

Предложенная конструкция отличается от циклонной топки, показанной на рис. 1, более совершенным устройством для создания тяги в цилиндрическом корпусе, при котором благодаря воздействию пульсаций создается восходящее движение газового потока. Однако основное отличие этой установки состоит в наличии устройства для подачи жидких отходов в цилиндрический корпус, которое включает также емкость для предварительной подготовки (подогрева) жидких отходов перед обезвреживанием.

Достоинства установки – интенсификация процесса обезвреживания благодаря использованию пульсирующего горения и циклонного способа сжигания, сокращение потребности в энергии (отсутствует вентилятор), небольшая стоимость и простота установки.

#### Заключение

1. Существующие циклонные топки имеют ряд достоинств и недостатков.
2. Существует циклонная топка с использованием процесса пульсирующего горения, которая сохраняет в себе достоинства циклонного способа и исключает его недостатки. Наряду с высокой эффективностью установка имеет недостаток – отсутствие

устройств для предварительной подготовки (разжижения и подогрева) жидких промышленных отходов.

3. В статье описана предложенная впервые усовершенствованная конструкция установки с пульсирующим горением для термического обезвреживания жидких промышленных отходов. Эта установка может быть использована на промышленных предприятиях и на очистных станциях канализации для термической обработки жидких отходов и концентрированных сточных вод.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков. – М.: Стройиздат, 1990. – С. 49–57, 60–61.
2. <http://www.eemash.ru/ecology/pererabotkaotходов/>
3. [http://www.ntpo.com/patents\\_waste/waste\\_2/waste\\_30.shtml](http://www.ntpo.com/patents_waste/waste_2/waste_30.shtml)
4. Циклонная топка: пат. 976 Респ. Беларусь, F 23C 11/04 / В.С. Северянин; заявитель Брестский государственный технический университет – № u20050356; заявл. 27.11.2002; опубл. 30.09.2003 // Афицыны бюл. / Нац. центр интеллектуал. уласнасці. – 2003.
5. Технологическое пульсационное горение / Под ред. В.А. Попова-М.: Энергоатомиздат, 1993. – С. 111–112.

Материал поступил в редакцию 11.04.11

NOVOSELTSEVA D.V. The application of mechanisms with pulsation combustion for thermal neutralization of liquid industrial wastes  
The possibility of thermal neutralization of liquid industrial wastes with the mechanisms of pulsation combustion has been researched.

УДК 547:[662.987:697.326](047.2)

Басов С.В., Халецкий В.А., Тур Э.А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПОЛНОЦЕННОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

**Введение.** Настоящее исследование было выполнено в рамках работы по разработке экологически полноценного состава теплоносителя для электродных отопительных котлов малой и средней мощности из компонентов, производимых на предприятиях Республики Беларусь или свободно реализуемых на территории Республики Беларусь через оптово-розничную торговую сеть.

Исследования проводились на кафедре инженерной экологии и химии БрГТУ, в соответствии с Договором 09/47 на создание (передачу) научно-технической продукции и оказание научно-технических услуг, заказчик – ООО «Белтаймсервис», официальный представитель компании «Галан» в г. Бресте. Результаты исследования внедрены в производство на ООО «Белтаймсервис» (Акты внедрения от 10.06.2009 и 17.12.2010 гг.).

Обзор и анализ научно-технической и патентной литературы, а также технических нормативных правовых актов [1–7] и последующие лабораторные испытания позволили разработать рецептуру состава низкотемпературного экологически полноценного теплоносителя, а также методику, позволяющую устанавливать его оптимальную удельную электрическую проводимость, с учетом специфики эксплуатации электродных котлов малой и средней мощности. Также были исследованы изменения состава и свойств теплоносителя при его эксплуатации в реальных системах в течение двух отопительных сезонов.

