Так сложилось, что до сегодняшнего дня технология ВУТ находилась в руках технически грамотных инженеров, однако не обладающих опытом работы с дорогими энергоресурсами в рыночных условиях, а также не способных к бизнес-админи-



Рис. 3. Реконструируемая котельная в пос. Енский Мурманской обл.

стрированию. Между отработанной технической идеей и коммерческим продуктом существует огромная дистанция. Прежде, чем технология будет внедрена на промышленном уровне, должны быть решены вопросы ценообразования, бизнес-схемы взаимодействия, инвестиций и их защиты и т.д. Успех внедрения ВУТ на 70-80% зависит от умения управлять административными бизнес-процессами, а не от знания технологий приготовления и сжигания ВУТ, чем сегодня заняты практически все сподвижники внедрения ВУТ.

ВУТ в ЖКХ Мурманской области

В связи с тем, что Мурманская обл. до сих пор не газифицирована, теплоэнергетика региона на 80% зависит от мазута. В то же время имеется доступ к высококачественному товарному углю (Кузбасскому), который экспортируется через Мурманский порт. Эти факторы стали определяющими при выборе региона для промышленного внедрения ВУТ.

Первоначальные переговоры велись с Правительством области еще в 2005 г. Большинство технических вопросов было решено в процессе общения между специалистами котельной (МУП «Енское ЖКХ») и проектировщиками: приготовление, сжигание, транспортировка угля, хранение ВУТ и т.д. Камнем преткновения стало строительство цеха приготовления топлива: ни Правительство области, ни один из подрядчиков не имел средств, достаточных для строительства. В 2006 г. ЗАО «Амальтеа» после ознакомления с проектом, анализа экономической ситуации и технических особенностей, приняло решение о самостоятельном строительстве цеха приготовления ВУТ (сейчас его называют «фабрикой») на привлеченные средства под обещание поддержки со стороны областного ЖКХ. Средства на строительство «фабрики» были получены в рамках кредитной линии под гарантии Правительства области, что было отражено в системе договоров. Гарантией выдачи кредита стал бизнес-план, подкрепленный долгосрочным договором покупки топлива котельной.

ЗАО «Амальтеа» также дополнительно финансировало большую часть затрат на модернизацию мазутных котлов: ДКВР-6,5-13 (летний) и ДЕ-25-13 (зимний), являющихся собственностью района.

Первоначально предполагалось, что все работы по модернизации котельной будут осуществляться на резервных работоспособных котлах силами специалистов нашей компании. Однако, по просьбе Администрации района, модернизация одного из котлов была совмещена с его капитальным ремонтом под гарантию завершения ремонта к октябрю 2007 г. Хранение ВУТ планировалось осуществлять в существующей мазутной емкости (1000 м³; см. рис. 3).

В 2006 г., когда подписывался договор на поставку ВУТ, стоимость мазута составляла около 6700 руб./т, при этом стоимость угля составляла 1200 руб./т (уголь марки Г и Д). При таких исходных данных внедрение ВУТ позволяло экономить в составе тарифа на тепловую энергию около 15% топливных затрат в первые годы и до 30% в последующие (при неизменной цене мазута). Для пос. Енский, где внедрялось ВУТ, это означало годовую экономию затрат на топливо в размере около 10 млн руб. При населении поселка около 3 тыс. чел. это соответствует экономии около 3300 руб./год на каждого из жителей. С ростом реальной цены на мазут (в настоящее время она составляет не менее 9500 руб./т) абсолютная экономия должна только увеличиваться.

Строительство «фабрики» было завершено в ноябре 2007 г. (рис. 4), а первая партия топлива была выпущена 7 декабря 2007 г.

Протоколом с Департаментом строительства и ЖКХ области был намечен перевод на ВУТ модернизированного котла ДКВР-6,5/13 (рис. 5) в декабре 2007 г. К сожалению, уже почти 9 месяцев цех простаивает в связи с тем, что не закончены пусконаладочные работы на уже модернизированных котлах (ДКВР-6,5/13 и ДЕ-25/13).

