

**ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА  
КОТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ  
КОКСОХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ**

**THE PROBLEMS OF PRODUCTION OF  
FUEL FOR BOILERS FROM COKE-  
CHEMISTRY RAW MATERIALS**

© 2014 Герман К.Е.,  
Борисенко А.Л., к.т.н. (ГП «УХИН»)

Герман К.Е.,  
Borysenko A.L., PhD in technical sciences  
(SE "UKHIN")

*Рассмотрено использование коксохимического сырья в качестве вторичных энерго-ресурсов. Описаны существующие рецептуры приготовления ТКК и его физико-химические характеристики. Дана краткая характеристика сырья входящего в рецептуру приготовления ТКК. Сделан вывод о необходимости проведения более глубоких исследований.*

*The usage has been reviewed of coke-chemical raw materials as a waste energy. The existing recipes has been described of coke-chemical fuel for boilers and its physico-chemical characteristics. A brief description has been given for the raw materials, which are useful to the preparation of fuel for boilers. The conclusion has been made about the need for more in-depth research.*

Ключевые слова: энергоресурсы, альтернативные источники энергии, вторичные энергетические ресурсы, жидкие топлива, коксохимическое сырье, водотопливные эмульсии, экономия топлива, снижение выбросов.

Keywords: energy resources, alternative energy sources, waste energy, liquid fuels, coke-chemical raw materials, water-fuel emulsions, fuel economy, reducing of emissions.

\*\*\*\*\*

**В** настоящее время Украина все чаще сталкивается с проблемой нехватки энергоресурсов. Связано это как с низкой эффективностью использования энергоресурсов так и с увеличением их стоимости, а также значительной зависимости Украинской промышленности, в особенности теплоэнергетики, от стран импортёров энергоносителей. Повышение доли альтернативных, собственных энергоресурсов в энергетическом балансе отечественной теплоэнергетики является актуальной задачей.

Перевод ТЭЦ на использование угля при существующих методах очистки отходящих газов повлечет за собой ухудшение экологической обстановки на прилегающих территориях.

Массовый переход на использование возобновляемых источников энергии, к которым относятся солнечная энергия, ветровая, геотермальная и т.д. в краткосрочной перспективе не представляется возможным. Связано это, прежде всего, с высокой начальной стоимостью внедрения новых технологий, плохим состоянием ЖКХ, особенностями климатических условий, а также несовершенством отечественного законодательства в сфере использования альтернативных источников энергии и отсутствием эффективных профильных программ развития.

В современных условиях наиболее перспективным для украинской промышленности представляется развитие вторичных энергетических ресурсов, к которым относятся доменный и коксовый газы, газ метан дегазации угольных месторождений, преобразования сбросного энергопотенциала технологических процессов. За исключением метана все остальные вторичные энергоресурсы весьма ограничены в своем использовании. Что связано с их локализацией и сложностью транспортировки к потребителю.

Наиболее реальной и перспективной областью теплоэнергетики для внедрения альтернативных видов топлива является децентрализованное теплоснабжение небольших коммерческих и производственных объектов, а также малых ТЭЦ расположенных вдали от жилой застройки. На всех этих объектах и сейчас, как правило, используют жидкие виды топлива, в качестве основного или резервного.

Как правило, жидкие виды топлива используют там, где нет возможности подключиться к магистральному газопроводу либо это экономически нецелесообразно. Основные преимущества жидкотопливных систем состоят в

их автономности, высокой степени автоматизации и точности поддержания заданных температурных режимов. Неудобства же связаны с необходимостью решения вопросов хранения и доставки топлива.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что наиболее актуальным направлением в замещении природного газа и топочных мазутов, в энергетическом балансе Украины, является переход объектов децентрализованного теплоснабжения и малых ТЭЦ на использование альтернативных жидких топлив.

Одной из перспективных технологий производства альтернативных источников энергии, из вторичных энергетических ресурсов, является производство котельного топлива из коксохимического сырья.