Как известно [5, 7], в электродных котлах нагрев теплоносителя происходит в результате пропускания через него переменного электрического тока. Конструктивно электродный котел представляет собой компактную емкость с размещенными в ней электродами и действует как проточный водонагреватель. Главной особенностью таких котлов, по утверждению их производителей, является высокий

коэффициент полезного действия – до 95–98 %. Напряжение, подающееся на электроды котла с частотой электрической сети, не вызывая электролиз, ионизирует молекулы теплоносителя, вызывая его нагрев. При этом сам теплоноситель, являясь элементом электрической цепи, должен обладать определенной оптимальной удельной электрической проводимостью, чтобы обеспечивать заявленные производителям эксплуатационные параметры, прежде всего мощность и коэффициент полезного действия. Использовать в качестве теплоносителя деминерализованную воду нельзя, поскольку она обладает очень малой электропроводностью. Также недопустимо применение водопроводной воды, но уже по причине слишком высокой электрической проводимости, вызванной наличием растворенных веществ, прежде всего солей, являющихся электролитами. Кроме того, использование в отопительных системах водопроводной воды в качестве теплоносителя может привести и к другим известным нежелательным последствиям:

- выходу из строя отопительной системы при кристаллизации в ней воды при отрицательной температуре окружающей среды;
- электрохимической коррозии конструктивных элементов отопительной системы из-за присутствия в воде растворимых солей и различных примесей;
- биологической коррозии внутренних теплопередающих поверхностей, что отрицательно сказывается на техническом состоянии и работоспособности всей системы отопления. Именно эти обстоятельства вызывают определенные проблемы при запуске и наладке отопительных систем на основе электродных котлов, для которых необходимо использовать теплоносители определенного состава и свойств. Так, например, для получивших широкое рас-

Басов Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Тур Элина Аркадьевна, к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Халецкий Виталий Анатольевич, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

пространение электродных котлов «Галан» и их аналогов удельная электрическая проводимость, заявляемая производителем, должна быть в пределах 280–320 мкСм/см при температуре 20°C.

Поскольку электродные отопительные котлы применяются в классической двухтрубной системе открытого типа с верхним розливом, то для обеспечения надежной, продолжительной, безаварийной работы электродного котла вся отопительная система должна соответствовать определенным ограничениям и требованиям. В том числе диаметр труб должен быть 32–40 мм, высота подающего стального стояка не менее 2 м, количество жидкости в системе – до 20 л на 1 кВт мощности электродного котла. Очевидно, что эти требования накладывают определенные ограничения и на тип применяемых в системе отопления радиаторов.

Тем не менее в оптимально спроектированной и налаженной отопительной системе электродный котел стартует с малой (менее 50%) номинальной мощностью и при нагревании постепенно выходит на равновесный режим, набирая номинальную мощность, что позволяет, используя современную автоматику, поддерживать заданную температуру в помещении с точностью  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ . Кроме того, электродные котлы обладают существенным достоинством – их размер в несколько раз меньше по сравнению с размером котлов такой же мощности с теплоэлектронагревателями (ТЭН), поскольку при пропускании электрического тока теплоноситель нагревается всем объемом, находящимся в котле. Это позволяет электродным котлам работать на 20–30 % экономичнее ТЭНовых котлов.

Очевидно, что при эксплуатации открытой системы отопления с электродным котлом возможно изменение химического состава и эксплуатационных свойств теплоносителя.

Необходимость данного исследования была вызвана отсутствием данных об изменениях состава и свойств разработанного нами состава теплоносителя при его эксплуатации в реальных системах в течение длительного времени.

**Методика эксперимента.** В настоящее время широко распространены спиртовые низкотемпературные теплоносители на основе моноэтиленгликоля. При всех своих положительных свойствах (относительно низкая стоимость, наличие антикоррозионных компонентов, присадок против накипи, пенообразования и т.п.) эти теплоносители, в связи с интенсивным развитием индустрии климата и изменениям

соответствующей нормативно-правовой базы, перестали соответствовать современным требованиям по безопасности и экологии.

Обзор соответствующей научной и патентной литературы позволил сделать вывод об оптимальности разработки экологически полноценного состава теплоносителя для электродных отопительных котлов малой и средней мощности на основе пропиленгликоля в комплексе с ингибитором коррозии, пеногасителем и компонентами, препятствующими образованию накипи. Пропиленгликоль (добавка USP E1520) широко применяется в силу своей безопасности и нетоксичности в пищевой и фармацевтической промышленности, косметологии, при производстве безалкогольных напитков и т.п.

При разработке состава теплоносителя также учитывались требования и ограничения по типу (материалу) радиаторов, применяемых в системах отопления на основе электродных котлов. Так, например, в случае применения радиаторов отопления из сплавов на основе алюминия, обязательным является контроль уровня pH раствора теплоносителя.

Путем лабораторных исследований была разработана методика регулирования и достижения требуемой электрической проводимости раствора теплоносителя. Удельную электрическую проводимость теплоносителя измеряли кондуктометром Hanna HI 9033 (Свидетельство о государственной поверке № 20344-50, выдано РУП «БелГИМ»).