С 2008 г. население поселка получило уведомление о повышении квартплаты на 20%. Теперь ежемесячные платежи за коммунальные услуги в поселке составляют примерно 6500 руб. за двухкомнатную малометражную квартиру в стандартной кирпичной пятиэтажке. Вместе с тем, как сказано выше, внедрение ВУТ позволило бы снизить затраты поселка на топливо (себестоимость услуг) и, скорее всего, предотвратить такой рост тарифа.

Опыт защиты инвестиций

На имеющемся опыте реализации проекта в Мурманской области стало понятно, что единственной возможностью защиты инвестиций для производства ВУТ в ЖКХ сегодня может являться только гарантия Правительства области, подкрепленная строкой в бюджете области. Любые

другие гарантии, включая договорные, не обеспечивают защиту инвестиций в ЖКХ. Ежегодные новые долги районных ЖКХ перед поставщиками приводят к банкротству предприятия, но вместо них регистрируются те же структуры, но с новым названием. Поскольку котлы, потребляющие мазут или ВУТ, переданы в управление ЖКХ, то готовый цех по производству ВУТ может сколько угодно долго стоять без работы, а ЖКХ будет продолжать закупать и потреблять мазут, увеличивая постоянный рост тарифов для населения.

Опыт проектирования

Пример Мурманского проекта выявил наличие важнейшей и сложной проблемы – отсутствие опытных проектировщиков. Выбор проектной организации оказался сложным потому, что отсутствует необходимая нормативная документация для такого топлива как ВУТ. Отсутствие ВУТ, как топлива, в классификаторах создает проблемы в проектировании. ВУТ, которое взрыво- и пожаробезопасно (в отличие от того же мазута), в рамках понятия «топливо» приобретает в проекте эти свойства для надзорных организаций. Вместе с тем, при температуре воспламенения ВУТ не ниже 450°C , оно может храниться даже в одном помещении с работающими котлами, что, конечно же, не допускается соответствующими нормами Правил безопасности.

В качестве генерального проектировщика для объекта в Мурманской обл. была выбрана известная по внедрению ВУТ сибирская организация. Справедливости ради надо сказать, что на тот момент это была единственная организация, способная выполнить значительную часть работ по проектированию цеха ВУТ. В процессе реализации проекта выяснилось, что как таковая «ВУТ-овская часть» составляет не более 30% от всего проекта. Остальные части (КИПиА, системы отопления, водоснабжения, вентиляции и кондиционирования, электроснабжения и др.) являются стандартными и могут быть качественно выполнены в традиционных проектных организациях. Сейчас, по прошествии некоторого времени и накопления опыта можно сделать вывод, что предложенные решения по приготовлению ВУТ хотя и являются рабочими, но весьма далеки от оптимальных. Их капиталоемкость и энергозатратность настолько велики, что существенно снижают экономические преимущества ВУТ.

К сожалению, пришлось столкнуться с еще одной проблемой: проектная организация не заинтересована снижать стоимость проектных решений, а значит и всего объекта, т.к. привязывает оплату работ к стоимости всего объекта (от 6 до 10%). Эта порочная практика приводит к тому, что специалисты проектной организации утверждают, например, что стоимость прокладки



Рис. 4. Цех приготовления ВУТ.



Рис. 5. Котел ДКВР-6,5, модернизированный для сжигания ВУТ.

трубы диаметром 76 мм и длиной 250 м составляет около 2 млн руб., и это при стоимости самой трубы не более 100 тыс. руб.!

Проектировщику не выгодно делать типовые решения, ведь в этом случае он лишится своего заработка на следующих объектах. Совершенно непонятно, почему проектировщики не понимают, что создав одно типовое решение, они создают почву для другого?

В результате разработанный проект «фабрики» не учитывал более 50% пожеланий заказчи-

ка, а стоимость всех решений примерно в 2,5 раза превышала требуемую по условиям договора. В то же время проект (в части горения) был выполнен с соблюдением необходимых требований, прошел соответствующую экспертизу промышленной безопасности и зарегистрирован в Мурманском Управлении Ростехнадзора.