Производство котельного топлива из коксохимического сырья ведется уже в течение последних 15 лет. В настоящее время котельное топливо из коксохимического сырья реализуют под различными названиями, в зависимости от наименования технических условий (ТУ), а также фантазии отдельных производителей и маркетологов. Однако наиболее обобщающим названием для котельных топлив на основе коксохимического сырья может служить «Топливо котельное коксохимическое».

Топливо котельное коксохимическое (ТКК) предназначено для использования в котлоагрегатах малой мощности (до 50 МВт) и относится к жидким видам топлива наряду с продуктами нефтепереработки. ТКК является альтернативным видом топлива по отношению к топочным мазутам М-40 и М-100, полученным в результате переработки нефти.

В настоящее время в Украине существует несколько ТУ на производство ТКК. Производство ТКК ведут на 5-ти крупных предприятиях таких как: ПАО «Запорожжкокс», ЧАО «Макеевкокс», ПАО «Евраз-Днепродзержинский КХЗ», ООО "НПО "Инкор и К",

ООО «Тар Альянс» использующих для производства, как собственное так и привозное сырье, а также более 10 небольших производственных компаний специализирующихся на переработке вторичных ресурсов, из которых основные производители ТКК это: ООО МП «Опытное производство», ООО "Альтер Групп", ПКФ «Модус Драйв», ООО ПКП «Алвема», ООО «ХимТрейд», ООО НПО «СИНТОП» и др.

Объем рынка ТКК составляет приблизительно 60 тыс.т/год. В последние годы наблю-

дается устойчивая тенденция по снижению производства ТКК на КХП и увеличению его выпуска небольшими производственными компаниями, специализирующимися на переработке вторичных ресурсов. Связано это, прежде всего, с нежеланием КХП обременять себя непрофильными производствами.

В табл. 1 приведены основные физико-химические показатели по каждому ТУ в сравнении с ДСТУ 4058-2001 на мазут топочный.

Таблица 1

Котельное топливо на основе коксохимического сырья	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	Вязкость условная, не более				Температура вспышки в открытом тигле неосушенного топлива, °С, не менее	Температура застывания, °С, не более	Теплота сгорания низшая в пересчете на сухое топливо, ккал/кг, не менее	Массовая доля серы, %, не более	Массовая доля механических примесей, %, не более	Зольность, %, не более	Массовая доля воды, %, не более	
		при 20 °С	при 50 °С	при 80 °С	при 105 °С								
Топливо котельное коксохимическое смешанное - альтернативное топливо ТУ У 322-00190443-042-97	ТКК-1	-	-	-	3,0	-	70	+10	7500	2,0	1,0	0,5	5,0
	ТКК-2	-	-	-	5,0	-	80	+15	7500	3,0	1,5	0,8	8,0
	ТКК-3	-	-	-	8,0	-	85	+15	7500	3,5	2,0	1,0	10,0
Топливо котельное ОАО "АКХЗ" альтернативное топливо ТУ У 24.1-00190443-041-2001	1100	-	-	-	1,3-1,5	-	80	+5	8500	1,0	0,1	0,05	5,0
Топливо котельное коксохимическое ТУ У 24.1-00190443-121-2001	-	-	-	-	2,0	-	67	-1	9000	0,8	-	0,1	4,0
Масло к/у для энергетических целей и обмывания угольной шихты ТУ У 322-00190443-191-97	1000-1100	-	-	-	-	-	99	-	-	-	-	-	1,5
Топливо котельное для энергетических целей ТУ У 24.1-00190443-079-2007	КТ-1	1060	-	-	1,0-2,0	-	80	+10	9000	0,8	-	0,1	1,0
	КТ-2	1090	-	-	1,0-2,5	-	90	+20	8500	0,8	-	0,1	1,0
Топливо котельное из коксохимических продуктов и продуктов нефтепереработки ТУ У 24.1-20324162-001-2003	ТК-1	1115	-	3,0	-	-	70	10,0	7500	2,0	1,0	0,5	5,0
	ТК-2	1115	-	5,0	-	-	80	15,0	7500	3,0	1,5	0,8	8,0
	ТК-3	1115	-	8,0	-	-	85	15,0	7500	3,5	2,0	1,0	10,0
Топливо печное нефтеуглехимическое ТУ У 322-00190443-102-2001	ПТНА	900	3,0	-	-	-	66	-25	8500	0,5	0,1	0,2	1,0
	ПТНБ	900	5,0	-	-	-	66	-15	8000	1,1	0,5	0,4	1,5
Топливо жидкое синтетическое ТУ У 24.1-00190443-081-2008	СЖТ-М	-	-	-	-	-	69	+15	8360	3,0	10,0	-	-
	СЖТ-КМ	-	-	-	-	-	69	+10	8360	2,5	10,0	-	-
	СЖТ-КМО	-	-	-	-	-	69	+12	8360	2,8	10,0	-	-
Топливо котельное ООО «НПО «ИНКОР И Ко». Опытная партия ТУ У 24.1-00190443-038-2010	Марка А	-	-	-	8	-	67	+10	8000	2,0	2,0	0,5	5,0
	Марка Б	-	-	-	-	8	78	+20	7500	3,0	2,0	1,5	8,0
ДСТУ 4058-2001 Мазут топочный	М40	870-980	-	-	8	-	90	+10; +25	9530-9730	0,5-3,0	0,5	0,04-0,12	1,00
	М100	900-1100	-	-	16	-	110	+25; +42	9530-9680	0,5-3,0	1,0	0,05-0,14	1,00