Полученный раствор теплоносителя характеризуется: водородным показателем pH 7,5; температурой начала кристаллизации -40°C, при давлении  $1,01 \cdot 10^5$  Па; временем исчезновения пены – не более 1 с; плотностью 1015 кг/м<sup>3</sup>; показателем преломления  $n_D^{20} = 1,3575$ .

Температуру начала кристаллизации рассчитывали исходя из состава теплоносителя в соответствии с [2] с последующей экспериментальной проверкой в бытовой морозильной камере Bosch KIS 38A51. Время исчезновения пены определялось по серии лабораторных испытаний по методике, указанной в [3]. Плотность теплоносителя определялась денситометрически; значение водородного показателя измерялось pH-метром Hanna 211 (Свидетельство о государственной поверке № 253890-50, выдано РУП «БелГИМ»); показатель преломления измерялся рефрактометром ИФР-454 Б2М (Свидетельство о государственной поверке № 237341-50, выдано РУП «БелГИМ»).

Результаты проведенных исследований, усредненные по серии испытаний образцов теплоносителя, представлены в таблицах 1–3.

**Таблица 1.** Изменение удельной электрической проводимости теплоносителя при эксплуатации

Температура теплоносителя, °C	удельная электрическая проводимость, мкСм/см при времени эксплуатации теплоносителя, суток								
	0*	30*	60*	120*	180*	30**	60**	120**	180**
15	265	281	282	282	283	283	284	285	285
20	280	286	287	288	288	289	290	292	292
25	289	290	290	292	292	294	294	296	296
30	290	294	295	296	296	298	298	300	300
35	292	298	298	300	300	304	305	305	306
40	295	302	303	303	304	309	309	310	310
45	310	312	312	313	313	314	315	316	316
50	330	334	334	336	336	337	337	337	338
55	339	342	343	344	344	345	345	346	346
60	350	355	355	357	357	358	358	358	359
65	365	370	371	372	372	374	374	375	375
70	385	390	390	391	391	391	392	392	392

\* – первый отопительный сезон 2008/2009 г.; \*\* – второй отопительный сезон 2009/2010 г.

**Таблица 2.** Абсолютное и относительное изменение удельной электрической проводимости теплоносителя при эксплуатации по сравнению с исходным составом при температуре 20°C

время эксплуатации теплоносителя, суток	0*	30*	60*	120*	180*	30**	60**	120**	180**
<i>Изменение</i>									
абсолютное	–	6	7	8	8	9	10	12	12
относительное, %	–	2,14	2,50	2,85	2,85	3,21	3,57	4,29	4,29

\* – первый отопительный сезон 2008/2009 г.; \*\* – второй отопительный сезон 2009/2010 г.

Таблица 3. Изменение плотности, водородного показателя pH, показателя преломления  $n_D^{20}$  теплоносителя при эксплуатации

Исследуемый параметр	время эксплуатации теплоносителя, суток								
	0*	30*	60*	120*	180*	30**	60**	120**	180**
плотность, кг/м <sup>3</sup>	1015	1016	1016	1016	1016	1017	1017	1017	1017
pH	7,5	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2
$n_D^{20}$	1,3575	1,3582	1,3582	1,3583	1,3584	1,3584	1,3585	1,3587	1,3587

\* – первый отопительный сезон 2008/2009 г.; \*\* – второй отопительный сезон 2009/2010 г.

**Заключение.** Анализ полученных данных показывает, что удельная электрическая проводимость теплоносителя, его плотность, показатель преломления и pH незначительно изменяются, в основном, в течение 30 сут первого отопительного сезона, что, вероятно, вызвано наличием в системе (трубах, радиаторах и т.д.) примесей посторонних растворимых веществ. Температура начала кристаллизации, экспериментально определявшаяся в морозильной камере, перед началом эксплуатации теплоносителя и по окончании первого и второго отопительного сезонов осталась без изменений.

Таким образом, проведенное исследование показало, что при эксплуатации электродных отопительных котлов малой и средней мощности происходят незначительные изменения состава и свойств экологически полноценного теплоносителя, не превышающие допустимых пределов и не влияющие на эффективность использования данного теплоносителя в исследованной системе отопления.