Качество перехода на ВУТ очень сильно зависит от качества проектирования. При этом важно разделять процесс выбора технологического решения и его описания в соответствии со СНиП и ГОСТ. По состоянию на сегодня бессмысленно требовать от большинства проектировщиков проектное решение по ВУТ – они просто не в состоянии его сделать из-за отсутствия опыта.

В результате, наши специалисты пришли к выводу о необходимости координации и управления всеми стадиями внедрения ВУТ: от проектирования до производства работ. Такая координация включает формулировку требований для всех принимаемых технических решений (приготовление, сжигание, транспортировка, хранение ВУТ), координацию решений проектировщиков (де-факто – оформителей проекта) и производителей оборудования (котлов, горелок, форсунок и т.п.).

Ближайшие перспективы

За 4 года развития ВУТ наша организация прошла путь от заказчика до управления проектом внедрения. Были установлены связи с основными производителями котельного оборудования, подрядными организациями, отработаны типовые бизнес-схемы для заказчиков, инвесторов, банков. Создан интернет-портал «Водоугольное топливо» (www.vodougol.ru). Существует уже несколько решений для объектов различных масштабов: от мини-котельных до крупных ТЭЦ. На подходе целая линейка серийно выпускаемых котлов на ВУТ для малых потребителей (от 50 кВт до 2 МВт).

В ближайшее время будет завершено производство первого цеха приготовления в модульном

исполнении, что позволит существенно сократить затраты на транспортировку, монтаж и обслуживание. Мини-цех по приготовлению ВУТ будет располагаться в двух-трех модулях, каждый из которых сможет производить 10-12 т ВУТ в час.

Не следует забывать о мелкодисперсной золе, получаемой при сжигании ВУТ, которая утилизируема на 100%, поскольку замещает до 18% цемента (по заключению Кольского филиала РАН) в строительных блоках (без изменения технологии) [7]. Сегодня в стране существует нерешенная проблема утилизации больших объемов зольных отвалов от слоевого и пылеугольного сжигания.

Скорее всего, массовое использование ВУТ в ближайшее время следует ждать на Украине, где высокая цена на газ однозначно диктует необходимость его использования, и потребители не относятся к технологии как к чему-то новому, поскольку множество решений в области ВУТ во времена СССР отработывалось именно на Украине. Сегодня украинские предприятия, нацеленные на внедрение ВУТ, ищут оптимальные решения у нас в России, а украинским правительством уже выделено порядка 3,5 тыс. котлов для перевода на ВУТ в качестве основного топлива.

Что касается пос. Енский, надеемся, что к осени 2008 г. все же состоится полноценный запуск котельной на ВУТ. Также надеемся, что призывы вновь избранного Президента РФ по внедрению энергоэффективных технологий будут серьезно восприняты на местах, как руководство к действию. Мы либо станем свидетелями значительного технологического прорыва в этой области, что приведет к снижению тарифов в ЖКХ, либо будем продолжать заниматься обсуждением внедрения «новых» технологий в теплоэнергетику.

Литература

1. Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И., Нехорший И.Х. Производство и использование водоугольного топлива. 2001. 176 с.
2. Делягин Г.Н., Корнилов В.В., Кузнецов Ю.Д., Чернегов Ю.А. Совершенствование водоугольного топлива и перспектива его применения // Приложение к научно-техническому журналу «Экономика топливно-энергетического комплекса России». М.: ВНИИОЭНГ. 1993. 31 с.
3. Карпов Е.Г. Водоугольное топливо – технология будущего // Газета «Энергетика и промышленность России». 2007. № 5.
4. Морозов А.Г., Мосин С.И., Мурко В.И. ВУТ в теплоэнергетике // Энергия: экономика, техника, экология. 2007. № 4.
5. Использование вибротельных для приготовления ВУТ. <http://liquidcoal.ru/wps/2008/05/19/26>.
6. Кавитационные технологии для приготовления жидкого угля. <http://liquidcoal.ru/wps/2008/06/16/28>.
7. Крашенинников О.Н., Морозов А.Г., Пак А.А., Миханович И.А. Зольный отход от сжигания водоугольного топлива как микронаполнитель бетонов // Тезисы III международной конференции «Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов», г. Сыктывкар, 25-27 сентября 2007 г.