Как видно из таблицы ТКК очень близко к топочным мазутам по реологическим свойствам, однако теплотворная способность в основном ниже на 5-15 %. Массовая доля серы и механических примесей в ТКК как и в топочных мазутах зависит от исходного сы-

рья. Повышенная зольность ТКК связана со спецификой коксохимического сырья, содержащего больше, в сравнении с мазутом, механических примесей. Механические примеси ТКК по большей части представлены частицами угля, кокса и пека, которые в основном

состоят из углерода и сгорают при использовании ТКК до золы.

Также одним из основных показателей является температура застывания, она зависит в значительной степени от исходного сырья. В топочном мазуте из высокопарафинистой нефти температура застывания выше, в то время как на температуру застывания ТКК влияет компонентный состав. Повышенное содержание воды обусловлено тем, что большая часть коксохимического сырья образует стойкие эмульсии с водой, что затрудняет их гравитационное отстаивание. Выпаривание же требует значительных энергозатрат. Такая ситуация приводит к тому что полное удаление воды (до 1 %), существующими методами, нивелирует все экономические выгоды.

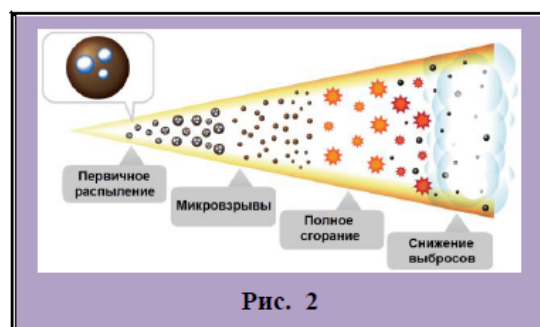
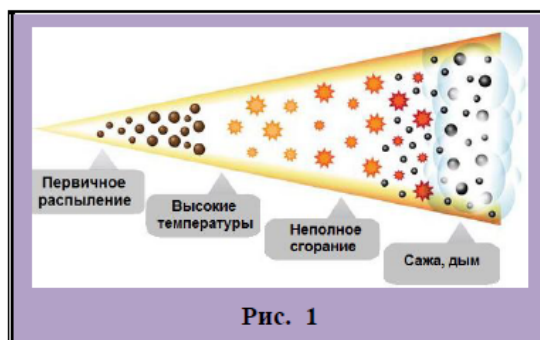
Влага в жидких топливах в неэмульгированном состоянии усложняет эксплуатацию мазутного хозяйства и может привести к нарушению режима горения топлива из-за возможного образования водяных пробок прерывающих равномерную подачу топлива к форсункам, а также пульсации и срыву горения. Повышенное содержание воды в сернистых жидких топливах, помимо всего прочего, увеличивает внутреннюю коррозию трубопроводов и аппаратуры вследствие растворения в воде некоторых агрессивных сернистых соединений. Однако в случае с ТКК повышенное содержание воды может оказаться преимуществом.