Это позволяет утверждать, что разработанный теплоноситель может применяться и в других системах отопления со всеми типами нагревательных котлов, а также в солнечных батареях, в тепловых насосах и в других теплообменных аппаратах, системах кондиционирования воздуха и вторичных контурах холодильных установок, эксплуатируемых в условиях, где требуется соблюдение высокого уровня экологической безопасности.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
2. Справочник химика: в 6 т. / редкол. Б.П. Никольский (гл. ред.) [и др.] – Л.: Гос. научн.-техн. изд-во., 1962-1966. – 2-е изд., перераб. и доп. – Т. 5. – 1966. – С. 862–864.
3. Фомин, Т.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам / Т.С. Фомин. – М.: Протектор, 1995. – 624 с.
4. Генель, Л.С. Концентрат противокоррозионных и окрашивающих добавок для теплоносителей на основе пропиленгликоля / Л.С. Генель, М.Л. Галкин, С.С. Сорокин // Полимерные материалы. – 2006. – № 4. – С. 83–85.
5. Электрокотел в системе отопления // Мастерская: Строим дом. – 2011. – № 2. – С. 76–82.
6. Галкин, М.Л. Ингибиторы коррозии и отложения солей в системах охлаждения литевых форм / М.Л. Галкин, Т.М. Корнеева, Л.С. Генель, В.А. Брагинский // Полимерные материалы. – 2006. – № 4. – С. 79–82.
7. Мискун, В. Опыт применения электродных котлов / В. Мискун // Aqua Терм. – 2004. – № 2. – С. 22–24.

Материал поступил в редакцию 21.02.11

#### BASOV S.V., KHALETSKI V.A., TUR E.A. Investigation of the changes in composition and properties of ecologically valuable heat-transfer agent for low- and medium-powered electrode heating boilers during exploitation

An ecologically valuable heat-transfer agent for low- and medium-powered electrode heating boilers has been exploited; the changes in composition and properties of the involved agent have been investigated. Marginal changes in composition and properties of the heat-transfer agent have been detected, which do not exceed acceptance limits and do not affect the efficiency of the agent in question in the examined heating system.

УДК 620.9

Пехота А.Н.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ БАЛАНСЕ – ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ РЕЗЕРВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ СЫРЬЕВОЙ ТОПЛИВНОЙ БАЗЫ

**Введение.** Основной целью энергосбережения в целом является повышение энергоэффективности во всей стране, во всех ее городах и поселениях, во всех отраслях, для развития экономики страны и улучшения экологической ситуации. Задача – понять и определить, с помощью чего это возможно сделать, какие с экономической и экологической целесообразности максимально возможные меры и технологии необходимо принимать и использовать [1].

Стоит отметить также, что одной из глобальных проблем современной цивилизации является стремительный рост объемов промышленных и бытовых отходов. Несмотря на применяющиеся меры по их комплексной переработке, зачастую не всегда организовано рациональное, экономически выгодное, экологически безопасное обращение с отходами.

Использование вторичных ресурсов, являющихся отходами жизнедеятельности человека, в промышленной и бытовой сфере, позволит локализовать негативное воздействие отходов на окружающую среду, увеличить ресурсно-сырьевой потенциал и объем производимой товарной продукции из отходов производства, сэкономить сырье, материальные и топливно-энергетические ресурсы.

Среди широкого разнообразия образующихся отходов имеются малоиспользуемые отходы, которые могли бы найти применение в качестве альтернативных энергетических источников.

**Анализ ситуации.** Широкий спектр нефтесодержащих отходов, образующихся от эксплуатации динамично развивающейся в Республике Беларусь сети автозаправочных станций, нефтебаз, предприятий нефтедобычи и переработки нефтепродуктов и других отраслей народного хозяйства малоэффективно используются, а зачастую складываются в отведенных местах хранения [2].

К рассматриваемым нефтесодержащим отходам, образующимся на предприятиях, преимущественно относятся: эмульсии и смеси нефтепродуктов, отработанные масла и смазки, нефтешламы, остатки очистки емкостей, отходы нефтеловушек очистных сооружений, сорбирующие материалы, промасленная ветошь, опилки и другие остатки, содержащие нефтепродукты.

Основными причинами образования нефтесодержащих отходов являются технологические операции, связанные с переработкой, транспортировкой, выдачей и хранением различных нефтепродуктов, аварийные разливы, а также от эксплуатации, ремонта и обслу-

Пехота А.Н., руководитель поверочной лаборатории РДУП «Гомельский завод Эталон».

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология