

МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И УГОЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА УКРАИНЫ
МЕЖОТРАСЛЕВАЯ АССОЦИАЦИЯ «УКРТЕПЛОКОММУНЭНЕРГО»
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ НАН УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

*Материалы участников
XXIV международной конференции
(4–5 декабря 2014 г., г. Киев)*

*Под редакцией
кандидата технических наук
А. И. Сигала*

КИЕВ
ИПЦ АЛКОН
2015

УДК 504.03+620.9
ББК 28я43+31.19я43
П 78

Редакционная коллегия:

*канд. тех. наук А. И. Сигал,
канд. физ.-мат. наук Д. Ю. Падерно,
канд. тех. наук Н. Ю. Павлюк*

Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики :
П 78 Материалы участников XXIV международной конференции (4–5 декабря 2014 г., г. Киев) / Институт промышленной экологии. – К. : ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2015. – 234 с.
ISBN 978-966-8449-56-7

Материалы посвящены общим проблемам энергетики, экологическим проблемам теплоэнергетики, вызовам и перспективам приведения экологической политики в соответствие с нормативами Директивы 2010/75/ЕС, а также механизм внедрения внутренней торговли выбросами парниковых газов в соответствии с Директивой 2003/87/ЕС, проблемам эксплуатации объектов промышленной и муниципальной энергетики, современным технологиям сжигания топлив, экологически чистым и энергосберегающим технологиям, процессам сжигания бытовых отходов, проблемам энерго-экологического мониторинга, анализу автономных источников теплоснабжения.

УДК 504.03+620.9
ББК 28я43+31.19я43

ISBN 978-966-8449-56-7 © Институт промышленной экологии, 2015
© ИПЦ АЛКОН НАН Украины (оформление), 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Сигал А. И. КРАТКОСРОЧНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА УКРАИНЫ В СВЯЗИ С ПОДПИСАНИЕМ СОГЛАШЕНИЯ ОБ АССОЦИИИ С ЕС.....	9
Хиврич Ю. Е. ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРОГРАММА – ФИНАНСОВЫЙ МЕХАНИЗМ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА.....	11
Покровский Л. Л., Мостовой В. С. ПРОГРАММА РЕФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, ОТОПЛЕНИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ.....	15
Мацевитый Ю. М., Тарелин А. А. О СОЗДАНИИ В УКРАИНЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	19
Тарадай А. М. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В УКРАИНЕ.....	27
Ковалко О. М. ПРОБЛЕМИ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	29
Сигал О. І., Падерно Д. Ю., Корінчук К. О., Логвин В. О. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАМІНИ, МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЕНЬ МКП «ХЕРСОНТЕПЛОЕНЕРГО», НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ФАКТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОТЕЛЕНЬ.....	36
Радченко Є. М. ІНСТРУМЕНТИ ФІНАНСУВАННЯ ПРОЕКТІВ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ ГОСПОДАРСТВІ	39
Лір В. Е., Биконя О. С. ЄВРОПЕЙСЬКА АСОЦІАЦІЯ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТОРГІВЛІ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ	43
Стрѣга Виргиниюс ОПЫТ КОМПАНИИ «E-ENERGIJA» В СИСТЕМЕ ПО ТОРГОВЛЕ ВЫБРОСАМИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА.....	46

Куруленко С., Яценко І. АДАПТАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ВОДНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ЗАКОНОДАВСТВА ДО НОРМ ЄС ЗГІДНО УГОДИ ПРО АСОЦІАЦІЮ МІЖ УКРАЇНОЮ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМ СОЮЗОМ	50
Павлюк Н. Ю., Падерно Д. Ю. ПОТЕНЦІЙНІ НАСЛІДКИ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО (ПОКВАРТИРНОГО) ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ	56
Сігал О. І., Падерно Д. Ю., Павлюк Н. Ю. ЗМІНА ЕКОЛОГІЧНИХ НОРМАТИВІВ В УКРАЇНІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ДИРЕКТИВИ 2010/75/ЄС	60
Сігал А. І., Падерно Д. Ю., Павлюк Н. Ю. ВНУТРЕННІЙ РИНОК ПАРНИКОВИХ ГАЗОВ ДЛЯ ПРІДПРИЯТІЙ ТЕПЛОКОММУНЕНЕРГО УКРАЇНИ: ШАНС ІЛИ УГРОЗА	64
Сігал О. І., Логвин В. О., Бикорізі С. Й. НОРМУВАННЯ ВИКИДІВ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН З ПРОДУКТАМИ СПАЛЮВАННЯ В КРАЇНАХ ЄС, США, СНД	67
Сігал О. І., Логвин В. О., Бикорізі С. Й. ВИЗНАЧЕННЯ ДЖЕРЕЛ ВИКИДІВ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН В УКРАЇНІ	71
Сігал І. Я., Марасин А. В. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОТЛОВ НА БИОГАЗЕ	75
Письменный Е. Н. ТЕПЛООБМЕН И СОПРОТИВЛЕНИЕ ПУЧКОВ ВИНТООБРАЗНЫХ ТРУБ В ПОПЕРЕЧНОМ ПОТОКЕ	78
Кучин Г. П., Скрипко В. Я., Бикорізі С. І., Пузанов І. В. ДО ПИТАННЯ НОРМУВАННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОТИ І ВОДИ НА ПРОДУВКУ ВОДОГРІЙНИХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ КОТЛІВ	82
Каныгин А. В., Трубачев С. И. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА ВОДОГРЕЙНОГО ВОДОТРУБНО-ДЫМОГАРНОГО КОТЛА	87
Сігал О. І., Канигін О. В., Бикорізі С. Й. СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ОКСИДІВ АЗОТУ ПРИ СПАЛЮВАННІ ГАЗУ В КОТЛАХ МАЛОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ	94

Сігал О. І., Серебрянский Д. О., Бикорізі С. Й., Логвин В. О., Капітонов В. І. ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА УТВОРЕННЯ ОКСИДІВ АЗОТУ В ТОПКАХ КОТЛІВ	101
Фіалко Н. М., Прокопов В. Г., Шеренковский Ю. В., Алёшко С. А., Полозенко Н. П., Бутовский Л. С., Абдулин М. З., Иваненко Г. В., Варич А. В., Мартюк О. В. ВЛИЯНИЕ ШАГА СМЕЩЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПЛАМЕНИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ТОПЛИВА И ОКИСЛИТЕЛЯ	107
Фіалко Н. М., Прокопов В. Г., Шеренковский Ю. В., Алёшко С. А., Полозенко Н. П., Меранова Н. О., Бутовский Л. С., Абдулин М. З. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ	110
Фіалко Н. М., Абдулин М. З., Шеренковский Ю. В., Майсон Н. В., Серый А. А., Рокитько К. В. ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ЗОН В БЛИЖНЕМ СЛЕДЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПЛАМЕНИ	113
Любчик Г. М., Н. М. Фіалко, Реграгі А., Навродська Р. О., Кутняк О. М., Швецова Л. Я. ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДВОПАЛИВНИХ МОНАРНИХ ПАРОГАЗОВИХ УСТАНОВОК	116
Фіалко Н. М., Шеренковский Ю. В., Сарногло А. Г., Иваненко Г. В., Юрчук В. Л. ОСОБЕННОСТИ ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОБТЕКАНИИ МЕМБРАННЫХ ТРУБНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	120
Чернокрылюк В. В. ПРИМЕНЕНИЕ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ RIELLO ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ КОТЛОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ	123
Данильченко Ю. В. ГІДРОННІ ГАЗОВІ КОТЛИ – ПОТУЖНА АЛЬТЕРНАТИВА ЖАРОТРУБНИМ	126
Барский В. А., Фришман А. Е. АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОДУТЬЕВЫМИ МЕХАНИЗМАМИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ЭКО-3	128
Бабак С. В. ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ	133

Бабак С. В. ОБОБЩЕННЫЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ВОЗДУШНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ ..	136
Гомон В. И. ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ УТИЛИЗАТОРОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	139
Буйнявичус Кестутис ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ УТИЛИЗАТОРОВ ЗА КОТЛАМИ 50 МВт и ВЫШЕ	144
Письменный Е. Н., Багрий П. И., Вознюк М. М. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ ИЗ ПЛОСКООВАЛЬНЫХ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ	147
Фиалко Н. М., Степанова А. И., Навродская Р. А., Пресич Г. А., Шеренковский Ю. В., Гнедаш Г. А. ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАСТИНЧАТОГО ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	150
Фиалко Н. М., Пресич Г. О., Навродська Р. О., Гнедаш Г. О., Степанова А. І., Шевчук С. І., О. Ю. Глушак КОМПАКТНЕ КОМПОНУВАННЯ ПЛАСТИНЧАСТИХ ПОВІТРОГРІЙНИХ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНИХ АГРЕГАТІВ	156
Демченко В. Г. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ	160
Сігал О. І., Падерно Д. Ю., Корінчук К. О., Логвин В. О. ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ УТИЛІЗАТОРІВ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ЗА КОТЛАМИ ПОТУЖНІСТЮ БІЛЬШЕ 4 МВт КОТЕЛЕНЬ КП «ХАРКІВСЬКІ ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ» ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ КОТЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ	163
Фиалко Н. М., Навродська Р. О., Гнедаш Г. О., Шевчук С. І., Пресич Г. О., Глушак О. Ю., Сбродова Г. О. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТІВ КОТЛІВ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ РІВНЯХ ВОЛОГОСТІ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ	166
Вольчин І. А. МАЛОЗАТРАТНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ СІРКИ ПРИ СПАЛЮВАННІ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА	170

Плашихін С. В., Семенюк М. В. ОЧИСТКА ГАЗОВИХ ВИКИДІВ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ В ЦИКЛОННОМУ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІ	173
Семенюк М. В., Плашихін С. В., Серебрянський Д. О. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛОВЛЮВАННЯ ТВЕРДИХ ЧАСТОК У ВІДЦЕНТРОВОМУ ФІЛЬТРІ	176
Юдин М. А. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КГУ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА ПРОИЗВОДСТВА	178
Меллер В. Я. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТБО	182
Павлюк Н. Ю., Сигал А. И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТБО ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ УКРАИНЫ	188
Павлюк Н. Ю. ПОДХОДЫ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТБО В МИРЕ. ОСОБЕННОСТИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ	193
Корінчук Д. М., Безгін М. М. ТЕРМІЧНА ОБРОБКА БІОСИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА	198

НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ

• РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ИНСТИТУТОМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ	203
• КОТЕЛ ВОДОГРЕЙНЫЙ ВОДОТРУБНЫЙ, РАБОТАЮЩИЙ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ, ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 2,0 МВт (КВВ-2,0 Гн)	206
• КОТЕЛ ВОДОГРЕЙНЫЙ ВОДОТРУБНО-ДЫМОГАРНЫЙ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 0,63 МВт (КВВД-0,63 Гн)	207
• УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ И СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА КОТЛАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТАКТНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ	209
• МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ ПОДОВЫЕ ГОРЕЛКИ ТИПА МПИГ ДЛЯ КОТЛОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 10 Гкал/час	211
• ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТОПОЧНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КОТЛАХ ПУТЕМ УСТАНОВКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ (ВТОРИЧНЫХ) ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ	213

• РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ	215
• МОДЕРНИЗАЦІЯ КОТЛІВ ПТВМ-50	216
• ЭКОНОМИЯ ГАЗА И ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА КОТЛОВ ТВГ-8, ТВГ-8М, КВГ-7,56	218
• ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГОРЕЛОК КОТЛОВ ТИПА ДЕ И ДКВР С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА (ОСОБЕННО В ОСЕННЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД).....	219
• СОКРАЩЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ЖКХ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ	222
• СКРУББЕРЫ ИНТЕНСИВНОЙ ПРОМЫВКИ (СИП)	223
• СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЖИДКОГО ТОПЛИВА НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ КОТЕЛЬНОЙ ЗА СЧЕТ ПОДОГРЕВА ТОПЛИВА УХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ	225
• ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ФИЛЬТР	226
• ЦИКЛОФИЛЬТР	228
• ЦИКЛОННЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ	230
• ВИПРОБУВАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ІТТФ НАН УКРАЇНИ	232

УДК 502.5:504.38:613.5

А. И. Сигал

Институт промышленной экологии, г. Киев

КРАТКОСРОЧНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА УКРАИНЫ В СВЯЗИ С ПОДПИСАНИЕМ СОГЛАШЕНИЯ ОБ АССОЦИАЦИИ С ЕС

В настоящее время, как и раньше, Украина не уделяет достаточного внимания вопросам экологии. Подписание Украиной Соглашения об ассоциации с ЕС и принятие на себя обязательств об имплементации ряда директив, в частности, экологических (Директивы 2010/75/ЕС Европейского Парламента и Совета от 24 ноября 2010 о промышленных выбросах (всеобъемлющее предотвращение и контроль за загрязнениями), а также Директивы 2003/87/ЕС Европейского Парламента и Совета от 13 октября 2003 г. об установлении схемы торговли выбросами парниковыми газами...), показало, что Украиной потеряно много времени, которое будет нелегко наверстать.

Оборудование многих производств слишком изношено, поэтому показатели выбросов не могут соответствовать требуемым нормативам. У предприятий нет денег не только на глобальное обновление производственного фонда, но даже на локальную модернизацию. Предприятия спасаются от национальных экологических обязательств временными разрешениями на выбросы.

Поэтому введение вышеприведенных Директив может нанести серьезный как экономический, так и технический удар по целому ряду производств. Все зависит от того, как в Стране будет организован мониторинг сокращения выбросов.

Если будет осуществляться европейская практика, основанная на съемках из космоса с определением зон превышения фоновых загрязнений и безакцептном снятии штрафов с администрации данного населенного пункта, с последующим выявлением администрацией тех предприятий, которые виновны в фактическом загрязнении, тогда есть шанс, что система заработает.

Если же это будет мониторинг по СНГ-овски, когда решение о том, кто и в чем виновен, принимает инспектор, и, как обычно, можно решить вопрос на уровне инспектора, тогда мы по-прежнему будем иметь

экологические фонды, собирающие деньги в пользу государственной казны, и объем рынка природоохранного оборудования на предприятиях Украины, составляющий сейчас 3–5 % от объема вновь устанавливаемого оборудования, принципиально не увеличится, в то время как европейское соотношение – 50 % : 50 %, а иногда и 50 % : 75 %, т. е. системы очистки составляют 100–150 % стоимости основного оборудования. Если же пересчитать на такое соотношение наши 5 %, то одна единица газоочистного оборудования устанавливается за 10–15 агрегатами-загрязнителями.

Украина имеет большое количество слабозагруженных машиностроительных предприятий, дешевый металл, высокопрофессиональных проектировщиков, способных разработать конструкторскую документацию на пылегазоочистное оборудование.

В настоящее время в Европе пылегазоочистное оборудование разрабатывается эксклюзивно под каждую установку. Нам кажется, что Украине целесообразно поискать свое место в европейском распределении рынка путем заполнения ниши серийного производства типового газоочистного оборудования.

После 2017 г. мы вынужденно попадем в тяжелое положение по выбросам диоксида серы, и нам придется существенно снизить сжигание высокосернистых углей, т. к. стоимость сероочистки очень высока и приближается к 300 долл. США/кВт установленной мощности энергетического оборудования.

Ужесточение норм, в соответствии с Директивой 2010/75/ЕС, по выбросам пыли требует установки пылеочистного оборудования за котлами, работающими на древесине, пеллетах, различных видах биомассы, торфе, угле. Подобное оборудование разработано под ключ в Институте промышленной экологии.

Также появляется необходимость снижения выбросов оксидов азота с 300 мг/м³ (по действующим нормативам Украины) до 100 мг/м³ (в соответствии с Директивой).

Такое снижение является критичным для топливосжигающих установок.

Все методы сокращения выбросов оксидов азота делятся на методы снижения и методы газоочистки. Методы снижения стоят в 10 раз дешевле, чем газоочистка. Однако, из трех механизмов образования NO_x – топливные, термические и быстрые, методы снижения воздействуют только на термические. Таким образом, практически все известные методы, такие, как двухстадийное сжигание рециркуляция, балластиро-

вание зоны горения инертном, впрыск воды или пара и т.п., приводят к снижению максимальной локальной температуры в зоне горения, обеспечивая сокращение образования NO в ϵ раз. Таким образом, поскольку теоретически достижимой величиной является снижение в 2,7 раз, реально в ходе процесса достичь сокращения в 2,2–2,5 раз, что составляет 50–60 % снижения.

В связи с тем, что нам надо снизить в 3 раза (с 300 мг/м³ до 100 мг/м³), этих недорогих методов нам почти достаточно, однако все же придется использовать элементы газоочистки, что потребует несоизмеримо больших затрат.

Не будем останавливаться на методах газоочистки. Их существует достаточно много – от восстановления аммиаком до окисления озоном с последующей сорбцией. Однако все они являются дорогостоящими и сложными в эксплуатации.

К сожалению, проблем много, а времени и средств на их решение очень мало. Не исключено, что создание внутреннего рынка парниковых газов сможет оказаться тем финансовым инструментом, который позволит впервые со времен независимости Украины изыскать необходимые финансовые ресурсы для экологической модернизации топливосжигающих установок.

УДК 620.9.64:658.26

Ю. Е. Хиврич

Национальная Комиссия, что осуществляет регулирование в системе ЖКХ (2011–2014 гг.)

ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРОГРАММА – ФИНАНСОВЫЙ МЕХАНИЗМ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА

В текущем году, в связи с пересмотром тарифов на тепловую энергию и доведением возмещения затрат до 100 %, а также включения в тариф уровня рентабельности по группам потребителей: по «населению» до 4 %, по «бюджету» и «прочим потребителям» до 6 %, у предприятий теплоснабжения появились средства для технического перево-

оружения предприятия направленного на сокращение потребления энергоресурсов. С учетом того, что новые тарифы вступили в действие с 1 июля 2014 г., а фактически с 15 октября, в связи с переходом предприятий на сезонный тариф, то в 2014 г. предприятия теплоснабжения помогут только 50 % прибыли.

По расчетам специалистов Нацкомиссии на инвестпрограммы в системе теплоснабжения в 2014 г. можно направить около 1,4 млрд. гривен собственный средств предприятий. По состоянию на 17.11.2014 г. схвалено 35 инвестпрограмму на общую сумму 650 млн. гривен.

Согласно Закона Украины «Об инвестиционной деятельности в системе ЖКХ» Национальная Комиссия разработала и заюстировала «Порядок формирования инвестиционных программ предприятиями теплоснабжения. Согласно Порядка инвестпрограмма предприятиями теплоснабжения составляется по следующим видам деятельности:

- производство тепловой энергии;
- транспортировка и поставка тепловой энергии.

Для финансирования инвестиционной Программы используется несколько источников:

- бюджетные средства;
- кредитные ресурсы, в основном международных банков;
- собственные средства предприятий, которые состоят из амортизационных отчислений и прибыли предприятия.

Руководитель предприятия, зная источники финансирования и задачи стоящие перед предприятием составляет и утверждает инвестпрограмму согласно Порядка и подает ее на согласование Органу местного самоуправления, а затем Национальной Комиссии на утверждение.

В текущем году наша страна испытывает сложности с поставкой газа из России для предприятий ТКЕ. Поэтому Кабинет Министров Украины принял решение о сокращении потребления газа предприятиями ТКЕ на 30 %. В задание входило сокращение газа за счет технологического процесса до 10 %, остальное за счет оргмероприятий. В связи с тем, что это решение было принято в конце июля, то выполнить эту задачу очень сложно. По информации областей сохранить потребление газа за счет технологических процессов в этом отопительном периоде можно только на 3,4 %. Поэтому эта задача переносится на подготовительный период к новому отопительному сезону 2015–2016 года. Для выполнения этой задачи предприятиями теплоснабжения в текущем году до конца года разработать, утвердить, согласовать с местным органом самоуправления и подать Нацкомиссии на **схвалення**. В По-

рядке формирования инвестпрограмм записано, что инвестпрограмма подается в Нацкомиссию за 2 месяца до начала отопительного периода.

Главное, чтобы у предприятия была возможность в I квартале 2015 г. провести тендерные процедуры, а уже во II и III квартале выполнять работы и закончить их до начала отопительного сезона.

Согласно обстоятельств с газом в Программе должен быть мероприятие по сокращению потребления газа: закрытие подвальных и экономически невыгодных котельных, замена котлов «Нисту-5» на котлы с КПД – 92–94 %, установку теплоутилизаторов на котлах 8 Гкал и выше, установку экономических грелок, индивидуальных тепловых пунктов в домах. А средства инвестпрограммы по транспортировке и поставке тепловой энергии должны быть направлены на замену труб на трубы в пеномуре. А средства инвестпрограммы по транспортировке и поставке тепловой энергии должны быть направлены на замену труб на трубы в пеномуре.

Для составления такой программы, по моему мнению, нужно обследовать котельное хозяйство, определить меры по сокращению потребления газа, посчитать экономический эффект и срок окупаемости мероприятий, а потом приступить к разработке проектно-сметной документации.

В конце июля рабочая группа при Министерстве регионального развития, строительства, архитектуры и ЖКХ (руководитель группы Семчук Г. М.) заслушала все области по вопросу сокращения потребления газа. Эта рабочая группа рекомендовала предприятиями ТКЕ обратиться к специалистам по вопросу обследования мер по сокращению потребления газа. К сожалению этими рекомендациями воспользовались только 2-е области: Черкасская и Черновицкая.

Я считаю, что эту работу надо провести обязательно, надо точно знать куда вкладывать деньги и какой эффект получится от этого мероприятия. Эти работы можно включить в инвестпрограмму как проект сокращения потребления энергоресурсов (газа).

С учетом того, что изготовление проектно-сметной документации, ее экспертиза – это длительный процесс, Национальная Комиссия пошла на то, что разрешила предприятиям ТКЕ выполнять работы по сокращению потребления газа хозспособом (при наличии лицензии). Для этого предприятие делает расчет необходимого оборудования, включает его стоимость в инвестпрограмму, проводит тендер, закупает оборудование и устанавливает его собственными силами. За счет ремонтного фонда предусмотренного себестоимостью. Это обеспечит выполнение мероприятий по сокращению потребления газа.

Особенное значение этих мероприятий отводится в 2015–2017 гг., потому что согласно подписанного с МВФ Меморандума в мае

2015 года цена газа для ТКЕ увеличивается на 40 %, а с учетом того, что газ в себестоимости составляет 62–65 %, то тарифы на тепловую энергию повысятся на 25–27 %. В 2016 г. тарифы на газ вырастут еще на 20 % и в 2017 г. еще на 20 %. Хотя в концессионном согласовании записана задача до 2017 г. уйти от дотирования газа для предприятий ТКЕ 0 это газ по 5000 грн. за 1000 м², т. е. повышение в 4 раза и если сейчас не принять меры по экономии, сокращению потребления газа, то это сильно ударит по группе потребителей «население» и мы можем потерять централизованное теплоснабжение. А резервы у нас еще очень большие. Приведу несколько примеров: фактические удельные нормы потребления условного топлива собственных котельных за 2013 год по 68 крупных лицензиатов Нацкомиссии составляет 160,62 кг у. т. (Гкал), хотя в европейских странах этот показатель равен 156 кг у. т. (Гкал). И даже при этом показателе у предприятий «Луцктепло» – 164,87 кг у. т./Гкал, «Криворожтепломережа» – 163,13 кг у. т./Гкал, КП «Житомиртеплоэнерго» – 164,59 кг у. т./Гкал, ДМП «Ивано-Франковсктеллоэнерго» – 164,35 кг у. т./Гкал; ЛКМП «Львовтеплоэнерго» – 164,15 кг у. т./Гкал; ДКП «Зализничтеплоэнерго» – 162,95 кг у. т./Гкал. Это говорит о том, что резервы у нас очень большие и надо более предметно заниматься вопросами сокращения потребления газа.

И как пример я хочу напомнить о той работе, которую провел коллектив областного коммунального предприятия «Донецктеплокоммунэнерго» совместно с институтом промышленной экологии и институтом технической теплофизики (руководители п. Сигал А. И. и Долинский А. А.), где за 4 года имея разработанную программу удалось сократить потребление газа на 26 %, это при том, что это предприятие приняло все котельные шахтеров, металлургов, ж/дорожников. На предприятии провели оптимизацию теплоснабжения городов, закрыли около 30 котельных, заменили все котлы «Нисту-5» на жаротрубные котлы с КПД 92–94 %, установили около 40 теплоутилизатора, около 30 горелок разной модификации, установили 110 индивидуальных тепловых пунктов в домах, проложили около 200 км. Тепловых сетей в непонолиуритане. Если правильно определить задачу, просчитать все варианты и выбрать более экономически выгодный можно сделать очень много, и основной этой работы является правильно составление инвестиционной программы, как текущая, так и перспективная.

УДК 711.4+69.03

Л. Л. Покровский¹, В. С. Мостовой²

¹ *Академия Строительства Украины*

² *Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины,
Киев, Украина*

ПРОГРАММА РЕФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, ОТОПЛЕНИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Органам местного самоуправления, осуществляющим разработку генерального плана городов, в системе генеральных планов необходимо обеспечить схемами теплоснабжения, водоснабжения, транспортно-го обеспечения, размещения захоронений различного вида отходов. В генеральных планах предусматривается размещения жилищного фонда, фонда соц.-культ. быта, захоронений, предприятий производителей воды и тепла. А обеспечение всех вышеуказанных предприятий должны происходить согласно выше разработанных схем, создающих инфраструктуру городов. При этом необходимо учитывать топливно-энергетические балансы местных видов топлива для экономного использования газа, воды, твердых видов топлива, биомассы и т. д.

Необходима реконструкция инженерной системы городов: поставка газа, теплоэнергетической системы, электро- и водоснабжения и т. д. В сложившейся ситуации важным аспектом является оптимальное использование нетрадиционных видов топлива таких, как биомасса. Биомасса, как производная энергии Солнца в химической форме, является одним из наиболее популярных и универсальных ресурсов на Земле. Она позволяет получать не только пищу, но и энергию, строительные материалы, бумагу, ткани, медицинские препараты и химические вещества. Биомасса используется для энергетических целей с момента открытия человеком огня. Сегодня топливо из биомассы может использоваться для различных целей – от обогрева жилищ до производства электроэнергии и топлив для автомобилей.

Древесина, по-видимому, является наиболее известным примером биомассы. В процессе сжигания высвобождается энергия, которую дерево усвоило, поглотив солнечные лучи. Однако, древесина – только

один пример биомассы. Кроме древесины могут использоваться и другие виды биомассы – сельскохозяйственные отходы (например, жом сахарного тростника, стебли кукурузы, рисовая солома и шелуха, скорлупа орехов), древесные отходы (например, опилки, порубочные остатки, щепа), бумажные отходы, отходы зеленых насаждений в городском мусоре, энергетические растения (быстрорастущие деревья, например, тополь или ива, и такие травы, как просо), а также метан, собранный на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО), станциях очистки муниципальных сточных вод. Для этой цели может использоваться и навоз животноводческих и птицеферм.

Биомасса считается одним из ключевых возобновляемых энергетических ресурсов будущего. Сегодня она обеспечивает 14 % потребления первичной энергии. Для трех четвертей населения человечества, живущих в развивающихся странах, биомасса является самым важным источником энергии. Увеличение населения и потребления энергии на одного жителя, а также истощение ресурсов ископаемого топлива приведут к быстрому увеличению спроса на биомассу в развивающихся странах. В среднем, в развивающихся странах биомасса обеспечивает 38 % первичной энергии (а в некоторых странах 90 %). Весьма вероятно, что биомасса останется важным глобальным источником энергии в развивающихся странах в течение всего 21 века.

В связи со сложившейся ситуацией в области традиционного топлива в Украине встает вопрос о более полноценном использовании не традиционного топлива. В нашей стране работают предприятия использующие биомассу для решения энергетических вопросов. Из обзора предприятий и организаций, занимающихся данным вопросом можно привести в пример украинско-немецкую группу компаний ICKGroup, которая разрабатывает и внедряет энергосберегающие технологии на основе использования растительных отходов деревообработки и сельхозпереработки, а также изготавливает технологическое оборудование TMGRANTECH для гранулирования и подготовки теплового агента. В настоящее время группа компаний обладает технологией переработки и гранулирования более 60 видов сырья.

Для успешного системного подхода к использованию инженерных компаний и групп, занимающихся использованием нетрадиционных видов топлива необходим системный государственный подход. При Внедрение этого подхода необходимо учитывать топливно-энергетическими балансами как в регионах, так и в целом по стране. Системные подходы к работе энергетических и промышленных компаний может

привести на первом этапе высвобождение газа до 5–7 млрд. куб метров. Более глубокие предложения в этом направлении можно сделать, взяв определенные структуры городского или поселкового типа и внедрить этот метод.

Как показывает мировой опыт, обеспечить динамичное развитие современных городов в рыночных условиях развития экономики города, может только комплексный подход в развитии инфраструктуры и как следствие развитие застройки городов страны. Это может быть осуществлено только при жесткой законодательно-нормативной базе.

Исходя из практики городской застройки и развития строительной индустрии, появились решения позволяющие сохранить индивидуальность, характер и облик городов. Несмотря на то, что каждая эпоха принимала свои градостроительные принципы, все же необходимо сохранять исторический облик городов. Реконструкция городской застройки помогает преобразовать сложившуюся среду города в направлении с социальными требованиями, комплексная реорганизация пространства города, в которой учитываются социально-культурные аспекты, архитектурно-художественные и что немаловажно организация деятельности населения. Конечно же, необходимо обратить внимание на экологический аспект развития.

За годы независимости в Украине наблюдаются существенные изменения в развитии промышленности страны, что привело к нерациональному использованию промышленных объектов и сопутствующих инфраструктур. Необходимо учесть современные нужды промышленности и исходя из этого, произвести реформы промышленных объектов и их инфраструктур. На примере Киева мы видим, что ряд промышленных зон и предприятий, которые расположены на дорогой территории, и имеют развитую инфраструктуру, не используются по назначению, что приводит к не оптимальному использованию ресурсов. Ряд таких объектов с развитой инфраструктурой можно использовать как площадки для городского строительства. Тем более, что такие объекты имеют развитую инфраструктуру, подведены различные коммуникации, созданы транспортные развязки, обеспечивающие функционирование объектов. При застройке промышленной территории необходимо учитывать исторические, социально культурные, архитектурно-художественные аспекты и деятельность населения. Так застройка промышленных зон Дарницы и центра Киева должны отличаться из-за вышеотмеченных особенностей развития районов. Поэтому, интегрируемые в развитый район объекты, должны учитывать все вышепере-

численные особенности района, и как следствие, должны иметь уникальные проекты и решения.

Как показывает опыт зарубежных стран, по применению централизованных систем энерго- и теплоснабжения, во-первых, не следует вести разбалансировку этих систем, а во-вторых, в домах не приспособленных к использованию не центрального отопления не стоит монтировать квартирные котельные установки. Как говорилось неоднократно инженерными структурами, для внедрения таких объектов, необходим монтаж вентиляционных систем, кабельных сетей, и т. д. Если строятся отдельные объекты, не привязанные к централизованной системе района, города, тогда можно применять любые децентрализованные системы с установкой соответствующих систем и сетей. Учитывая ночные провалы электропотребления, для экономии газового топлива в малых городах, ПГТ, сельской местности, коттеджных городках, целесообразным является использование электрокотлов.

Необходимо учесть и аспект безопасности при эксплуатации и строительстве объектов, подвергаемых большим эксплуатационным нагрузкам. Изменение состояния строительных конструкций в процессе их эксплуатации может привести к нежелательным, а порой и катастрофическим последствиям. Причиной разрушений инженерных сооружений и их составляющих зачастую являются структурные изменения композиционных материалов под действием возникающих в процессе эксплуатации нагрузок и естественного старения объекта. Примером таких последствий могут служить широко известные недавние обрушения строительных конструкций в ФРГ, Франции, Японии, Латвии, России и т. д. Динамический мониторинг исследуемых объектов позволяет прогнозировать состояние как самого объекта в целом, так и его конструктивных составляющих. Только последовательный мониторинг может обеспечить своевременное обнаружение предкатастрофического состояния объекта.

С этой точки зрения в теплоэнергетике, в первую очередь, стоит обратить внимание на состояние дымовых труб. Учеными 32 отделения Академии строительства Украины «городское строительство» был создан оригинальный метод динамического мониторинга инженерных и природных объектов. Данный метод построен на новом способе отслеживания механических характеристик любого исследуемого объекта, который позволяет фиксировать динамические изменения его прочностных параметров, возникающих в результате структурных деформаций, как всего объекта, так и его составляющих.

В рамках предлагаемого метода разработаны математические модели и алгоритмы, реализованные в физическую систему, применение которой производится с целью определения информативных характеристик исследуемого объекта для прогноза поведения его дальнейшего состояния.

Практическая реализация данного метода позволит существенно снизить эксплуатационные риски и продлит время эксплуатации рассматриваемых объектов.

УДК 620.9; 504.064

Ю. М. Мацевитый, А. А. Тарелин

ИПМаш им. А. Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

О СОЗДАНИИ В УКРАИНЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Отдавая себе отчет в том, что вынесенная в заголовок статьи проблема волнует многих и что многие научно-исследовательские институты и университеты стараются так или иначе решать ее, мы призываем объединить усилия академической и прикладной науки энергетического профиля с соответствующими промышленными предприятиями, университетами и проектно-конструкторскими организациями для интенсификации инновационного развития экономики Украины и, в частности, для развития отечественной энергетики и энергомашиностроительного комплекса.

Страны ЕС уделяют особое внимание формированию и развитию элементов инновационной инфраструктуры с использованием эффектов синергии от интеграции научных исследований и инноваций, образования, различных вариантов политики поддержки и стимулирования инновационной деятельности. Именно к таким инфраструктурным элементам относятся инновационные кластеры (ИК) и технологические платформы (ТП), первые из которых появились еще в 2004 году. Их роль и значение в экономическом развитии ЕС подкрепляется такими документами, как «Манифест кластеризации ЕС» (Брюссель, 2007) и «Европейский кластерный меморандум» (Стокгольм, 2008). С исполь-

зованием этого опыта, идея создания кластеров и технологических платформ в целях содействия развитию экономики концептуально поддержана рядом государств постсоветского пространства [1, 2].

Учитывая мировые тенденции в области реструктуризации научно-производственных отношений в сторону усиления роли интеллектуальной составляющей, Научный парк «Наукоград-Харьков» инициировал формирование ряда новых инновационных структур (технологических платформ и кластеров) национального и международного уровня с включением в них организаций, имеющих научно-технический задел и сохранивших кооперационные связи.

Технологическая платформа (ТП) – это организационная структура, создаваемая для реализации механизма государственно-частного партнерства в сфере научно-технологического и промышленного развития по наиболее перспективным направлениям исследований и разработок с участием заинтересованных сторон, и способствующая улучшению взаимодействия и развитию кооперации между государственными и муниципальными органами, организациями науки, образования, реального сектора экономики, социальной сферы, организациями и объединениями гражданского общества, связанными технологически и/или имеющими единую область применения результатов (см. рисунок).



Рисунок. Цели и основные принципы формирования ТП

Основными стадиями формирования и развития технологической платформы являются:

1. Анализ научно-технологического направления на долгосрочную перспективу, в процессе которого осуществляется:

- оценка ключевых вызовов;
- определение стратегических целей и возможных путей технологической модернизации;
- оценка временных рамок;
- оценка научно-технологического потенциала;
- определение приоритетных направлений для проведения исследований и разработок.

2. Стратегическая программа исследований, которая содержит:

- определение приоритетов в проведении НИОКР и основных потенциальных участников;
- выстраивание научной кооперации и определение возможных консорциумов;
- определение необходимых направлений развития научной инфраструктуры;
- формирование программ обучения;
- определение направлений и принципов развития системы сертификации;
- оценка необходимого финансирования.