В настоящее время для повышения экономичности и экологической чистоты котельных установок, работающих на мазуте, широкое применение находят топливные эмульсии. Приготовление топливных эмульсий является действенным средством для экономии топлива и снижения выбросов в атмосферный воздух.

Расчеты и экспериментальные данные [1-4] однозначно говорят о том, что перевод котлов на сжигание водотопливных эмульсий (ВТЭ) является целесообразным, т.к. это улучшает

их энергетические показатели с повышением экологической чистоты производства.

Связано это в первую очередь с изменением процесса горения в топке котла. Вода играет роль катализатора горения за счет так называемого явления микровзрыва топливной капли, т. е. дополнительного диспергирования капли ВТЭ за счет парообразования [5]. На рис. 1 проиллюстрирована схема сжигания безводного мазута, а на рис. 2 ВТЭ.



Использование ВТЭ позволяет улучшить экологические характеристики по сравнению с использованием неэмульгированного топлива. В результате дополнительного измельчения капель после прохождения форсунки температура в камере сгорания выравнивается по объему, что, в свою очередь, снижает образование оксидов азота, возникающих в местах локальных максимумов температур. Также, снижается образование сажи и угарного газа (СО) за счет увеличения удельной реакцион-

ной поверхности капель топлива и интенсификации окислительных процессов.

Известно, что скорость цепной химической реакции пропорциональна концентрации активных центров, ведущих процесс. Для обводнённых топлив концентрация таких центров всегда будет больше, чем у необводнённых. С увеличением обводнённости топливной смеси растёт парциальное давление водяных паров и соответственно увеличивается количество диссоциированных молекул водяного пара [6]. При этом ВТЭ стабильно горят при содержании воды до 30 объёмных процентов, а иногда и более.

В настоящее время мало изучена стойкость ВТЭ к расслоению при хранении, применительно к конкретному способу их получения, что касается ТКК то эта проблема практически не изучалась. А ведь стабильность струк-

туры ВТЭ – важнейший эксплуатационный показатель. Также нет работ, содержащих подробное технико-экономическое обоснование применения в теплоэнергетике ТКК.

Физико-химические характеристики ТКК в основном зависят от исходного сырья. Сырье для изготовления ТКК можно условно разделить на 3 группы: продукты переработки каменноугольной смолы; побочные продукты получения и ректификации сырого бензола; а также жидкие «отходы» и побочные продукты КХП. Вовлечение в производство ТКК побочной продукции, не имеющей широкого рынка сбыта, и «отходов» КХП дает экономические выгоды и повышает экологическую безопасность КХП.

В табл. 2 приведены компоненты, входящие в рецептуры приготовления ТКК.

Таблица 2

Технические условия	Продукты переработки к/у смолы					Побочные продукты получения и ректификации сырого бензола			Отходы производства, побочные продукты и др.
	масло легкое	нафталиновая фракция (масло)	масло поглительное	антраценовая фракция (масло)	пекловые дистилляты	Полимеры бензольных отделений	Остатки кубовые ректификации сырого бензола	Сольвент-нафта	
Топливо котельное коксохимическое смешанное - альтернативное топливо ТУ У 322-00190443-042-97	-/+	+	+	-/+	+	+	+	-/+	+
Топливо котельное ОАО "АКХЗ" альтернативное топливо ТУ У 24.1-00190443-041-2001	-	+	+	+	-	-	-	-	-
Топливо котельное коксохимическое ТУ У 24.1-00190443-121-2001	+	-	+	+	-	+	+	-	-
Масло к/у для энергетических целей и обмасливания угольной шихты ТУ У 322-00190443-191-97	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Топливо котельное для энергетических целей ТУ У 24.1-00190443-079-2007	-/+	-/+	+	+	+	-/+	-	-	-
Топливо котельное из коксохимических продуктов и продуктов нефтепереработки ТУ У 24.1-20324162-001-2003	+	+	+	+	-	+	+	+	-

+ - входит в рецептуру производства ТКК;

-/+ - отсутствует в ТУ, но на практике может входить в рецептуру.

Также производство ТКК организовано на ООО «НПО «ИНКОР И К<sup>о</sup>» (Фенольный завод), которое является одним из основных производителей ТКК в Украине. Однако прак-

тически все произведенное ТКК они используют для собственных нужд. Сырьевая база этих ТКК разработана с учетом специфики предприятия не характерных для КХП в кото-

рую входят следующие компоненты: кубовые остатки ректификации сырых фенолов, донный остаток установки централизованной переработки нафталиновой фракции (ЦПНФ), оттек кристаллизации нафталин-содержащих масел, тяжелые пиридиновые основания, легкий погон от нафталин-содержащего каменноугольного сырья.

Как видно из табл. 2, основу рецептур производства ТКК составляют различные продукты переработки каменноугольной смолы, массовое содержание которых в ТКК составляет 40-70 %. Данный класс продуктов представляет собой смесь полициклических ароматических углеводородов, чем обусловлены их хорошие теплотехнические характеристики. Продукты переработки каменноугольной смолы являются товарной продукцией имеющей стабильно высокий спрос на рынке. Однако вовлечение их в рецептуру производства ТКК вместе с менее ликвидными продуктами и жидкими «отходами», кроме решения проблемы утилизации отходов дают экономические выгоды.

К побочной продукции можно отнести продукты получения и ректификации сырого бензола они входят практически во все рецептуры производства ТКК и в некоторых рецептурах могут составлять до 60 % по массе. Данные продукты представляют собой смолистые остатки после выделения из них бензольных углеводородов. Согласно [7, 8] полимеры бензольных отделений и остатки кубовые ректификации сырого бензола являются хорошими эмульгаторами, что усложняет процесс обезвоживания готовой продукции. Эта казалась бы негативная характеристика для основной товарной продукции КХП оказывает положительное влияние на качество ТКК. Присутствие в рецептуре приготовления ТКК эмульгаторов, теоретически позволяет обеспечить создание более устойчивой, однородной эмульсии воды в топливе с одновременным снижением ее вязкости.

Данное свойство побочных продуктов КХП вовлекаемых в производство ТКК позволяет исключить такой энергозатратный этап как полное обезвоживание продуктов входящих в рецептуру ТКК. В виду того, что побочные продукты получения и ректификации сырого бензола обводнены, исключение процесса обезвоживания повышает экономическую целесообразность производства ТКК. А также открываются широкие возможности для вовлечения в рецептуру жидких «отходов» и побочных продуктов КХП.

Побочные продукты КХП, представляющие собой водомасляную эмульсию, извлеченную из технологического водного стока или от промывки цистерн, в настоящее время все в той или иной степени вовлечены в производство товарной продукции либо сами являются таковой. Поэтому данный вид побочных продуктов отходами назвать нельзя. Характерной особенностью данного класса продуктов является высокая содержание в них воды, что сильно ограничивает возможность вовлечения их в рецептуру приготовления ТКК, в виду того, что действующими нормативными актами содержание воды в зависимости от ТУ У ограничено 1-10 %.

Очевидно, что наличие в рецептуре собственного, а потому не дорогого, эмульгатора теоретически открывает широкие возможности для расширения сырьевой базы и большего вовлечения обводненных продуктов. Что теоретически может снизить стоимость производства ТКК с одновременным улучшением его экологических характеристик.

Стоит отметить, что ни в одном из разработанных ТУ У на ТКК не учитывался такой показатель как стойкость эмульсии. Учитывая высокое содержание воды (до 10%) в ТКК это весьма существенное упущение т.к. коксохимическое сырье, в зависимости от происхождения, может служить как эмульгатором так и деэмульгатором, что непосредственно влияет на эксплуатационные характеристики ТКК.

Очевидно, что существующие виды ТКК имеют ряд существенных отличий по сравнению с нефтяным мазутом, как по составу, так и по физико-химическим свойствам.

До настоящего времени не проводились фундаментальные работы по исследованию ТКК с целью создания наиболее качественного продукта и повышения эффективности его использования. На данный момент производство котельного топлива проходит без каких-либо серьезных теоретических основ, что приводит к низкой эффективности его использования, при том, что данный вид топлива имеет значительный потенциал в децентрализованной теплоэнергетике.

В настоящее время политика государства, в сфере экономики энергоресурсов, направлена на создание топлив из различных видов альтернативного сырья, для снижения зависимости от импортируемых энергоносителей.

Таким образом, проведение подобного рода исследований является своевременным и актуальным.

Подводя итоги можно сделать вывод, что необходимо проведение более глубокого исследования ТКК с определением:

- факторов влияющих на теплотехнические и физико-химические свойства ТКК (элементный состав, компонентный состав);
- влияния компонентов ТКК на формирование реологических свойств;
- влияния содержания воды в ТКК на эмульгируемость, седиментационную (кинетическую) стойкость и теплотворную способность;
- состава механических примесей ТКК;
- концентрации и удельные выбросы ЗВ ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ , сажа, бенз(а)пирен) при сжигании ТКК;
- коррозионных свойств ТКК.

В связи с вышеназванным представляется целесообразным проведение исследований по расширению сырьевой базы производства ТКК для повышения технико-экономических показателей его производства и использова-

ния, что послужит стимулом для увеличения его доли в энергетическом балансе децентрализованного теплоснабжения.

#### Библиографический список

1. **В.Д.Юсуфова** Уменьшение вредных выбросов в атмосферу при сжигании водомазутной эмульсии в паровом котле / Юсуфова В.Д., Гарзанов А.Л., Каспаров С.Г., Парнас Р.М. // *Промышленная энергетика*. – 1984. – № 7. – С. 34-35.
2. **Воликов А.Н.** Сжигание газового и жидкого топлива в котлах малой мощности / А.Н.Воликов. – Л.: Недра, 1989. – 160 с.
3. **Горбанов Т.Р.** Особенности сжигания водотопливных эмульсий в котлах / Т.Р.Горбанов // *Энергетика и энергоэффективные технологии: сб. докл. IV междунар. науч.-практ. конф., 28-30 окт. 2010.* – Литецк: ЛГТУ, 2010. – С.11-12.
4. **Батуев С.П.** Улучшение экономических и экологических параметров котельных при сжигании водомазутных эмульсий / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2642](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2642).
5. **Thomas Houlihan, Author Affiliations / Boiler Emission Control With Fuel Oil Emulsion (FOE) Technology** / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.altpetrol.com/PDF/APT%20ASME\\_201006b.pdf](http://www.altpetrol.com/PDF/APT%20ASME_201006b.pdf).
6. **Геллер С.В.** Топливные эмульсии: проблемы и перспективы / С.В.Геллер // *Экологический вестник России* – 2012 г. – № 8. – С. 48-54.
7. **Лазорин С.Н.** Обезвреживание отходов коксохимических заводов / С.Н.Лазорин, Г.П.Папков, В.И.Литвиненко. – М.: Металлургия, 1997. – 238 с.
8. **Черкасов Н.Х.** Опыт использования отходов производства / Н.Х.Черкасов, А.А.Керн / *Вопросы технологии улавливания и переработки продуктов коксования. Тематический отраслевой сборник ВУХИН-УХИН.* – М.: Металлургия, 1974. – С. 41-44.

Рукопись поступила в редакцию 11.08.2014