3. План внедрения стратегической программы исследований – это:

- определение различных возможных источников финансирования;
- создание организационной структуры для мониторинга прогресса и проблем, уточнения необходимых направлений исследований и разработок;
- определение инструментов взаимодействия по выбору приоритетов и обмену достигнутыми результатами;
- определение «дорожной карты»;
- генерация постоянно-уточняемого «портфеля проектов», подчиненная решению стратегических задач с учетом ресурсных «рамок».

Основными проблемами, которые необходимо решать на этом этапе, являются:

- неясность (слабая структурированность) интересов бизнеса;
- ограниченный «горизонт планирования», низкая инновационная восприимчивость бизнеса;
- недостаточность влияния бизнеса на тематику исследований и на учебные программы университетов;
- фрагментарность сектора исследований и разработок, а также проблемы трансформации результатов НИОКР в коммерческие технологии;

- неоднородность сектора исследований и разработок (в том числе – на уровне подразделений);
- неясность компетенций;
- слабое распространение полученных результатов;
- дублирование НИОКР, поддерживаемых государством;
- слабое распространение полученных результатов;
- наличие барьеров в распространении технологий, связанных с отраслевым регулированием;
- отсутствие «потока» качественных инновационных проектов и др.

Задачами технологических платформ по консолидации инновационной деятельности (в том числе – с конкретными целями) являются:

- создание новых возможных направлений технологической модернизации и повышение ее результативности за счет развития научно-производственных партнерств;
- расширение круга потенциальных «бенефициаров» от исследований и разработок, поддерживаемых государством;
- улучшение условий для распространения передовых технологий в производственную сферу;
- привлечение дополнительных негосударственных ресурсов в инновационную деятельность;
- объединение ресурсов на приоритетных направлениях инновационного развития;
- отбор лучших примеров, а также формирование «центров превосходства» в секторе исследований и разработок и развитие системы связей между ними;
- расширение возможностей по оценке приоритетности для социально-экономического развития различных научно-технологических направлений.

Инновационный кластер представляет собой группу географически (территориально) локализованных взаимосвязанных предприятий, организаций и учреждений, взаимодополняющих друг друга и усиливающих конкурентные преимущества деятельности отдельных его участников и кластера в целом [3].

Общность технологических платформ и кластеров состоит в том, что они способствуют интенсификации инновационной активности за счет следующих факторов:

- усиления влияния потребностей бизнеса и общества на реализацию важнейших направлений научно-технического развития;

- выявления новых научно-технологических возможностей модернизации существующих и формирования новых секторов экономики;
- определения направлений для быстрого распространения перспективных технологий;
- стимулирования инноваций, поддержки научно-технической деятельности и процессов модернизации предприятий;
- расширения научно-производственной кооперации и формирования новых партнерских связей в инновационной сфере.

При формировании ТП и кластеров выигрывают все участники инновационного процесса.

Для бизнеса – это:

- улучшение среды для инноваций, стимулирование спроса на инновационную продукцию;
- улучшение качества подготовки кадров с учетом необходимых технологических компетенций;
- финансовая поддержка реализации инновационных проектов;
- технологическая модернизация и расширение горизонта планирования;
- выпуск принципиально новой продукции;
- расширение возможностей выбора партнеров и селекция лучших контрагентов;
- политическая поддержка на мировых рынках, формирование международных альянсов по направлениям, характеризующимся высокими рисками и требующим объединения ресурсов;
- поддержка и внимание общественности, а также расширение спроса населения на инновационную продукцию (услуги).

Для науки – это:

- привлечение бизнеса к партнерству с научными организациями, демонстрационный эффект для инвесторов и расширение спроса бизнеса на НИОКР;
- расширение компетенций, представляющих интерес для бизнеса (обучение, инжиниринг, дизайн, долгосрочное прогнозирование);
- включение малых фирм, созданных научно-образовательными учреждениями, в сеть субподрядных организаций;
- заполнение «провалов» прикладной науки;
- формирование новых коопераций и проектов сотрудничества в научном секторе;
- формирование центров компетенций, в том числе на уровне подразделений научных и научно-образовательных организаций;

– формирование потенциала для реализации сложных проектов с множеством участников.

Для государства – это:

- определение средне- и долгосрочных приоритетов научно-технологической политики;
- концентрация на приоритетных направлениях модернизации экономики частных и государственных ресурсов;
- координация НИОКР, финансируемых за счет бюджетных и внебюджетных средств;
- выявление направлений совершенствования регулирования, в том числе – отраслевого;
- улучшение условий для распространения передовых технологий;
- повышение эффективности крупных госкомпаний;
- повышение результативности бюджетных расходов.

Движение в направлении создания подобных инновационных структур может и должно представлять интерес для эффективного развития национальной экономики Украины и для налаживания ее тесного политического и научно-экономического сотрудничества с ЕС.

Таким образом, создание указанных структур является актуальной задачей как для государства и таких его органов, как НАН и МОН Украины, так и для внебюджетных государственных и негосударственных инновационных объединений (научных и технологических парков, бизнес-инкубаторов), а также для научных и образовательных учреждений, занимающихся инновационной деятельностью.

С учетом имеющегося научно-технического, кадрового и производственно-технологического потенциала Научного парка «Наукоград-Харьков» и его партнеров, начаты работы по формированию таких 4-х национальных технологических платформ (ТП):

- Экологически чистая энергетика высокой эффективности
 - Топливные технологии
 - Высокие технологии машиностроения
 - Утилизация отходов и экология;
- и инновационных кластеров (ИК):
- энергетического машиностроения;
 - аэрокосмический.

Для формирования представлений о конкретных задачах, решаемых участниками технологической платформы, более подробно приведем вариант проекта ТП **«Экологически чистая энергетика высокой эффективности»**.

Проблемы, на решение которых будет направлена деятельность ТП. Для обеспечения условий энергетической безопасности Украины, повышения конкурентоспособности предприятий и решения социальных проблем необходимо: повысить эффективность энергогенерирующих предприятий, уменьшить энергоемкость производства, повысить эффективность добычи и переработки топлив, внедрять энергосберегающие и ресурсосберегающие технологии, развивать нетрадиционные методы получения энергии, использовать альтернативные виды топлив. Большой вклад в решение перечисленных задач могут внести масштабные инновационные проекты в области разработки новых технологий, обеспечивающих повышение энергоэффективности генерации и использования различных видов энергии и энергоносителей как на стадии их получения, так и в процессе использования в различных отраслях экономики, которые целесообразно реализовать в рамках деятельности создаваемой платформы.

Предпосылки создания ТП. Создание технологической платформы обусловлено наличием исторически сложившихся устойчивых связей между ведущими научно-исследовательскими структурами, университетами и промышленными предприятиями Украины в области энергетики, энергомашиностроения и экологии. Кроме того, успешному функционированию платформы будут способствовать созданные и активно развивающиеся различные инновационные структуры.

Цель создания ТП. Деятельность платформы будет направлена на реализацию стратегического приоритетного направления инновационной деятельности «Модернизация электростанций, новые и возобновляемые источники энергии, новые ресурсосберегающие технологии», связанного с созданием и промышленным производством энергооборудования нового поколения, работающего на природном газе, угле, биомассе, различных отходах производства, с использованием последних разработок в области материаловедения, энергомашиностроения, энергетики и с учетом современных требований к экологической безопасности.

Основные направления деятельности:

1. Реновация и совершенствование энергогенерирующего оборудования электростанций.
2. Разработка и внедрение высокоманевренного паротурбинного оборудования повышенной энергоэффективности.
3. Разработка и внедрение паротурбинного оборудования, работающего на сверхкритических параметрах пара.

4. Разработка газотурбинных установок повышенной эффективности со сложными тепловыми схемами.
5. Использование вторичных энергетических ресурсов промышленных предприятий.
6. Внедрение новейших конструкций ветроагрегатов сетевого и автономного назначения.
7. Расширение сферы и увеличение объемов использования солнечной и геотермальной энергий.
8. Регенерация энергии с помощью тепловых насосов.
9. Внедрение мини- и микроГЭС для использования энергии малых рек и потоков в технических системах.
10. Перевод ТЭС и ТЭЦ на твердые топлива.
11. Энерго- и ресурсосбережение.

Основные участники технологической платформы «Экологически чистая энергетика высокой эффективности»:

Промышленные предприятия	ОАО «Турбоатом», ГП «Электотяжмаш», ОАО «Турбогаз», ПАО СМНПО им. Фрунзе, ГП «Завод Коммунар», ЗМКБ «Ивченко-прогресс», ОАО «МоторСич», ГП НПКГ «Зоря-Машпроект», Полтавский турбомеханический завод, Концерн «Укрросметалл», ТЭС, АЭС, ГЭС, ГАЭС Украины и др.
Научные организации	ИПМаш НАН Украины, ИЭД НАН Украины, ННЦ «ХФТИ», ИЭУТ НАН Украины, ИТТФ НАН Украины, ИОЭ НАН Украины, ИВЭ НАН Украины, ИПБАЭ НАН Украины, ИГ НАН Украины, ХЦКБ «Энергопрогресс», ООО «Харьков-турбоинжиниринг», «Укр-гидропроект», ООО НТП «Котлоэнергопром».
ВУЗы	НТУ «ХПИ», НТУУ «КПИ»ХНУ им. В.Н. Каразина, НАКУ «ХАИ», ХНАДУ, ХНУГХ, НКУ, ОНПУ,
Инновационные структуры	НП «Киевская политехника», НП «Наукоград-Харьков», Технопарк ИЭС, Технопарк ИТТФ.

В заключение отметим, что реализация инициатив по развитию национальных технологических платформ и инновационных кластеров является одним из мощных инструментов интенсификации взаимодействия фундаментальной и прикладной науки с производственной сферой для подъема и развития экономики Украины.

Список использованной литературы

1. Развитие промышленно-инновационных кластеров в Европе: эволюция и современная дискуссия / С. И. Рекорд. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 109 с.
2. Митенев В. В., Кирик О. Б. Кластер как фактор развития экономики // Экономические и социальные перемены в регионе: факты, тенденции, прогноз. – Вологда: ВНКЦ, 2006. – Вып. 34. – С. 47–53.
3. Портер М. Конкуренция. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 608 с.

УДК 697.3

А. М. Тарадай

МРК «Теплоэнергия», г. Харьков

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В УКРАИНЕ

Снижение потребления энергоресурсов всегда было важнейшей государственной задачей. Особое значение она приобрела в нынешней политической ситуации, когда Российская Федерация практически прекратила поставки газа в Украину. Для грамотного решения задачи экономии тепла следует исходить из величин фактических потерь основных составляющих системы теплоснабжения:

- жилые дома, здания соцкультбыта и админздания – до 60 %;
- магистральные и распределительные тепловые сети – до 30 %;
- источники тепла – до 10 %.

Как показывает отечественный и мировой опыт, из всех категорий потребителей наихудшая ситуация складывается в жилых домах. Даже если они оборудованы общим прибором учета, теоретически, каждый жилец должен был экономить тепло, т. е. свои деньги, и это давало бы экономию в целом. Однако, наш менталитет и «коллективизм» свидетельствуют о том, что без учета тепла каждой квартирой, никакой общей экономии мы практически не получаем.

Общий счетчик на вводе в жилой дом в лучшем случае дисциплинирует потребителя, но как показывает практика, не приводит к

реальной экономии тепла каждым квартиросъемщиком. Очевидно, что для включения каждого жильца в процесс экономии тепла в каждой квартире должен быть установлен свой коммерческий счетчик, по которому он сам платит.

Мы предлагаем сосредоточить работу по снижению расхода тепла на следующих нижеизложенных направлениях.

Первое направление – абоненты. Максимум усилий и средств необходимо сосредоточить на качественном утеплении всех жилых и бюджетных объектов. Для вовлечения владельцев квартир в этот процесс, в том числе и финансово, необходимо реконструировать внутримногоквартирные системы отопления, превратив их из нерегулируемых вертикальных однотрубных в горизонтальные поквартирные двухтрубные.

Второе направление – изоляция тепловых сетей. Вопрос теплоизоляции и реконструкции тепловых сетей является весьма актуальным для всех централизованных систем теплоснабжения. Заменяя устаревшие, отработавшие свой ресурс тепловые сети традиционной канальной прокладки на бесканальные предизолированные, мы видим реальное сокращение потерь тепла (расхода газа) на 10–15 % для систем централизованного теплоснабжения, а их в стране имеют большинство городов и населенных пунктов.

Третье направление – источники тепла.

1) **Теплоэлектроцентрали всех форм собственности работающие на любых видах топлива. Максимальная загрузка отборов турбин ТЭЦ** для возможности получения тепла когенерационным способом на базе выработки электроэнергии. Ответственными исполнителями этой задачи должны быть оптовые покупатели тепла – теплоснабжающие предприятия, по магистральным и распределительным сетями которых тепло подается от ТЭЦ непосредственно к потребителям.

2) **Теплоэлектроцентрали ранее работавшие на угле, а затем переведенные на газовое топливо.** Их необходимо поэтапно реконструировать для возврата возможности работы на твердом топливе (угольная пыль, кипящий слой и т.п.).

3) **Районные, квартальные, групповые котельные, работающие на газе. Замена существующих газогорелочных устройств** на высокоэффективные современные отечественные и импортные газовые горелки с минимальными затратами на реконструкцию самих котлов.

4) **Индивидуальные или групповые котельные оснащенные современными газовыми котлами.** Для радикального решения вопроса со-

кращения расхода газа или его полного замещения предлагается **монтировать рядом с газовыми котельными, блочные котельные на твердом топливе** (пеллеты, брикеты, антрацит и т. д.) с обязательным оснащением современными фильтрами для очистки дымовых газов.

5) **Индивидуальные квартирные газовые «миникотельные» многоэтажных зданий.** Возможное решение – **дополнение газовых «миникотельных» электрокотлами аналогичной производительности или установка в каждой квартире электрорадиаторов.**

Четвертое направление – горячее водоснабжение. Вопрос дальнейшего функционирования систем централизованного горячего водоснабжения должен решаться конкретно применительно к каждому городу и населенному пункту. Если смотреть с точки зрения экономного расходования топлива, то на сегодняшний день наши системы централизованного горячего водоснабжения – это высокочрезвычайно затратные, некомфортные, немобильные, сооружения, которые должны быть заменены индивидуальными электронагревателями в квартирах. Безусловно, массовая замена возможна только после соответствующих реконструкций систем электроснабжения.

УДК 620.9.64:658.26

О. М. Ковалко

НАК «Нафтогаз України», м. Київ

ПРОБЛЕМЫ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

На сьогодні в сфері комунальної теплоенергетики України залишаються невирішеними ряд технічних, екологічних та економічних проблем.

В Україні основне та допоміжне обладнання більшості котельень практично вичерпало всі допустимі терміни експлуатації. Так, термін експлуатації понад 57 % котельень перевищує 20 років. На сьогодні діючі котли мають низький ККД (60–80 %), застарілу автоматику, що призводить до підвищених витрат палива (на 20 % вищих ніж середньосвітовий рівень). Близько 40 % центральних теплових пунктів і близько 14 % теплових мереж знаходяться у зношеному та аварійному

стані. Низька надійність теплових мереж внаслідок частих аварій та значних обсягів ремонтних робіт призводить до суттєвих економічних збитків, а також великих втрат теплової енергії в мережах (від 5 % до 32 %).

Тому, нагальною на сьогодні вбачається потреба у модернізації устаткування і обладнання об'єктів системи тепlopостачання. Одним із можливих шляхів фінансування заходів модернізації є залучення приватного капіталу.

Однією із форм взаємодії держави і приватного партнера є відносини державно-приватного партнерства. Однак, ефективне використання цього механізму для активізації інвестиційної діяльності, на жаль, через недосконалість нормативно-правового регулювання є неможливим.

За останні декілька років питанню залучення інвестицій у сфері тепlopостачання приділялася значна увага. Відповідні зміни були внесені до Законів України «Про тепlopостачання» та «Про житлово-комунальні послуги».

Так, законодавством визначено основні засади та механізми залучення інвестицій у сфері тепlopостачання, зокрема, шляхом розроблення суб'єктами господарювання у сфері тепlopостачання інвестиційних програм та їх подальшого погодження органами місцевого самоврядування. Погоджена інвестиційна програма є підставою для включення коштів, передбачених на її реалізацію, до розрахунку тарифу на теплову енергію.

Однак, можливість використання зазначених коштів суб'єктами господарювання у сфері тепlopостачання, в обсязі, передбаченому в установлених тарифах для виконання інвестиційних програм, на практиці певною мірою обмежена. Це, в свою чергу, не сприяє належному фінансуванню заходів модернізації об'єктів системи тепlopостачання.

Ще одна проблема, яка виникає у сфері комунальної теплоенергетики, пов'язана із обліком теплової енергії, зокрема, при її споживанні. Останнім часом прискореними темпами здійснюється оснащення котельень засобами обліку відпущеної теплової енергії (станом на 01.11.2014 року – 98,6 %). При цьому, відсоток оснащення житлових будинків лічильниками тепла складає лише 40 %. Така ситуація не сприяє здійсненню повного та достовірного обліку теплової енергії, а також не дозволяє оцінити реальний стан потреб, обсягів генерації та втрат теплової енергії, спланувати заходи щодо модернізації. Тому, надзвичайно важливим для забезпечення повного обліку теплової енер-

гії вбачається встановлення лічильників разом із пристроями регулювання теплового навантаження відповідно до погодних умов та інших чинників.

Самовільне відключення споживачів (власників окремих квартир) від централізованої системи тепlopостачання та перехід на індивідуальне опалення також є серйозною проблемою.

Законодавством визначено процедуру відключення окремих житлових будинків від мереж централізованого опалення та постачання гарячої води (далі – ЦО і ПГВ) при відмові споживачів від централізованого тепlopостачання. При цьому, самовільне відключення від мереж ЦО і ПГВ забороняється.

Рішення про надання дозволу на відключення приймає постійно діюча міжвідомча комісія з розгляду питань щодо відключення споживачів від мереж ЦО і ПГВ, створена на підставі рішення органу місцевого самоврядування або місцевого органу виконавчої влади.

Необхідно звернути увагу, що відповідно до законодавства дозвіл на відключення від мереж ЦО і ПГВ надається з ініціативи споживачів на будинок у цілому, а не на окремі квартири. Однак, не поодинокими є випадки надання органами місцевого самоврядування дозволу на відключення від мереж ЦО і ПГВ та встановлення індивідуального опалення на окремі квартири, що прямо суперечить нормам чинного законодавства.

Відключення споживачів та перехід на індивідуальне опалення призводить до «розбалансування» теплових мереж та «перевантаження» газових мереж, тиск і діаметри яких не враховують додаткового обсягу споживання газу. При проектуванні будинку закладалося централізоване тепlopостачання згідно з вимогами відповідних державних будівельних норм щодо влаштування систем опалення, всі стояки та внутрішні розподільчі мережі при проектуванні гідравлічно зв'язані для забезпечення стабільної роботи системи опалення будинку. Відключення окремих квартир по стояку призводить до розбалансування гідравлічного режиму роботи внутрішньобудинкової системи опалення, перерозподілу теплоносія, що є причиною зменшення подачі теплоносія на інші стояки. Це, в свою чергу, призводить до значних втрат паливо-енергетичних ресурсів та збитків.

Крім того, встановлення індивідуального опалення зумовлює ряд екологічних проблем.

Так, перехід на котли з інжекторними пальниками в автономних котельнях сприяє збільшенню концентрації шкідливих речовин у про-

дуктах згоряння (викиди оксиду азоту), порівняно з котлами існуючих котелень, обладнаних дуттьовими пальниками (див. табл. 1).

Таблиця 1

Екологічна характеристика котлів

Найменування котла	Питомий викид NO ₂ на 1 МДж виробленої теплоти, мг/МДж
З інжекторними пальниками (автономна система теплопостачання)	65,64
Серія ВК з дуттьовими пальниками (централізоване теплопостачання)	45,17

Як бачимо, котли існуючих котелень централізованого теплопостачання мають перевагу перед котлами автономних котелень, так як в меншій мірі викликають погіршення екологічних параметрів (табл. 2). Цю точку зору підтверджує табл. 1, Згідно з якою питома вага викидів NO₂ у котлів з інжекторними пальниками (застосовуються в автономних системах) перевищує в 1,45 раз показник котлів з дуттьовими пальниками існуючої системи теплопостачання. Це наочно свідчить про негативну дію автономних систем теплопостачання на якісний стан навколишнього природного середовища. Тому можна зазначити, що прийняття рішення про використання котлів з інжекторними пальниками має ґрунтуватися на ретельному аналізі не тільки їх технічних характеристик, а й екологічних та економічних показників. Тільки тоді можна отримати об'єктивну оцінку перспективності їх застосування в житлових будівлях різної поверховості. При цьому, доцільно оцінювати різні модифікації котлів.

Таблиця 2

Екологічні характеристики теплогенеруючого обладнання

Екологічні характеристики	Котли з інжекторними пальниками	Котли з дуттьовими пальниками
Концентрація NO ₂ в продуктах згоряння, мг/м ³	До 240	До 180
Зменшення концентрації NO ₂ шляхом екологічної наладки обладнання	не має	є
Погіршення екологічних характеристик	є, характерно	не характерно

Екологічний вплив викидів автономних котелень на атмосферу в зоні проживання людей є більшим, ніж аналогічні викиди шкідливих речовин від існуючих котелень. Це пов'язано з тим, що викиди від автономних котелень здійснюються на незначній висоті (6–10 м), а викиди від централізованих на висоті 29–36 м. Розрахунок розсіювання шкідливих речовин в атмосфері показує, що при висоті труб нижче 15–16 м, концентрація шкідливих речовин в приземному її шарі перевищує гранично допустимі концентрації. Для підтвердження цього розрахована величина екологічного збитку (табл. 4), Що наноситься викидами забруднюючих речовин від вищевказаних котлів, з використанням даних табл. 3.

Таблиця 3

Екологічний збиток від викидів забруднюючих речовин різними серіями котлів

Вид забруднювача	Викиди забруднюючих речовин в залежності від серії котла, г/год		Екологічний збиток в залежності від серії котла, грн./год	
	з інжекторним пальником	серія ВК (існуючі теплові мережі)	з інжекторним пальником	серія ВК (існуючі теплові мережі)
CO	81	2,88	0,22	0,005
NO ₂	373,3	24,55	32,23	2,07

Як видно з табл. 3, величина екологічного збитку від викидів забруднюючих речовин котлами, застосовуваними в автономних системах теплопостачання, перевершує показники котлів серії ВК існуючих систем, відповідно: CO в 44 рази, NO₂ в 15 разів. Таким чином, автономні джерела теплопостачання недоцільно вважати основним засобом енергозбереження при використанні низькоефективних і малопотужних котлів, обладнаних інжекторними пальниками низького тиску на увазі недостатньо високих економічних та екологічних показників їх роботи.

Однією з причин неефективної роботи підприємств комунальної сфери, зношеності й технологічної відсталості їх об'єктів є невідповідність рівня тарифів реальним витратам на виробництво і постачання теплової енергії та несвоєчасний їх перегляд.

У зв'язку з постійним зростанням вартості паливо-енергетичних ресурсів, паливо-мастильних матеріалів, матеріальних ресурсів, необ-

хідних для проведення аварійно-відновлюваних робіт та несвоєчасним переглядом тарифів на теплопостачання, для більшості підприємств ТКЕ тарифи на теплову енергію та послуги з централізованого опалення є збитковими. Так, діючі протягом I півріччя 2014 року тарифи покривали лише 70 % собівартості послуг. Все це призводить до погіршення фінансового стану підприємств, зростання кредиторської заборгованості за енергоносії, відсутності можливості для проведення модернізації підприємств та погіршення якості надання послуг кінцевим споживачам.

У зв'язку з невідповідністю тарифів на теплову енергію, яка постачається населенню фактичним економічно обґрунтованим витратам у підприємств ТКЕ виникає різниця в тарифах, яка відшкодовується з державного бюджету. Виплати держбюджету на покриття різниці в тарифах досить часто затримуються, що призводить до боргів підприємств комунальної сфери перед постачальниками природного газу, нарахування штрафних санкцій за спожиті енергоносії та створює передумови до відключення цих підприємств від постачання газу та електричної енергії.

Крім того, у багатьох підприємств ТКЕ за останні роки (коли перегляд тарифів стримувався на рівні державної влади) виникла різниця в тарифах на теплову енергію для бюджетних установ і комерційних споживачів. Питання відшкодування цієї різниці в тарифах теплопостачальним підприємствам на сьогоднішній день досі є невирішеним.

Також на сьогодні до кінця є невирішеним питання сплати або скасування штрафних санкцій, що були нараховані підприємствам теплоенергетики за спожиті енергоносії та своєчасно несплачені податки. Штрафні санкції були нараховані теплопостачальним підприємствам за несвоєчасні та не в повному обсязі проведені розрахунки, які пов'язані, перш за все, із несвоєчасним переглядом тарифів на теплопостачання, несвоєчасним відшкодуванням різниці в тарифах державою та несвоєчасною сплатою споживачами, зокрема населенням, плати за послуги теплопостачання. Оскільки, штрафні санкції не входять до повної собівартості послуг з теплопостачання та не можуть відшкодуватись за рахунок різниці в тарифах, підприємства ТКЕ не мають джерел для їх сплати. Тому, необхідно вирішити питання щодо скасування (списання) нарахованих штрафних санкцій підприємствам ТКЕ.

Погіршує фінансовий стан підприємств ТКЕ також низький рівень оплати за спожиту теплову енергію з боку населення, бюджетних організацій, комерційних компаній та інших споживачів, що, в першу

чергу, пов'язано із відсутністю дієвих економічних та правових механізмів стягнення заборгованості.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 18 червня 2014 року № 217 «Про затвердження Порядку розподілу коштів, що надходять на поточні рахунки із спеціальним режимом використання для проведення розрахунків з гарантованим постачальником природного газу» для більшості теплопостачальних підприємств на сьогоднішній день встановлено нормативи перерахування коштів, що надходять на поточні рахунки із спеціальним режимом використання для проведення розрахунків за спожитий природний газ на рівні 50–70 %!

Методологія розрахунку зазначеного нормативу базується на нарахованих доходах за відпущену споживачам теплову енергію, але не враховує той факт, що фактичний рівень розрахунків споживачів (зокрема населення), попри проведення підприємствами активної претензійно-позовної роботи є низьким (близько 64 %), та не враховує обов'язкові платежі підприємств ТКЕ, зокрема, оплату за електроенергію, сплату податків, зборів, виплату заробітної плати працівникам та інші.

Так, у разі несплати підприємством або внесення не в повному обсязі плати за використану електричну енергію та послуги з її транспортування електропостачальні організації мають право припинити постачання електричної енергії підприємствам ТКЕ навіть в опалювальний період.

Несвоєчасна сплата теплопостачальними підприємствами або сплата не в повному обсязі податків, зборів та інших внесків до бюджетів всіх рівнів призведе до накладення штрафних санкцій, арешту поточних банківських рахунків підприємств, примусового стягнення з них коштів, а це, в свою чергу, призведе до виникнення і зростання заборгованості підприємств із заробітної плати перед своїми працівниками та унеможливить проведення аварійно-відновлювальних робіт теплопостачального обладнання в опалювальний сезон. Враховуючи тривалий строк експлуатації теплогенеруючого обладнання і теплових мереж, виникає загроза повної зупинки підприємств ТКЕ, зриву опалювального сезону та виникнення техногенної катастрофи.

Вирішення зазначеного питання на законодавчому рівні шляхом внесення відповідних змін до механізму розрахунку нормативу відрахувань коштів, передбаченого постановою Кабінету Міністрів України від 18 червня 2014 року № 217, є на сьогоднішній день досить актуальним та нагальним.

Список використаної літератури

1. Єрмоєнко А. Комунальні тарифи. Що далі?: Інтерв'ю з головою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері комунальних послуг, В. Саратовим [Електронний ресурс] // Дзеркало тижня. – 2013. – № 2. – Режим доступу: <http://gazeta.dt.ua>.
2. Матвєєва Н. М. Реконструкція системи теплопостачання як складова ефективності міської і регіональної економіки / Н. М. Матвєєва // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – К.: Техніка. – 2010. – Вип. 96. – С. 60–66.
3. Матвєєва Н. М., Єсіна В. О. Формування напрямків енергоефективності у теплопостачанні [Електронний ресурс] / Н. М. Матвєєва, В. О. Єсіна // Комунальне господарство міст. – Вип. 111. – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua>.
4. Цатурян М., Гаврилук О. Нехай громадяни або оформляють субсидію, або оплачують послуги ЖКГ. Третього не дано: Інтерв'ю з Директором Департаменту Мінрегіону С. Захаровим [Електронний ресурс] // Україна комунальна. – 2012. – Режим доступу: <http://jkg-portal.com.ua>.
5. Проблеми створення оптимальних систем теплозабезпечення міст України. Аналітична записка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1215>.

УДК 697.34

О. І. Сігал, Д. Ю. Падерно, К. О. Корінчук, В. О. Логвин

Інститут промислової екології, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАМІНИ, МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЕНЬ МКП «ХЕРСОНТЕПЛОЕНЕРГО», НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ФАКТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОТЕЛЕНЬ

МКП «Херсонтеплоенерго» для вироблення та подачі тепла експлуатує 39 котелень (в тому числі 1 в резерві) потужністю 63 Гкал/год., 46 теплових пунктів, 117,57 км теплових мереж: 27,24 км магістральних, 90,33 км внутрішньоквартальних та теплових введів. Підключене теплове навантаження всіх споживачів складає близько 170 Гкал/год. Система теплопостачання розділена на три теплових райони.

Загальна встановлена потужність джерел централізованого теплопостачання м. Херсон у кілька разів перевищує потребу. В результаті

діаметри магістральних та розподільчих трубопроводів теплових мереж на більшості ділянок виявилися завищеними. Встановлені мережеві насоси для перекачування теплоносія також мають завищені відносно потреби потужності. Це призводить до збільшеної (нерациональної) витрати електричної енергії. Таким чином, на сьогодні гостро стоїть питання модернізації системи теплопостачання міста.

Мета роботи: мінімізація обсягу необхідних інвестицій на утримання та модернізацію котлів діючих котелень МКП «Херсонтеплоенерго», для оптимізації їх роботи і підвищення якості теплопостачання споживачів міста Херсон.

Засобом досягнення мети є формування переліку обладнання, що потребує першочергової заміни або модернізації. Скорочення цього переліку з урахуванням збереження обладнання, що працює не більше 10–15 % часу щорічно (пікові навантаження), а також за рахунок збереження застарілого обладнання, яке потенційно може бути виведене з експлуатації при умові зниження навантаження за рахунок термомодернізації підключених будівель та з інших причин.

З метою формування переліку обладнання, що потребує першочергової заміни або модернізації, визначено перелік базових котлів, що працюють більше 85 % часу щорічно та покривають основне базове навантаження теплогенераторів.

З переліку обладнання, що потребує першочергової заміни або модернізації, виключені котли КОЛВІ-1500, бо їх ККД перевищує 92 % та, крім того, ці котли вже обладнані системою автоматики; а також виключене обладнання служби експлуатації котлів малої потужності (СЕКМП) через те, що потенційна економія природного газу при їх модернізації незначна (не перевищує 0,2 % від загального споживання).

Перелік обладнання МКП «Херсонтеплоенерго», що потребує першочергової заміни або модернізації, включає 33 котла (з 159 встановлених), у тому числі 3 котли типу ПТВМ-50, 23 котли типу НІСТУ-5. Інше теплогенеруюче обладнання теплогенераторів, яке потенційно може бути виведене з експлуатації при умові зниження навантаження за рахунок термомодернізації підключених будівель та з інших причин, має бути тимчасово збережене до закінчення модернізації, а потім може бути збережено у резерві та за потребою використовуватись для покриття пікових навантажень.

Необхідні кошти для впровадження рекомендацій з модернізації котельного обладнання для підвищення його ефективності становлять 23,75 млн грн.

Економія природного газу при впровадженні рекомендацій з модернізації котельного обладнання складе 4,4 млн. м³ на рік, або 10 % від споживання природного газу у 2013 році. Річні заощадження за рахунок економії природного газу складуть більше 10 млн. грн., термін окупності заходів у сукупності складе близько 2,3 роки.

Усі вартості визначені на час виконання даної роботи (станом на серпень – грудень 2014 р.).

При оцінці ризиків, можна зазначити, що зростання цін на обладнання у гривні призведе до збільшення строку окупності заходів. Але враховуючи, що зростання цін на обладнання відбувається на фоні зростання ціни природного газу у гривні, то вплив на строк окупності та доцільність впровадження цих заходів нівелюється. Крім того, уряд задекларував збільшення тарифів на природний газ для населення до рівня комерційної ціни. У такому випадку строки окупності, зазначені у звіті, є максимальними і реально будуть значно меншими, оскільки 80 % споживачів теплової енергії МКП «Херсонтеплоенерго» є населення, а проекти стануть більш інвестиційно привабливими.

Слід відмітити також, що на сьогодні тепlopостачання у м. Херсон здійснюється від двох основних постачальників: одна частина міста опалюється від МКП «Херсонтеплоенерго», а друга – від ПАТ «Херсонська ТЕЦ» (60 % споживачів).

Херсонська ТЕЦ є підприємством з комбінованим виробництвом теплової та електричної енергії, але первинним у виробничому циклі є вироблення теплової енергії.

Обладнання ХТЕЦ споруджене у 50–60-ті роки минулого століття, це 4 енергетичні котли ЦКТИ-75-39Ф, 3 енергетичні котли БКЗ-160-100Ф, 2 водогрійні котли ПТВМ-50-1 та 4 турбогенератори.

До 1978–81 рр. ХТЕЦ використовувала тверде паливо. Оскільки Херсонська ТЕЦ знаходиться в міській зоні, в період 1978-81 рр., котли переведені на спалювання мазуту і природного газу, встановленого для ТЕЦ в якості основного палива.

При удорожчанні імпорту природного газу виробництво електричної енергії на природному газі стало недоцільним, і зараз електрична енергія постачається у м. Херсон в основному від Южно-Української атомної електростанції. Отже, котельне обладнання Херсонської ТЕЦ працює в режимі пікового навантаження або в режимі теплоджерела.

Саме тому доцільно розглянути можливість об'єднання міських теплових мереж задля оптимізації навантаження теплоджерел.

ДП «Центр розвитку державно-приватного партнерства»

ІНСТРУМЕНТИ ФІНАНСУВАННЯ ПРОЄКТІВ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

В статті описано напрямки діяльності ДП «Центр розвитку державно-приватного партнерства», а також три актуальні інструменти реалізації проекту комплексної модернізації у житлово-комунальному господарстві: бюджетне фінансування, кредитний ресурс та/або державно-приватне партнерство. Конкретний інструмент або їх поєднання доцільно обирати враховуючи особливості конкретного проекту.

Місією ДП «Центр розвитку державно-приватного партнерства» є сприяння органам місцевого самоврядування в залученні інвестицій з метою комплексної модернізації та підвищення енергетичної ефективності житлово-комунальної галузі України.

Партнерами підприємства є активні керівники міст та підприємств, які ставлять собі за мету якісно змінити місцеві системи тепlopостачання, водопостачання та водовідведення, освітлення, переробки твердих побутових відходів, здійснити термосанацію будівель тощо. Під час роботи з ними експертами ДП «Центр розвитку державно-приватного партнерства» здійснюється пошук джерел фінансування в залежності від потреб партнерів та особливостей проекту. Підприємство забезпечує ефективну комунікацію між всіма учасниками проекту; підготовку документації, необхідної для отримання фінансування та активний супровід й погодження проєктів в уповноважених органах (презентації спільно розроблених документів, надання консультації стосовно проєктів, контроль строків погоджень, тощо).

Основними напрямками діяльності Центру розвитку державно-приватного партнерства є:

- **розробка техніко-економічних обґрунтувань інвестиційних проєктів** для отримання кредитів міжнародних та вітчизняних фінансових установ;
- **комплексний консультаційний супровід проєктів державно-приватного партнерства** – концесій, договорів спільної діяльності та інше;
- супроводження участі підприємств в грантових програмах;

- консультаційний супровід укладення **ЕСКО-контрактів**¹;
- **організація та проведення семінарів, тренінгів, навчань** в Україні та за кордоном, тощо.

Як вже було зазначено на початку статті, Центр розвитку ДПП при роботі з партнерами рекомендує три основні інструменти для реалізації проектів модернізації в ЖКГ, а саме:

- бюджетне фінансування;
- кредитний ресурс;
- державно-приватне партнерство.

Кожен з трьох інструментів має свої переваги та недоліки, проте їх правильне комбінування у кожному конкретному випадку може дати відчутний позитивний ефект. В таблиці наведена порівняльна характеристика бюджетного фінансування, кредитного ресурсу державно-приватного партнерства.

Таблиця

Порівняльна характеристика фінансових інструментів

Бюджетне фінансування	Кредитний/грантовий ресурс	Державно-приватне партнерство
<i>Модель взаємовідносин</i>		
Фінансова	Фінансова	Фінансова + управління
<i>Ступінь бюджетного навантаження</i>		
Високий	Середній (за рахунок державних гарантій)	Мінімальний
<i>Управління проектом</i>		
На місцевому рівні (часто не ефективно через недостатнє фінансування)	На місцевому рівні (часто не ефективно через недостатню кваліфікацію персоналу)	Комерційні підходи до управління проектом

¹ Енергосервісна компанія (скорочено: ЕСКО) – це професійна комерційна структура, що надає широкий спектр комплексних енергетичних рішень, включаючи розробку та впровадження проектів з енергозбереження, раціонального використання енергії, елементи енергетичної інфраструктури на умовах підяду, вироблення та постачання енергоносіїв, а також управління ризиками. ЕСКО проводить поглиблений аналіз об'єктів, розробляє енергоефективні рішення, встановлює необхідні елементи та управляє системою, забезпечуючи економію енергії протягом періоду окупності. Зекономлені кошти часто використовуються для повернення капітальних інвестицій проекту протягом якогось періоду, або реінвестуються в будинок, що дозволяє проводити заходи з капітальної модернізації, які за інших умов були б неможливими.

Варто зазначити, що на сьогодні бюджетні програми фінансування практично відсутні.

Щодо кредитного та грантового фінансування, то їх джерелами в Україні зазвичай є міжнародні фінансові структури (МБРР, ЄІБ, ЄБРР, грантова програма SUDEP, Агентство США з міжнародного розвитку (USAID), фонд E5P) та представництво ЄС, що надає допомогу громадам, які опинилися під впливом конфлікту в Україні.

Перспективним проектом міжнародних фінансових організацій є «Модернізація муніципальної інфраструктури в Україні» (ЄІБ). У даній програмі в порівнянні з програмами МБРР та ЄБРР додано 2 напрямки ЖКГ, за якими надаватиметься фінансування, а саме: вуличне освітлення та енергоефективність громадських будівель. Сума запланованих інвестицій становить до 800 млн. євро до 2020 року. Сума першого траншу – до 400 млн євро. Експертами Центру розвитку ДПП в 2012–2013 рр. розроблено 24 ТЕО для проекту «Модернізація муніципальної інфраструктури в Україні». Наразі ЄІБ визначає коло отримувачів першого траншу.

Також, експерти Центру мають досвід по супроводженню проектів із залученням грантового ресурсу. У 2014 році Східноєвропейським партнерством з питань енергоефективності та екології (E5P) були визначені перспективними для фінансування 4 проекти, на загальну суму 19,5 млн євро. Всі відібрані проекти розроблені Центром розвитку ДПП. Крім того, у 2014 році спеціалісти Центру розвитку ДПП підготували документацію для участі 3-х наших партнерів в грантовій програмі SUDEP Європейської Комісії. З поданих заявок до другого туру розгляду вийшов проект Краматорського тролейбусного управління на суму 1 млн. євро.

Серед грантових проектів окремо слід виділити програму представництва ЄС в Україні «Підтримка громад, що опинилися під впливом конфлікту в Україні». Ця програма включає в себе проекти, спрямовані на відновлення пошкодженої інфраструктури, забезпечення життєдіяльності переміщених осіб та відновлення соціального діалогу. Загальна сума коштів, яку планується залучити: 17 млн євро.

Детальніше слід розглянути державно-приватне партнерство. Використання цього джерела фінансування дозволяє залучити капітал та управлінський потенціал приватного сектору з метою модернізації основних фондів та досягнення енергетичної ефективності в державному та комунальному секторах.

Цей інструмент забезпечує мінімальний ступінь навантаження на місцеві або Державний бюджети. Управління проектом є ефективним завдяки комерційним підходам приватного партнера.

Ініціатором проекту державно-приватного партнерства може виступати державний партнер в особі державних органів та органів місцевого самоврядування або приватний партнер. На наш погляд, ініціаторами проектів ДПП мають виступати саме державні партнери, адже вони можуть і повинні враховувати стратегію розвитку міста чи регіону під час ініціювання та планування проектів ДПП.

Акцентуємо увагу на тому, що на етапі ініціації проекту ДПП має бути проведений аналіз життєздатності проекту та узгодженості його складових: технічної, фінансової та юридичної, для чого розробляється техніко-економічне обґрунтування проекту.

На сьогодні ключовим питанням залишається створення інституційної спроможності для реалізації проектів ДПП в Україні. Не зважаючи на існуючий досвід реалізації проектів ДПП, саме низький рівень інформованості у регіонах обумовлює відсутність широкого залучення інвестицій. Організація виїзних круглих столів (семінарів, тренінгів тощо), дозволила б покращити поінформованість органів місцевого самоврядування та, як наслідок, розширити число бенефіціарів інвестиційних та грантових проектів. Центр розвитку ДПП співпрацює в цьому напрямку з Академією публічно-приватного партнерства. Також, експерти Центру розвитку ДПП залучені до розробки презентаційних та аналітично-дослідницьких матеріалів для ознайомлення японських інвесторів з особливостями та перспективами концесій в галузі водопостачання та водовідведення України в межах курсу «Advocating a law-oriented infrastructure to promote foreign direct investment (B)».

Для успішного залучення приватних інвестицій та коштів міжнародних донорів муніципалітетам та підприємствам необхідно системно приділяти увагу цьому питанню – брати участь в тематичних заходах, відслідковувати законодавчі зміни, використовувати досвід спеціалізованих організацій тощо.

ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», м. Київ

ЄВРОПЕЙСЬКА АСОЦІАЦІЯ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТОРГІВЛІ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Угода про асоціацію між Україною та ЄС дає нові можливості щодо умов торгівлі, проте ставить певні виклики для української промисловості. Угода має окремий розділ 13 «Торгівля та сталий розвиток», в якому зазначено, що «Сторони докладатимуть зусилля для сприяння і заохочення торгівлі та прямих іноземних інвестицій в екологічно чисті товари, послуги та технології, використання збалансованих джерел відновлюваної енергії та енергозберігаючих продуктів і послуг, а також екологічне маркування товарів, у тому числі шляхом усунення пов'язаних нетарифних бар'єрів».

На теперішній час склався переважно сировинний характер українського експорту до ЄС (чорні метали, руди, деревина, зернові культури, насіння і плоди олійних рослин, жири та олії тваринного або рослинного походження), у той час як у структурі імпорту в Україну переважає частка готової та технологічної продукції (транспортні засоби, машинне обладнання, папір і картон, пластмаси і полімерні матеріали, хімічна продукція і будівельні матеріали, паливно-мастильні матеріали, фармацевтична продукція). Це при тому, що Україна по більшості цих товарних груп має власні промислові потужності, проте поступається за стандартами якості та безпечності готової продукції.

Хоча більшість великих компаній не відчувають труднощів, пов'язаних з дотриманням технічних стандартів на різних стадіях просування товарів, багато українських компаній-респондентів заявили, що конкретні, пов'язані з торгівлею технічні регламенти, досить обтяжливі для них. За результатами опитування найбільш суттєвими бар'єрами в торгівлі між Україною та ЄС українські експортери вважають процедури забезпечення якості продукції, причому на всіх стадіях виробництва, починаючи від проектування². Питання тестування і сертифікації займають друге за значимістю місце. Третім і четвертим важливими факторами

² Non-tariff barriers in Ukrainian export to the EU / [Jakubiak M., Maliszewska M., Orlova I., Rokicka M., Vavryschuk V.] / CASE Reports. – Center for Social and Economic Research. – No. 68/2006. – Warsaw, 2006. – P. 68.

є питання безпеки продукції як для людини, так і для навколишнього середовища. Наявність технічних бар'єрів у торгівлі між Україною та ЄС становить суттєву перешкоду для розширення обсягів та покращання структури взаємного товарообігу. Отже, головним напрямом розширення обсягів товарообігу між Україною та ЄС після запровадження режиму ЗВТ є усунення технічних бар'єрів у торгівлі, зокрема гармонізація систем технічного регулювання.

Особливістю європейської моделі технічного регулювання є принцип встановлення загальних вимог щодо безпеки та якості готової продукції, які застосовуються добровільно учасниками ринку, а також модульний принцип оцінки відповідності встановленим вимогам безпеки. Такий підхід одночасно дозволяє розширювати обсяги зовнішньої торгівлі ЄС з третіми країнами та захищати внутрішній ринок ЄС від небезпечної та неякісної продукції, оскільки європейські стандарти у переважній кількості є більш жорсткими ніж аналогічні міжнародні стандарти ISO. Таким чином, дотримання стандартів безпечності товарів і технологій для людини та навколишнього природного середовища в ЄС є предметом спільної відповідальності держави, бізнесу та суспільства.

Рамковою директивою ЄС у сфері енергоефективності є Директива 2006/32/ЄС про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги, метою якої є підвищення рентабельності раціонального кінцевого використання енергії шляхом забезпечення необхідних орієнтовних планових показників, а також механізмів, заохочень та інституційних, фінансових і юридичних систем для усунення існуючих бар'єрів на ринку. Новою концепцією в країнах ЄС, спрямованою на скорочення споживання енергії є вимоги екодизайну на такі продукти, як побутові електроприлади, газовитратні установки, котли на твердому паливі та інші вироби. Пріоритетною продукцією по відповідній директиві є устаткування для опалювання і підігріву води, електричні двигуни, освітлювальні прилади в житлових та інших приміщеннях, побутова техніка, різне офісне устаткування, електроніка, системи опалювання, вентиляції та кондиціонування повітря. Безумовно Україна має здійснити перехід до нових стандартів ЄС по цих напрямках, що сприятиме торгівлі енергоефективним обладнанням та підвищенню енергоефективності економіки.

В Україні формування нової системи технічного регулювання почалося з часів вступу у СОТ. За зразок було обрано відповідну європейську модель. На кінець 2014 року в Україні було прийнято 46

технічних регламентів, з яких 8 гармонізовані з аналогами ЄС. Ступінь гармонізації українських стандартів складає 25%, в той час, як вимога ЄС – 80 %. Крім того залишаються проблеми механізмів впровадження та оцінки відповідності технічних регламентів та стандартів. Характерним для системи технічного регулювання в Україні є те, що вона почала формуватися на основі узгоджених пріоритетів, щодо таких продуктів як низьковольтне обладнання, машини і механізми, прості посудини високого тиску, електромагнітна сумісність, тобто по тих напрямках, по яких продукція з ЄС буде більш легше просуватися на ринок України. Це, враховуючи нові вимоги до сталого розвитку будуть насамперед енергозберігаючі технології, сучасні системи електроприводу та тепlopостачання, електропобутові пристрої і таке ін.

Значним проривом стало прийняття у 2014 році трьох прогресивних законів у сфері технічного регулювання («Про скорочення кількості дозволів», «Про метрологію та метрологічну діяльність», «Про стандартизацію»). В результаті зменшився перелік дозвільних документів для бізнесу і відбулося зближення з європейською системою метрології, акредитації та стандартизації. Окреме місце займає закон про стандартизацію, який законодавчо закріплює добровільну природу національних стандартів з чітко визначеними винятками і передає функції національного органу із стандартизації від органу влади до державного підприємства. Завданням на найближчий час залишається ухвалення проекту Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», що у свою чергу забезпечить виконання Угоди про оцінку відповідності та прийнятності промислових товарів з ЄС. Кабінет Міністрів України розраховує також затвердити Національний план імплементації Угоди про асоціацію з ЄС. При Міністерстві економічного розвитку і торгівлі України створена також науково-технічна рада у сфері технічного регулювання.

Таким чином, поряд з усуненням низки проблем впровадження існуючих технічних регламентів, для подальшої гармонізації систем технічного регулювання України та ЄС потрібно передбачити такі заходи як: утворення Комітету підприємців або Комісії з питань технічного регулювання (ринкового нагляду, стандартизації, акредитації та оцінки відповідності технічним регламентам) при Торгово-промисловій палаті України; проведення під егідою ТПП спільних конференцій та круглих столів з питань технічного регулювання між галузевими асоціаціями України та ЄС; розширення переліку пріоритетів, перегляд та узгоджений графік розробки та гармонізації технічних регламентів

відносно конкурентоспроможної продукції українських товаровиробників, які на даний час мають технічні бар'єри на ринку країн ЄС; усунення зайвих бюрократичних процедур у процесі підготовки та прийняття нових технічних регламентів.

УДК 66.048.94

Виргиниус Стрѐга

Группа компаний «E-energija», Литва

ОПЫТ КОМПАНИИ «E-ENERGIJA» В СИСТЕМЕ ПО ТОРГОВЛЕ ВЫБРОСАМИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Кратко о системе Европейского Союза по торговле выбросами парниковых газов:

- Цена на ЕС квоту – основной стимулятор интереса участников системы;
- Квоты нужны предприятиям, осуществляющим выбросы в атмосферу;
- До 60% количества квот участники системы получают бесплатно;
- Полный переход на аукционное распределение квот намечен к 2020 году;
- Кому не хватает или не получили бесплатно – покупают;
- Если в атмосферу выброшено меньше установленной квоты, то разницу между установленной квотой и действительным выбросом можно продать или перенести на другой год. 1 т CO_{2e} = 1 ЕС квота.

Торговля ЕС квотами на выбросы в фазе II и фазе III

	Фаза II (2008-12)	Фаза III (2013-20)
Количество операторов	>11 000	>11 000 + авиационная промышленность
Количество ЕС квот	2,083 млрд/г	2,039 млрд. – 1,74 % каждый год

© Виргиниус Стрѐга, 2015

	Фаза II (2008-12)	Фаза III (2013-20)
Страны участники	ЕС-27 + Исландия, Норвегия, Лихтенштейн	ЕС-28 + Исландия, Норвегия, Лихтенштейн Швейцария
Парниковые газы	CO ₂	CO ₂ , N ₂ O, PFCs
Методика назначения квот	Национальные планы распределения (NAP)	Общее ЕС назначение (EU-wide allocation)
Бесплатное распределение квот	96 %. Остальные 4 % – аукцион	Выработка электроэнергии – 0 %. Не меньше 40 % – аукционы
Использование CER/ERU	1,4 GtCO _{2e}	Фаза II + 0,2GtCO _{2e} = = 1,6GtCO _{2e} Только до Апреля 2015 г.
Штраф	€100/tCO _{2e} в случае временного не расчета	Тоже самое

Источник: European Commission.

Распределение бесплатных ЕС квот с 2013 г.

Сектора	Бесплатное выделение квот
Сектор энергетики (электростанции)	не получает
Секторы с уменьшенным энергопотреблением	до 70 % от средних базовых эмиссий в 2013 г. постепенно снижая до 0 % к 2020 г.
Отрасли, в которых нет возможности «утечки» (котельные)	до 80 % от средних базовых эмиссий в 2013 г. постепенно снижая до 30 % к 2020 г. и до 0 % к 2027 г.
Отрасли, наиболее уязвимые с точки зрения возможностей «утечки»	100 % от факта 2005–2007 гг.

Преимущества и обязательства

Преимущества участия:

- снижение существенных затрат на энергетические ресурсы (в том числе переход на биотопливо);
- дополнительная прибыль от продажи разницы между установленной квотой и действительным выбросом;
- стремление к повышению эффективности производства;

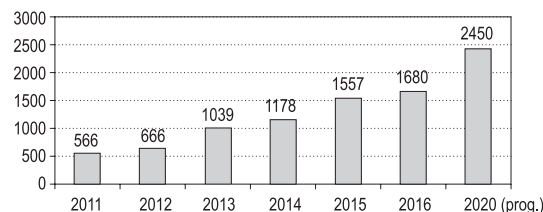
- экономия природных ресурсов и сокращение влияния производственных процессов на окружающую среду;
- Обязательства участия:
- ежегодный отчет по выбросам и необходимость независимого аудита;
 - инвестиции в повышение эффективности выработки тепла и/или в новое оборудование;
 - соблюдение строгих Европейских норм по сокращению выбросов;
 - преобразование производственных процессов и логистики (переход на биотопливо).

Опыт Литвы в системе ЕС по торговле выбросами парниковых газов

- Внедрена единая система торговли (используется с 2005 г.)
- Интенсивное осуществление проектов по переходу на биотопливо.
- Финансовые механизмы ЕС для поддержки проектов, внедряющих возобновляющиеся виды топлива (до 50 % стоимости проекта).
- Увеличение эффективности производства и поставки тепла потребителю.
- Экологическое производство тепла.
- Уменьшение энергозависимости от Российской Федерации.

Опыт Литвы в системе ЕС по торговле выбросами парниковых газов (результаты)

Общая мощность котлов на биотопливе (котлы и когенерационные установки) (2014–2020 гг.)



- Настоящая нагрузка централизованных отопительных систем в Литве:
- во время отопительного сезона 1900 МВт (базовая), максимальная 3500 МВт;
 - во время летнего периода 400 МВт (базовая), максимальная 700 МВт.

Опыт Литвы в системе ЕС по торговле выбросами парниковых газов (результаты)



Опыт участия в системе: практические аспекты Сферы деятельности группы компаний «E-energija»:

- Производство и распределение тепла городским потребителям
 - Производство тепла для нужд промышленности
 - Изготовление и установка теплогенерирующих установок и утилизаторов тепла, строительство котельных
 - Производство и поставка биотоплива (древесная щепа)
- Группа компаний «E-energija» – 20 лет опыта работы на рынке теплоэнергетических систем.

Опыт участия группы компаний E-energija в системе ЕС по торговле выбросами парниковых газов

- Дополнительные доходы от продаж квот на выбросы
- Модернизированы системы теплоснабжения на предприятиях группы: эффективное производство и поставка тепла
- Рост продаж биотоплевных котлов и утилизаторов теплоты (экономайзеров)
- Создана система по производству и поставке биотоплива

Стратегия создания предпосылок для участия в системе ЕС торговли квотами на выбросы

Для предприятий централизованного теплоснабжения, эксплуатирующих установки мощностью более 20 МВт:

- Использовать теплогенерирующие установки, работающие на биотопливе

- Увеличить эффективность производства тепла: конденсационные утилизаторы теплоты (экономайзеры)
- Снизить убытки поставки тепла: замена и модернизация старых сетей

Для независимых производителей тепловой энергии:

- Модернизация существующих котельных, адаптируя их к использованию биотоплива вместо газа или мазута, а так же строительство новых котельных на биотопливе
- Увеличение эффективности производства тепла: установка конденсационных утилизаторов теплоты (экономайзеров)

Проекты, в которых участвуют компании группы E-energija:

- Реновация систем централизованного теплоснабжения
- Независимый производитель тепловой энергии (котельная 20 МВт)
- Проектирование и изготовление биотопливных котлов
- Проектирование и изготовление утилизаторов тепла (мощностью 5 МВт)
- Системы производства и поставки биотоплива

УДК 504

С. Куруленко ¹, І. Яценко ²

¹ Торгово промислова палата України

Державний інститут управління та економіки водних ресурсів

Державного Агентства управління водними ресурсами

² Спілка екологічних аудиторів України

АДАПТАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ВОДНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ЗАКОНОДАВСТВА ДО НОРМ ЄС ЗГІДНО УГОДИ ПРО АСОЦІАЦІЮ МІЖ УКРАЇНОЮ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМ СОЮЗОМ

16 вересня 2014 р. у Верховній раді України відбулася Ратифікація Угоди про асоціацію між Україною, Європейським союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони.

Цієї події передувало підписання політичної частини Угоди 21 березня 2014 р. та економічної частини Угоди 27 червня 2014 р.

Згідно із Угодою, Україна прийняла на себе зобов'язання щодо наближення українського законодавства до законодавства ЄС, проведення інституційних реформ в різних сферах економіки та державного управління.

Співробітництво між Україною і ЄС матиме на меті збереження, захист, поліпшення і відтворення якості навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів, захист громадського здоров'я та заохочення заходів на міжнародному рівні, спрямованих на вирішення регіональних та глобальних проблем довкілля.

Поступове наближення законодавства України до права ЄС у сфері охорони навколишнього середовища буде здійснюється, відповідно до Додатку ХХХ до цієї угоди.

Зазначений Додаток включає 29 джерел права ЄС (директив і регламентів) в межах восьми секторів, зокрема:

- Управління довкіллям та інтеграція екологічної політики у інші галузеві політики;
- Якість атмосферного повітря;
- Управління відходами та ресурсами;
- Якість води та управління водними ресурсами, включаючи морське середовище;
- Промислове забруднення та промислові загрози;
- Генетично-модифіковані організми;
- Охорона природи;
- Зміни клімату та захист озонового шару.

Метою наближення (апроксимації) законодавства України є повне його приведення до вимог права ЄС.

З підписанням Угоди про асоціацію з ЄС Україна взяла на себе конкретні і відповідальні зобов'язання, у тому числі у сфері забезпечення належної якості води та управління водними ресурсами, включаючи морське середовище.

Але в той же час, обов'язкове виконання вимог, встановлених Угодою з ЄС для України є великим іспитом, оскільки ця Угода встановлює чіткі часові рамки для приведення національного водного законодавства у відповідність до норм ЄС.

До сектору Угоди про асоціацію між Україною та ЄС «Якість води та управління водними ресурсами, включаючи морське середовище» належать шість наступних директив:

- Директива № 2000/60/ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики зі змінами і

доповненнями (Водна Рамкова Директива);

- Директива № 2007/60/ЄС про оцінку та управління ризиками затоплення;
- Директива № 9 2008/56/ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища;

Директива № 91/271/ЄЕС про очистку міських стічних вод зі змінами та доповненнями; Директива № 98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною, зі змінами і доповненнями;

Директива № 91/676/ЄС про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел, зі змінами і доповненнями.

Водна Рамкова Директива № 2000/60/ЄС (ВРД) спрямована на підтримання і вдосконалення водного середовища у Співтоваристві та має сприяти поступовому зменшенню виділення небезпечних речовин у воду.

Мета цієї Директиви полягає у започаткуванні структури охорони внутрішніх поверхневих вод, перехідних вод, прибережних вод і ґрунтових вод, яка:

- відвертає подальше погіршення і здійснює охорону та покращує стан водних екосистем та враховує їх потреби у воді, наземних екосистемах і надмірно зволених землях, що мають безпосередню залежність від водних екосистем;
- сприяє стабільному використанню води, що базується на довготривалій захисті наявних водних ресурсів;
- має на меті досконалу охорону і вдосконалення водного середовища, шляхом особливих заходів для поступового зменшення скидів, виділень і витоків речовин, боротьба із забрудненнями якими вимагає першочергових заходів;
- передбачає поступове зменшення забруднення ґрунтової води і запобігання її подальшому забрудненню;
- сприяє зменшенню впливу повеней і посух, і тим самими сприяє постачанню достатньої кількості поверхневої і ґрунтових вод належної якості і тим самими сприяє:
 - постачанню достатньої кількості поверхневої води доброї якості і ґрунтових вод, як цього потребує стале, збалансоване і справедливе водокористування;
 - значному зменшенню забруднення ґрунтової води;
 - охороні територіальних і морських вод.

Для виконання взятих зобов'язань щодо імплементації Водної Рамкової Директиви Україні слід вжити наступних заходів:

- на законодавчому рівні закріпити районування території України за басейновим принципом;
- забезпечити формування інституційної структури управління водними ресурсами за басейновим принципом;
- розробити та закріпити у правовому полі критерії оцінки стану річкового басейну;
- розробити та затвердити Положення про плани управління річковими басейнами та методику їх підготовки;
- розробити плани управління річковими басейнами.

Положення Директиви № 2000/60/ЄС, за затвердженням Угодою про асоціацію між Україною та ЄС графіком, мають бути впроваджені протягом від 3 до 10 років з дати набрання чинності цією Угодою.

Директива № 91/271/ЄЕС про очистку міських стічних вод

Ця Директива спрямована на забезпечення охорони навколишнього середовища від негативного впливу скидів міських стічних вод та скидів підприємств окремих галузей промисловості і стосується збору, очистки та скидання.

Директива № 91/271/ЄЕС встановлює вимоги:

- Впровадження централізованого водовідведення в усіх населених пунктах за винятком тих, де це матиме негативний вплив на довкілля.
- Визначення популяційного еквіваленту населеного пункту, виходячи з максимального середнього за тиждень навантаження речовинами в стоках, що поступають на очисні споруди протягом року.
- Проектування та будівництво каналізаційних систем і підприємств з очистки міських стічних вод таким чином, аби попередити негативний вплив на довкілля.
- Дворівнева очистка стічних вод: первинна (фізичні та/або хімічні процеси) та вторинна (біологічні процеси).
- До якості стічних вод, що скидаються до водойм.
- Визначення уразливих та менш уразливих зон за ознакою впливу стічних вод.
- Можливість повторного використання очищених стічних вод та осаду.
- Моніторинг кількості та складу стічних вод і осаду.

Положення Директиви № 91/271/ЄЕС мають бути впроваджені протягом 3–8 років з дати набрання чинності цією Угодою.

Директива № 91/676/ЄС про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел

Директива № 91/676/ЄС спрямована на забезпечення захисту вод шляхом запобігання забрудненню підземних і поверхневих вод нітратами з сільськогосподарських джерел шляхом стимулювання застосування кращих методів ведення сільськогосподарських робіт.

Метою цієї Директиви є:

- зменшення забруднення води, спричиненого чи викликаного нітратами з сільськогосподарських джерел та
- запобігання такому забрудненню в майбутньому.

Ризик забруднення поверхневої і підземної води, констатується коли концентрація нітратів досягає 50 мг/дм³.

Виконання Директиви здійснюється у декілька етапів, протягом 4 років з дати набрання чинності Угоди.

Директива № 2007/60/ЄС про оцінку та управління ризиками затоплення

Метою цієї Директиви є встановлення основи для оцінки і управління ризиками затоплення, націленої на скорочення негативних наслідків для здоров'я населення, навколишнього середовища, культурної спадщини і господарської діяльності, пов'язаних із затопленнями.

Для виконання вимог Директиви № 2007/60/ЄС необхідно здійснити:

- попередню оцінку ризиків затоплення;
- скласти карти небезпек від затоплення та карти ризиків затоплення;
- розробити план управління ризиками затоплення.

Положення Директиви № 2007/60/ЄС мають бути впроваджені протягом 2–8 років з дати набрання чинності цією Угодою.

Директива № 98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною

Метою цієї Директиви є захист людського здоров'я від шкідливих впливів будь-якого забруднення води, призначеної для споживання людиною, шляхом забезпечення її безпечності та чистоти.

Для потреб дотримання мінімальних вимог цієї Директиви, вода, призначена для споживання людиною, є безпечною та чистою, якщо вона:

- є вільною від будь-яких мікроорганізмів та паразитів, і від будь-яких речовин, які, у сукупності або концентрації, становлять потенційну загрозу людському здоров'ю;

- відповідає мінімальним вимогам, встановленим в Угоді.

Положення Директиви мають бути впроваджені протягом 3–8 років з дати набрання чинності цією Угодою.

В Україні вже діє ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», положення якого максимально наближені до вимог Директиви 98/83/ЄС, але нормативи якості підземних вод, призначених для використання людиною, Україні ще необхідно довести до вимог європейського законодавства.

Зокрема, в ДСанПіН 2.2.4-171-10 встановлені вимоги до концентрації сульфатів в воді, призначеної для споживання людиною, з колодязів та каптажів джерел не повинна перевищувати 500 мг/дм³, в той час, за вимогами Директиви № 98/83/ЄС, концентрація сульфатів у воді, призначеної для споживання людиною, не повинна перевищувати 250 мг/дм³.

Директива № 2008/56/ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища (Рамкова Директива про морську стратегію)

Ця Директива встановлює рамки, в межах яких держави-члени повинні ухвалити заходи, необхідні для досягнення або підтримки гарного екологічного стану морського середовища.

Положення Директиви мають бути впроваджені протягом 2–7 років з дати набрання чинності цією Угодою

У виконання взятих Україною зобов'язань по адаптації національного законодавства до норм ЄС, Кабінетом міністрів України 17 вересня 2014 року було затверджено Розпорядження № 847-р «Про імплементацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами – членами, з іншої сторони», в якому затверджено план заходів з імплементації Угоди про асоціацію між Україною та ЄС на 2014–2017 роки та надане доручення міністерствам, центральним органам виконавчої влади, обласним державним адміністраціям розробити проекти планів імплементації актів законодавства ЄС та подавати щокварталу інформацію про стан виконання плану заходів.

В цьому документі представлені заходи з імплементації, строки виконання, відповідальні за виконання з Української Сторони та партнери із Сторони ЄС.

Слід відмітити, що за розпорядженням КМУ № 847-р, Держвод-агентство несе відповідальність за розробку планів заходів з імплементації положень Директиви № 91/271/ЄЕС про очистку міських стіч-

них вод; Директиви № 2007/60/ЄС про оцінку та управління ризиками затоплення; Директиви № 91/676/ЄС про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел.

Фінансування імплементації законодавства планується, в основному, за кошти технічної допомоги міжнародних організацій чи країн-донорів.

Відомо, що європейські екологічні стандарти є найбільш вимогливими у світі. В країнах ЄС політика охорони навколишнього середовища інтегрована практично в усі сфери економіки, тому імплементація всіх водних Директив ЄС в Україні, у зв'язку з фактичною відсутністю моніторингу й вимірів, буде представляти напружений і тривалий процес.

З одного боку імплементація достатньо жорстких норм захисту навколишнього середовища ЄС в Україні буде вимагати від водокористувачів досить значних (враховуючи той факт, що значна частина водогосподарського обладнання є морально та фізично застарілою) інвестицій у скорочення забруднення навколишнього природного середовища. З іншого боку реалізація таких проектів об'єктивно неможлива без запровадження більш сучасних технологій і виробничого обладнання, що в кінцевому підсумку позитивно вплине на зростання продуктивності, якості продукції та конкурентоспроможності українських компаній та національної економіки на світовому ринку.

УДК 620.9.64:658.26

Н. Ю. Павлюк, Д. Ю. Падерно

Інститут промислової екології, м. Київ

ПОТЕНЦІЙНІ НАСЛІДКИ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО (ПОКВАРТИРНОГО) ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ

Незадовільна якість послуг з централізованого теплопостачання (ЦТ), до якого підключено майже 55% опалюваної площі, продовжує бути актуальною проблемою для споживачів в Україні.

Сьогодні система централізованого теплопостачання в Україні представлена близько 350 підприємствами, які оперують професійними

знаннями й багаторічним досвідом, впроваджують заходи з підвищення енергоефективності, займаються моніторингом роботи обладнання, його ремонтом, а також контролем над викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Системи ЦТ характеризуються багатьма важливими позитивними рисами, серед яких: можливість використання різних видів палива, в тому числі відновлювальних джерел енергії; можливість досягнення підвищеної енергетичної ефективності при використанні комбінованої генерації електричної та теплової енергії; надійність (наявність резервних потужностей); мінімізація впливу на навколишнє середовище; компетентність експлуатації та обслуговування обладнання; безпека для споживача (відсутність джерел небезпеки у споживача); відсутність потреб у працезатратах споживача; відсутність підвищення капітальної вартості будинку, змін архітектурного дизайну, тощо.

Але, на жаль, в Україні централізовані системи опалення на сьогодні не можуть повною мірою використати свої переваги, головним чином через технологічну застарілість і технічну зношеність обладнання, що призводить до заниженої ефективності використання енергоресурсів при виробництві теплової енергії, високого рівня втрат при її транспортуванні, частих аварійних та систематичних відключень подачі тепла, тощо.

Головним недоліком системи ЦТ для споживачів є високий рівень плати за услуги теплопостачання, зумовлений як вказаними технічними причинами, так і тарифною політикою, при відсутності систем регулювання теплового режиму в опалюваних приміщеннях для економії теплової енергії або створення більш комфортних умов, в тому числі в неопалювальний період.

Як наслідок, споживачі почали відмовлятися від систем централізованого теплопостачання шляхом встановлення індивідуальних систем опалення у власних квартирах. Суттєвою перевагою індивідуального опалення є можливість вибрати і самостійно встановити для своєї квартири комфортний або енергоощадний режим опалення. Установка котла в квартирі дозволяє забути про проблему відсутності гарячої води.

Нижча вартість індивідуального опалення пояснювалась, головним чином, диспропорцією у цінах на природний газ для підприємств теплокомуненерго (ТКЕ) та індивідуальних споживачів, з меншою для останніх у 1,5–2,0 рази. На цей час в умовах започаткування ринкової економіки ця диспропорція ліквідується.

Слід відмітити, що тенденції розвитку систем теплопостачання в країнах ЄС характеризуються успішним розвитком систем ЦТ і комбі-

нованого виробництва теплової й електричної енергії. В Європі спостерігається навіть перехід від індивідуальних систем опалення до менш витратних централізованих.

Особливо відомі своїми високорозвиненими й ефективними централізованими тепломережами Країни Північної Європи. Так, в Данії за останні 30–35 років частка ЦТ зросла з 30 % до 60 %, у великих містах – до 90 % від загального споживання тепла. У Данії є приклади, коли котеджні селища, які традиційно мали побудинкові теплогенератори, сьогодні переходять на централізоване тепlopостачання. Країна, яка на 98% забезпечувалась імпортними енергоресурсами, зуміла відмовилась від них та перетворилась у енергетично самодостатній регіон. У Швеції ЦТ також переважає в теплозабезпеченні житлових районів, і очікується, що саме такі пріоритети дозволять країні після 2020 р. повністю відмовитися від нафтогазового палива в комунальному тепlopостачанні, перейшовши на альтернативні і поновлювані джерела. Такий напрямок вибрано і в цілому по Євросоюзу.

Варто відзначити ті потенційні наслідки, які здебільшого не приймаються до уваги споживачами – прихильниками переходу на поквартирне опалення, але мають чи скоро матимуть визначальне значення для напрямку тенденцій розвитку тепlopостачання.

Так, поквартирне опалення характеризується, крім вищевказаних переваг, також і суттєвими негативними потенційними наслідками у різних сферах, які практично зводять нанівець ці переваги.

Серед них можна виділити загальні:

- вибухонебезпечність системи;
- небезпека отруєння продуктами згоряння через відсутність в будинках необхідних систем вентиляції;
- відсутність системи опалення місць загального користування багатоквартирного будинку;
- підвищення вартості послуги опалення системи централізованого тепlopостачання для інших споживачів через необхідність опалення міст загального користування в будинку.

Економічні:

- вартість обладнання повинен сплачувати сам споживач, причому строк його служби до заміни/ремонту не перевищує 6–8 років;
- різний рівень питомих витрат на опалення квартир з різним розташуванням (кутових, в середині, на крайніх поверхах, тощо).

Технічні:

- необхідність реконструкції газових мереж (квартальних, внутрибудинкових) для забезпечення достатньої пропускної здатності;
- необхідність забезпечення належної вентиляції та належного відведення димових газів та конденсату в них (будівництва спеціальних систем, пристінних димоходів);
- необхідність забезпечення належного регламентного обслуговування обладнання (створення сервісних та ремонтних служб, бази запасних частин), фактична відсутність якого зумовлює не тільки прискорений вихід обладнання з ладу, але й потенційну небезпеку – ризики вибуху, отруєння, тощо;
- необхідність забезпечувати плюсову температуру у допоміжних приміщеннях (сходах, під'їздах, підвалах, горищах, інших місцях загального користування).

Екологічні:

- викиди у довкілля не контролюються, хоча вони досить значні, особливо в момент розпалювання,
- сусіди на вищих поверхах потерпляють від чаду та газу,
- джерела шкідливих викидів максимально наближаються до споживача, викиди осідають безпосередньо у житлових кварталах.

Негативні наслідки нерегульованої децентралізації систем тепlopостачання для системи державного управління:

- технологічне розбалансування централізованих систем тепlopостачання (порушення гідравлічних режимів, перерозподіл теплоносія, тощо);
- необхідність значних матеріальних та фінансових витрат на переобладнання інженерних мереж;
- збільшення питомих витрат палива та електроенергії на виробництво одиниці теплової енергії;
- небезпека внаслідок наявності великої кількості газоспоживаючого обладнання у житлових помешканнях, від аварій аж до вибухів;
- екологічна небезпека, погіршення екологічного стану довкілля;
- підвищення вартості послуг опалення системи централізованого тепlopостачання через збільшення питомої частки опалення міст загального користування в будинку;
- ускладнення реалізації заходів з енергозбереження, в тому числі унеможливлення здійснення диверсифікації видів палива, що використовуються у сфері тепlopостачання.

Висновки

Питання використання системи централізованого або поквартирного опалення та гарячого теплопостачання має вирішуватися з огляду на економічну доцільність, екологічну та техногенну безпеку. Автономне теплопостачання не повинно розглядатися як безумовна альтернатива централізованому теплопостачанню.

Необхідно розглядати систему теплопостачання міста в цілому, проводити баланс джерел тепла і шукати найбільш економічно доцільні варіанти, з урахуванням можливих місцевих джерел первинної енергії. Індивідуальне теплопостачання має отримати поширення в невеликих населених пунктах з малоповерхової забудовою і в деяких міських районах з об'єктивно дорогим підключенням до централізованих теплових мереж.

УДК 504

О. І. Сігал, Д. Ю. Падерно, Н. Ю. Павлюк

Інститут промислової екології, м Київ

ЗМІНА ЕКОЛОГІЧНИХ НОРМАТИВІВ В УКРАЇНІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ДИРЕКТИВИ 2010/75/ЄС

В рамках Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом Україна взяла на себе низку зобов'язань, у тому числі щодо зниження забруднення навколишнього середовища, зокрема щодо імплементації положень Директиви 2010/75/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 24 листопада 2010 р. про промислові викиди (комплексне запобігання та контроль забруднень).

Основним нормативно-правовим документом щодо захисту атмосферного повітря в Україні є Закон України «Про охорону атмосферного повітря». Цей Закон спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря; забезпечення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє середовище; в ньому визначено екологічні вимоги в галузі охорони атмосферного повітря.

© О. І. Сігал, Д. Ю. Падерно, Н. Ю. Павлюк, 2015

До об'єктів моніторингу атмосферного повітря, відповідно до постанови КМ України від 09.03.1999 р. № 343 «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», віднесені викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря. У перелік найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню у відповідності до постанови КМ України від 29.11.2001 р. № 1598 «Про затвердження переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню», входять викиди, зокрема, оксидів азоту, діоксиду сірки та суспендованих твердих частинок.

В галузі енергетики нормативи на гранично допустимі викиди забруднюючих речовин, відповідно до наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 16.08.2004 р. № 317 «Про затвердження Переліку типів устаткування, для яких розробляються нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», застосовуються для теплосилових установок та котелень, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт.

Величини цих нормативів встановлені наказом Мінприроди України від 27.06.2006 р. № 309 «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», обмежують масову концентрацію забруднюючих речовин в організованих викидах стаціонарних джерел і застосовуються як для діючих стаціонарних джерел, так і для тих, що проектуються, будуються або модернізуються.

В рамках гармонізації українського природоохоронного законодавства з європейським, Міністерством охорони навколишнього середовища України видано наказ від 22.10.2008 р. № 541 «Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин від теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких вище 50 МВт». Нормативи на викиди забруднюючих речовин згідно до цього наказу відповідають нормативам європейської Директиви 2001/80/ЄС «Про обмеження викидів деяких забруднюючих речовин в атмосферу з великих спалювальних установок».

На жаль, на сьогоднішній день викиди значної частки великих установок спалювання в Україні не задовольняє навіть цим нормативам, внаслідок необхідності проведення великого обсягу робіт з їх модернізації та обмежених фінансових ресурсів операторів цих установок.

У 2010 р. в Євросоюзі на заміну Директиви 2001/80/ЄС була прийнята згадана вище Директива 2010/75/ЄС, в якій передбачені ще більш

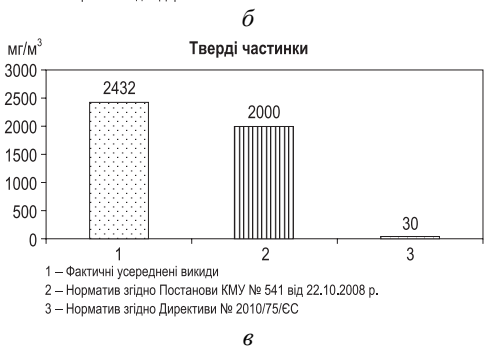
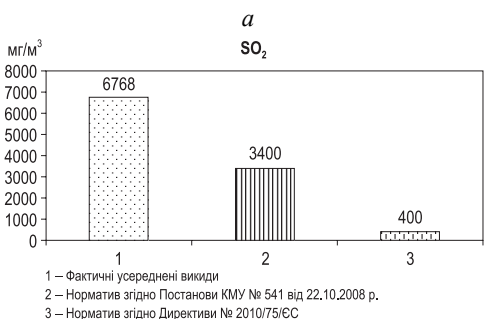
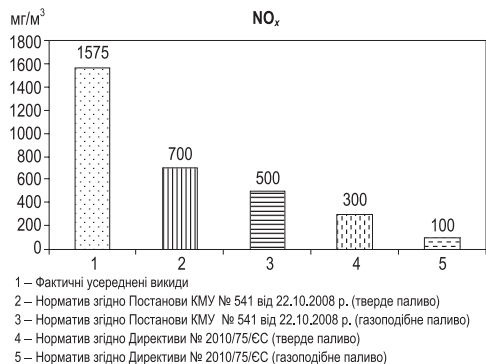


Рисунок. Порівняння фактичних усереднених викидів забруднюючих речовин в Україні з вітчизняними та європейськими нормативами: *а* – викиди оксидів азоту; *б* – викиди діоксиду сірки; *в* – викиди твердих частинок.

райна встановила Національний план скорочення викидів (НПСВ), що вводиться в дію з 1.01.2018 р. і діятиме до 31.12.2028 р., відповідно до

жорсткі нормативи гранично-допустимих викидів оксидів азоту, діоксиду сірки та твердих частинок.

Згідно з цією Директивою, норматив на викиди оксидів азоту для котельних установок при спалюванні газу складе 100 мг/м³, при спалюванні вугілля – 300 мг/м³; на викиди діоксиду сірки – 400 мг/м³; твердих частинок (пилу) – 30 мг/м³.

Як видно (рисунок), ці величини істотно нижче чинних в даний час, тому практично для всіх без винятку паливо-спалюючих установок необхідно проведення їх модернізації.

Положення Директиви 2010/75/ЄС, відповідно до плану її імплементації, затвердженому Розпорядженням КМУ від 15.04.2015 р. № 371-р «Про схвалення розроблених Міністерством екології та природних ресурсів планів імплементації деяких актів законодавства ЄС», мають бути впроваджені протягом двох років, тобто з 2017 р. всі нові установки повинні будуть відповідати вимогам Директиви 2010/75/ЄС.

Для існуючих великих спалювальних установок Ук-

раїни повної реконструкції всієї енергетичної галузі, передбаченими Енергетичною стратегією України на період до 2030 р., схваленою Розпорядженням КМУ від 24.07.2013 р. № 1071-р.

Протягом періоду дії НПСВ оператори установок повинні забезпечити поступове скорочення викидів від усіх установок спалювання, включених до НПСВ, до задоволення нормативам Директиви 2010/75/ЄС щодо викидів діоксиду сірки та твердих часток – до 1.01.2029 р., оксидів азоту – до 1.01.2034 р.

Недодержання зазначених нормативних показників граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферу котельними установками, що задіяні у технологічному процесі господарської діяльності підприємства, може призвести до серйозних фінансових втрат, як передбачено зобов'язаннями України в рамках Угоди про асоціацію з ЄС.

Для досягнення задоволення нормативам необхідно впровадження методів та засобів скорочення викидів, зокрема оксидів азоту від усіх установок спалювання, та твердих часток від котлів на твердому паливі (вугіллі, пелетах, тощо).

В Інституті промислової екології розроблені системи зниження утворення та абсорбції NO_x в процесах спалювання, а також лінійка апаратів пилоочищення для різних типів твердого палива: циклонний пиловловлювач (ступінь уловлювання 94–95 %), відцентрові фільтри (96–98 %), циклофільтри (до ≤50 мг/м³). Ступінь очищення залежить від типу палива і дисперсності пилу.

Утворення оксидів азоту в топці котла можна знизити методами, які засновані на зниженні максимальної локальної температури в зоні протікання хімічної реакції (стадійне спалювання, рециркуляція, впорскування води або пари, баластування зони горіння інертним газом тощо). Досяжна ефективність методів зниження утворення оксидів азоту в умовах експлуатації становить від 2,1–2,2 разів простими методами, до 2,5–2,6 разів з урахуванням додаткових способів підвищення їх ефективності.

Незалежно від методів зменшення утворення, паралельно з ними можуть бути використані і методи газоочищення, наприклад, абсорбція NO_x (зниження викидів на 10–12 %), селективне некаталітичне відновлення (до 50 %) і селективне каталітичне відновлення (до 90 %).

Більш детальну інформацію щодо існуючих шляхів і способів скорочення викидів можна знайти на сайтах відповідних професійних організацій, у тому числі на сайті Інституту промислової екології www.engecology.com.

А. И. Сигал, Д. Ю. Падерно, Н. Ю. Павлюк

Институт промышленной экологии, г. Киев

ВНУТРЕННИЙ РЫНОК ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОКОММУНЭНЕРГО УКРАИНЫ: ШАНС ИЛИ УГРОЗА

В рамках Соглашения об ассоциации между Украиной и Европейским Союзом, Украина взяла на себя обязательства по управлению окружающей средой, в частности по имплементации положений Директивы 2003/87/ЕС Европейского Парламента и Совета от 13 октября 2003 г. об установлении схемы торговли выбросами парниковыми газами в рамках сообщества...

Директива № 2003/87/ЕС совместима с Рамочной конвенцией ООН по изменению климата и Киотским протоколом к ней, и должна поощрять использование более энергоэффективных производств; в частности, она предусматривает:

- принятие национального законодательства и определение уполномоченного органа (органов);
- установление системы определения соответствующих сооружений/установок и определения парниковых газов (Приложения I и II);
- разработку национального плана распределения квот между заводами/комплексами (ст. 9);
- введение разрешительной системы на выбросы парниковых газов и на квоты, которые будут продаваться на национальном уровне между заводами/промышленными комплексами в Украине (ст. 4 и 11–13);
- создание системы мониторинга, отчетности, осуществления проверок и надлежащего внедрения, а также процедуры консультаций с общественностью (ст. 9, 14–17, 19 и 21).

В соответствии с разделом «Изменение климата и защита озонового слоя» Приложения XXX к главе 6 «Окружающая природная среда» раздела V «Экономическое и отраслевое сотрудничество» Соглашения об ассоциации между Украиной и Европейским Союзом, положения Директивы № 2003/87/ЕС об установлении схемы торговли выбросами парниковых газов в рамках Европейского Сообщества должны быть внедрены

в течение 2 лет с даты вступления в силу этого Соглашения, то есть до 2017 г. Украина должна внедрить, в частности, национальный план распределения и систему торговли разрешениями на выбросы парниковых газов (ПГ) среди предприятий страны. Для обеспечения возможности достижения этого, уже не позднее чем в 2016 году необходимо сформировать нормативную базу и определить количественно объемы разрешений, необходимые для производственной деятельности предприятий. Необходимым условием этого является официальное определение (на основе базовой линии) базового уровня выбросов парниковых газов предприятием.

Непосредственно для предприятия, определение базового уровня его выбросов ПГ обеспечит возможность получения соответствующего количества разрешений на выбросы на безвозмездной основе, а также возможность участия в системе торговли такими разрешениями как на внутреннем, так и на международном рынках, с получением соответствующих выгод от такого участия.

При цене разрешения на выбросы ПГ в системе Европейской торговли на уровне 7–8 долл. США за 1 т CO₂-экв, стоимость разрешений на выбросы составит около 5 % от стоимости топлива.

С целью недопущения роста топливных расходов на эту величину (в случае неполучения соответствующего количества разрешений на выбросы на безвозмездной основе), предприятию целесообразно принять участие во внедрении национального плана распределения разрешений на выбросы ПГ среди предприятий страны, и в системе торговли разрешениями на выбросы как на внутреннем, так и на международном рынках. Одной из необходимых предпосылок такого участия является определение базового уровня выбросов ПГ предприятием и его верификация уполномоченным независимым международным органом.

В соответствии с Планом имплементации Директивы 2003/87/ЕС, одобренным Распоряжением Кабинета министров Украины от 15.04.2015 г. № 371-р, основные ее положения, в том числе проведение распределения квот на выбросы ПГ, должны быть внедрены к августу 2016 г., а уже в 2017 г. в Украине должен быть создан действующий внутренний рынок ПГ и должна начать работать система торговли выбросами (СТВ) ПГ между стационарными крупными сжигания установками. Схема торговли выбросами в Украине в дальнейшем предусматривает линкование украинской СТВ с европейской (ЕСТВ).

Для многих предприятий системы теплокоммунэнерго (ТКЭ) Украины рынок торговли парниковыми газами хорошо знаком благодаря работе по проектам совместного осуществления в рамках Киотского

протокола, направленного на модернизацию оборудования и внедрение энергосберегающих технологий для сокращения выбросов ПГ. Предприятия ТКЭ в 8 городах и 7 областях Украины на протяжении 2008–2012 гг. получали безвозвратные европейские углеродные инвестиции на свои счета благодаря продаже единиц сокращения выбросов CO₂-экв. на своих предприятиях.

Под действие СТВ предприятий ТКЭ подпадают промышленные площадки, на которых установлены котлы суммарной тепловой мощностью более 20 МВт, что соответствует показателю номинального потребления топлива 2,45 т у. т./час. Котлы должны передавать тепловую энергию обязательно через приборы учета тепловой энергии.

Это означает, что операторы таких промышленных площадок (далее – оператор) с 2017 г. будут получать (бесплатно либо платно) экологические разрешения (квоты) на выбросы CO₂ в соответствии с Базовым уровнем выбросов парниковых газов. Без такого разрешения предприятие не будет иметь права на деятельность.

Для получения разрешения оператору необходимо будет подать в разрешительный орган (департамент Минприроды) расчет базового уровня выбросов парниковых газов предприятием, подтвержденный верификационной организацией, а также План мониторинга, составленный в соответствии с Регламентом Комиссии (ЕС) №601/2012 от 21 июня 2012 г. «О мониторинге и отчетности». Администратор разрешительного органа перед выдачей разрешения может проводить валидацию (проверку) предоставленных планов мониторинга. Выполнение плана мониторинга будет проверяться Верификационной (проверяющей) организацией по окончании отчетного года. Оператор должен подавать до 31 марта года, следующего за отчетным, в разрешительный орган верифицированный годовой отчет о выбросах ПГ. Государство должно до 30 апреля перечислить на специальные счета предприятий квоты в количестве, соответствующими верифицированным выбросам за отчетный год.

Если предприятие, в случае модернизации своего оборудования или внедрения энергосберегающих мероприятий, сократит выбросы ПГ по сравнению с разрешением, оно сможет продать излишек квоты на внутреннем рынке предприятию, выбросы ПГ которого превышают лимит выбросов, предоставленный в разрешении, либо покупателю на внешнем рынке.

Таким образом, предприятия ТКЭ могут получить как дополнительный налог на потребляемое топливо (либо бесплатные квоты – в зависимости от того, как будет прописано в соответствующих регуля-

торных документах, когда они будут приняты), так и возможность получать дополнительный доход от продажи единиц сокращения выбросов ПГ (при реальном достижении таких сокращений).

Работы в этом направлении еще очень много, а сроки сокращены до почти неосуществимых, поэтому необходимо привлечь не только внимание Правительства и средства инвесторов, но и знания и усилия специалистов-профессионалов к решению этих насущных для Украины задач.

УДК 662.61.662.75

О. І. Сігал, В. О. Логвин, Є. Й. Бикоріз

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

НОРМУВАННЯ ВИКИДІВ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН З ПРОДУКТАМИ СПАЛЮВАННЯ В КРАЇНАХ ЄС, США, СНД

Відповідно до діючих стандартів США для устаткування потужністю від 2,9 до 29 МВт, діє нормування щодо викидів діоксиду вуглецю при спалюванні вугілля на рівні 520 нг/Дж або необхідність зменшення викидів до 90 % [1]. Викиди твердих частинок нормативно обмежені на рівні 22 нг/Дж.

При застосуванні технології киплячого шару нормування діоксидів сірки встановлено на рівні 87 нг/Дж або до 80 % від потенційно можливих викидів.

Для установок потужністю більше 73 МВт діють стандарти, відповідно до Підрозділу D 40 CFR Частина 60 – «Стандарти для нових теплоустановок на вичопному паливі», розроблені після 17 серпня 1971, що наведені у табл. 1. Вміст кисню у розрахунках приймається рівним 0 %. З приведених даних можна відмітити, що встановлені показники норм викидів щодо діоксиду сірки для деревини в 2 рази вище ніж для інших видів твердих палив.

У Данії нормування викидів встановлюється згідно Керівництва з регулювання викидів в атмосферу [2], основні параметри якого наведено у табл. 2. Вміст кисню приймається на рівні 10 %. Слід зазначити, що нормування викидів оксиду азоту та оксиду вуглецю для газоподіб-

ного палива та деревини встановлюються для установок з потужністю понад 120 кВт, а для вугілля – 1 МВт.

Таблиця 1

Стандарти для нових теплоустановок на викопному паливі (США)

?	Деревина		Тверді палива		Газоподібне паливо	
	нг/ГДж	мг/м ³	нг/ГДж	мг/м ³	нг/ГДж	мг/м ³
Оксиди азоту	260	1016	300	1173	86	336
Діоксиди сірки	1100	4300	520	2033		
Тверді речовини			43	168		

Таблиця 2

Норми викидів деяких забруднюючих речовин (Данія)

?	Деревина		Вугілля	Газоподібне паливо
	нг/ГДж	мг/м ³	мг/м ³	мг/м ³
Номинальна теплова потужність установки, МВт	120 кВт – 1 МВт	1 МВт – 50 МВт	1 МВт – 50 МВт	120 кВт – 50 МВт
Оксиди азоту		300	200	65
Оксиди вуглецю	500	625	100	75
Тверді речовини	300	40	100	

У Австрії норми на викиди оксиду азоту та оксиду вуглецю для твердих палив (вугілля) менш жорсткі ніж у Данії (при перерахунку з однаковим рівнем кисню). Детальна інформація наведена у табл. 3. Вміст кисню приймається на рівні 6 %.

Таблиця 3

Норми викидів деяких забруднюючих речовин (Австрія)

?	Деревина	Тверді палива	
	мг/м ³	мг/м ³	мг/м ³
Номинальна теплова потужність установки, МВт	0,35–2,00	0,35–1,00	1–2
Оксиди азоту	250–500	400	400
Оксиди вуглецю	250	1000	150

У ФРН, стосовно нормування викидів забруднюючих речовин при спалюванні вугілля в котлах потужністю від 1 до 50 МВт, діють обме-

ження: оксиди азоту – 500 мг/м³, оксиди вуглецю 150 мг/м³, діоксиди сірки – 1000 мг/м³, тверді речовини – 50 мг/м³. Вміст кисню приймається на рівні 7 %.

Відповідно до стандарту Республіки Білорусь СТБ 1626.1-2006 [3], норми викидів забруднюючих речовин для котельного обладнання визначають відповідно для газу у табл. 4, для твердого палива у табл. 5. Обмеження гранично допустимої концентрації викидів забруднюючих речовин базується на наступних умовах – 3 % кисню для газоподібних продуктів горіння, та 6 % кисню для твердого палива. Слід зазначити, що в Білорусії найбільш гнучка система нормування викидів токсичних речовин від котельних агрегатів, що включає широкий діапазон потужностей устаткування.

Таблиця 4

Норми викидів забруднюючих речовин для котельного обладнання, що працює на природному газі (Республіка Білорусь)

Номинальна теплова потужність установки, МВт	Оксиди вуглецю, мг/м ³		Оксиди азоту, мг/м ³		Діоксиди сірки, мг/м ³	
	до 01.07.2006	після 01.07.2006	до 01.07.2006	після 01.07.2006	до 01.07.2006	після 01.07.2006
	0,1 < P < 0,3	85	80	170	80	
0,3 < P < 2	95	90	180	100		
2 < P < 25	150	100	220	120		
25 < P < 50	200	150	240	140		35
50 < P < 100	250	200	250	150		35
P > 100	300	250	300	150		35

Можна відмітити, досить високі показники щодо нормування викидів оксидів вуглецю при спалюванні твердих палив для котлів різних потужностей.

Норми на викиди забруднюючих речовин в атмосферу для устаткування потужністю більше 50 МВт, регулюються директивою 2001/80/ЄС Європейського парламенту і Ради Європи від 23 жовтня 2001 року яку підписали країни ЄС, Республіка Албанія, Боснія і Герцеговина, в тому числі і Україна та інші. Діючі обмеження щодо викидів токсичних речовин відповідно до Директиви наведено у табл. 6. Слід зазначити, що технологічні нормативи згідно до Наказу Міністерства охорони природного середовища України № 309 від 27.06.2006 р. для повторюють дані щодо обмеження викидів у Директиві, крім того що замість існую-

чих установок в технологічних нормативах України вказані модернізовані установки, а також наведені дані щодо викидів твердих частинок у нових установках на рівні 30 мг/м³ замість 50 мг/м³, а також додаткова інформація, у якій визначено, що для існуючих установок з потужністю більше 500 МВт з 2016 року норматив встановлюється на рівні 200 мг/м³ замість 500 мг/м³.

Таблиця 5

Норми викидів забруднюючих речовин для котельного обладнання, що працює на твердому паливі (Республіка Білорусь)

Номинальна теплова потужність установки, МВт	Оксиди вуглецю, мг/м ³		Оксиди азоту, мг/м ³		Діоксиди сірки, мг/м ³		Тверді частинки, мг/м ³	
	до 01.07.2006	після 01.07.2006	до 01.07.2006	після 01.07.2006	до 01.07.2006	після 01.07.2006	до 01.07.2006	після 01.07.2006
0,1 < P < 0,3	15000	7500		750				600
0,3 < P < 2	5000	2500		600		2500	500	300
2 < P < 25	2000	1000	750	500	3000	2000	300	150
25 < P < 50	1500	750	750	500	2500	1500	200	100
50 < P < 100	1000	500	600	400	1500	850	150	50
P > 100	500	500	500	200	850	200	100	30

Таблиця 6

Обмеження щодо викидів токсичних речовин відповідно до Директиви 2001/80/ЕС

Тип палива	Номинальна теплова потужність установки, МВт	Оксиди азоту, мг/м ³		Діоксид сірки, мг/м ³		Тверді частинки, мг/м ³	
		Нові установки	Існуючі установки	Нові установки	Існуючі установки	Нові установки	Існуючі установки
Тверде паливо	50 < P <= 100	400	600	850	2000	50	100
	100 < P <= 500						
	P > 500	200	500 (200 з 01.01.2016)	400			
Газоподібне	50 < P <= 300	150	300	35		5	
	P > 300	100	200				

Норми викидів щодо діоксиду сірки та оксидів азоту та твердих частинок для модернізованих та нових установок відповідають нормам Директиви 2001/80/ЕС. Існуючі установки, що будуть експлуатуватися не більше 25 000 год., тобто не більше 4000 годин на рік, після 01.01.2016 р. мають бути демонтовані, модернізовані або замінені.

Список використаної літератури

1. Subpart Dc of 40 CFR Part 60 – New Source Performance Standards for Small Industrial-Commercial-Institutional Steam Generating Units constructed after June 9, 1989 (<http://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-60/subpart-D>)
2. Руководство по регулированию выбросов в атмосферу / Руководство Агентства по охране окружающей среды Дании № 10, 2002 г. (<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2002/87-7972-301-2/pdf/87-7972-302-0.pdf>)
3. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1626.1-2006 / УСТАНОВКИ КОТЕЛЬНЫЕ. УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ГАЗООБРАЗНОМ, ЖИДКОМ И ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ / Нормы выбросов загрязняющих веществ / Госстандарт Минск (<http://eco.com.ua/content/ustanovki-kotelnye-ustanovki-rabotayushchie-na-gazoobraznom-zhidkom-i-tverdom-toplive-normy>)

УДК 662.61.662.75

О. І. Сігал, В. О. Логвин, Є. Й. Бикоріз

Інститут технічної теплофізики НАНУ, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ДЖЕРЕЛ ВИКИДІВ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН В УКРАЇНІ

Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України № 177 від 10.05.2002 р. [1] визначено порогові значення викидів забруднюючих речовин при спалюванні органічних палив (табл. 1).

Тобто теплогенератори, в результаті роботи яких утворюються і викидаються токсичні речовини в кількостях більших ніж наведені в табл. 1 підлягають взяттю на державний облік для відповідного оподаткування (табл. 2).

Викиди забруднюючих речовин за годину, що утворюються при роботі теплогенеруючого об'єкту, визначаються за формулою:

$$E = B \cdot V \cdot K \cdot T \cdot 10^{-9},$$

де E – викиди забруднюючих речовин, г/год.;

B – фактична витрата палива теплогенеруючим об'єктом за годину, м³/год.;

V – обсяг продуктів згорання, м³/м³;

K – концентрація викидів токсичних речовин, мг/м³.

Таблиця 1

Порогові значення викидів забруднюючих речовин при спалюванні органічних палив

Забруднююча речовина	Порогові значення викидів, т/рік
Оксиди азоту	1,0
Оксиди вуглецю	1,5
Діоксиди SO ₂	500
Тверді речовини (мікрочастинки та волокна)	3
Тверді речовини (від 2 до 10 мкм)	1
Тверді речовини (менше 2,5)	0,5

Таблиця 2

Норматив збору за перевищення викидів шкідливих речовин в атмосферу

Забруднююча речовина	Норматив збору, грн./т
Оксиди азоту	1434,71
Оксиди вуглецю	54,05
Діоксиди сірки	1434,71
Тверді речовини	54,05

Для водогрійних газових котлів типу Колві-1500 та RCH-400 дані щодо фактичного споживання пального та концентрації викидів токсичних речовин при різних режимах навантаження для розрахунку базуються на даних з режимних карт.

Обсяг продуктів згорання, визначаються за формулою:

$$V_r = V_{RO_2} + V_{N_2}^o + V_{H_2O} + (\alpha_g - 1)V^o, \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}$$

де V^o – теоретичний об'єм повітря для спалювання, м³/м³;

V_{RO_2} – теоретичний об'єм трьохатомних сухих газів, м³/м³;

$V_{N_2}^o$ – теоретичний об'єм двоатомних сухих газів, м³/м³;

V_{H_2O} – об'єм водяних парів, м³/м³;

α_g – коефіцієнт надлишку повітря в вихідних газах.

Теоретичні об'єми повітря V^o і продуктів згорання $V_{N_2}^o$, V_{RO_2} , $V_{H_2O}^o$ (м³/м³) при використанні природного газу прийняті згідно таблиці XII для природного газу Уренгой–Ужгород [2]. Розрахунковий обсяг продуктів спалювання становить 14,6.

Методом апроксимації отриманих результатів щодо викидів оксиду азоту за годину була отримана наступна ступенева залежність між тепловою продуктивністю та викидами забруднюючих речовин.

$$P = 0,008 \cdot E^{0,864},$$

де P – потужність теплоустановки, Гкал/год.;

E – викиди забруднюючих речовин за годину, що утворюються при роботі теплогенеруючого об'єкту, г/год.

Розрахунок порогового обсягу викидів при величині погодинного викиду 5000 г/год., показує, що при потужності менше 12 Гкал/год. (14 МВт) не забезпечується нормування гранично допустимих викидів забруднюючих речовини від стаціонарного джерела.

Для опалювальних водогрійних котлів з потужністю від 0,1 до 4 МВт (від 0,09 до 3,4 Гкал/год.) в Україні діє ГОСТ 30735-2001 (табл. 1). Слід зазначити, що передбачені ГОСТ 30735-2001 [3] норми викидів оксидів азоту та оксидів вуглецю при спалюванні природного газу для дуттьових типів пальників менші на 20 % від норми для пальників атмосферного типу (табл. 3).

Таблиця 3

Норми викидів оксидів азоту та оксидів вуглецю при спалюванні природного газу для котлів потужністю від 0,1 до 4 МВт

Тип палива	Пальник	Номинальна теплова потужність установки, МВт	Оксиди азоту			Оксиди вуглецю
			Клас 1	Клас 2	Клас 3	
Природний газ	Атмосф. пальники		100	160	250	160
	Дуттьові пальники	0,1 < P < 4	80	120	200	130

На рисунку, показана залежність між потужностями та встановленими українськими нормативами щодо обмеження викидів оксидів азо-

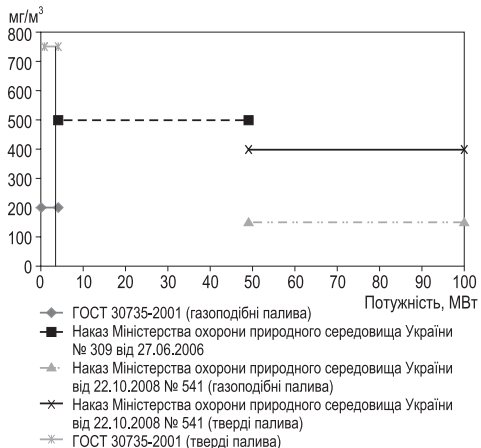


Рисунок. Залежність між потужностями та встановленими українськими нормативами обмеження викидів оксидів азоту.

введення комплексу заходів з зниження викидів токсичних речовин. Кількість викидів оксидів азоту та вуглецю можна регулювати за допомогою обмеження часу роботи котлів. В нормативному плані об'єктом шкідливих викидів є котельня, а не котел.

Децентралізація опалювальної системи передбачає створення дахових котельень, що мають середню потужність до 500 кВт, чи встановлення побутових котлів, потужність яких не перевищує 100 кВт, які за чинним законодавством не підлягають оподаткуванню за забруднення атмосфери. Але сумарні викиди дахових котельних та побутових котлів не можуть бути меншими ніж викиди котельні такої ж потужності, тому необхідно розробити нові нормативи порогових викидів.

Список використаної літератури

1. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України №177 від 10.05.2002р. «Порогові значення викидів забруднюючих речовин при спалюванні органічних палив».
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. Издательства «НПО ЦКТИ», СПб, 1998. 256 с.
3. ГОСТ 30735-200 Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия (<http://vsegost.com/Catalog/63/6363.shtml>).

ту, що вказує на відсутність законодавчих нормативних актів обмеження викидів у діапазоні від 4 до 14 МВт.

Отже, необхідне розроблення національних нормативів обмеження концентрацій викидів токсичних речовин для котлів в діапазоні потужностей від 4 до 14 МВт.

Виходячи з вищенаведеного, котел теплопродуктивністю менше 0,5 Гкал/год. на газоподібному паливі, не вважається об'єктом забруднення навколишнього середовища, і отже не потребує впровадження

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОТЛОВ НА БИОГАЗЕ

В последнее время использование биогаза в качестве топлива для промышленных котлов приобретает все большую актуальность. Это вызвано как минимум тремя причинами:

- высокой стоимостью природного газа;
- необходимостью очистки городских и промышленных сточных вод в результате которой, образуется биогаз;
- усилением внимания к выбросу парниковых газов, в первую очередь, CO_2 , CH_4 .

Использование биогаза в промышленных котлах в Украине крайне ограничено. При этом получаемый биогаз, обычно, подают в те же горелочные устройства, которые разработаны для природного газа. Реже применяются горелочные устройства разработанные для сжигания биогаза зарубежных фирм.

Рассмотрим возможность использования существующих горелочных устройств для сжигания биогаза. В табл. 1 приведены составы природного газа и биогаза различного происхождения, газовый анализ сделан в Институте газа НАН Украины на хроматографе Agilent 6890N, из которой видно, что основное отличие биогаза от природного газа вызвано наличием в его составе более 30 % углекислого газа (CO_2) и его влияния на плотность, теплотворность смеси газов и нормальную скорость распространения пламени (ρ , Q_n^p , u_n) [1].

Использование горелочных устройств для природного газа под использования в них биогаза (без изменения конструкции и режимов подачи топлива) практически невозможно [2].

Рассмотрим два варианта:

Горелочное устройство остается неизменным и давление биогаза равно давлению природного газа:

Введем следующие критерии в виде соотношений в табл. 2.

Показано (табл. 2), что при использовании существующего горелочного устройства для природного газа с фиксированным диаметром сопел и давлением перед горелочным устройством ($d_c = \text{const}$, $P_T = \text{const}$)

распределение струй в воздушном потоке резко нарушено ($\delta_h = 1,38$), а производительность горелочного устройства по теплу снижается почти в 2 раза $\delta_g = 0,524$.

Таблица 1

Отличие состава биогаза от природного газа

Наименование	Состав газа, %						Расчетные величины		
	CH ₄	C ₂ H ₆	CO ₂	N ₂	O ₂	H ₂ S	u _н , см/с	ρ _г , кг/м ³	Q _н ^p , кДж/м ³
	Природный газ								
	98	2	0,84	1,05	–	–	38	0,77	36757
	Биогазы								
Городские очистные сооружения ¹	67,75	–	31,75	0,48	0,425	–	21	1,05	22412*
Спиртзавод ²	69,3	–	30,2	0,2	0,3	–	23	1,1	24890*
Животноводческая ферма ³	69,44	–	30,36	0,09	–	0,11	23	1,1	24941*

¹ Бортническая станция аэрации ОАО «Киевводоканал» (Киевская обл.)

² Экспериментальный спиртзавод г. Лужаны (Черновицкая обл.)

³ Молочная ферма с. Большая Крупель (Киевская обл.)

Таблица 2

Характеристики существующих горелочных устройств для природного газа при использовании их для сжигания

Соотношение скоростей выхода струй из сопел	$\delta_w = W_{б.г}/W_{пр.г}$	0,810
Соотношение плотностей	$\delta_\gamma = \gamma_{б.г}/\gamma_{пр.г}$	1,500
Соотношение расходов по топливу	$\delta_g = g_{б.г}/g_{пр.г}$	0,810
Соотношение расхода по теплу	$\delta_Q = Q_{б.г}/Q_{пр.г}$	0,524
Соотношение дальности струй	$\delta_h = h_{б.г}/h_{пр.г}$	1,380
Соотношение диаметра струй	$\delta_{D_{стр}} = D_{стр}^{б.г}/D_{стр}^{пр.г}$	1,380

Переоборудование горелочного устройства с природного газа на биогаз.

Важнейшей расчетной величиной при переводе котлов с природного газа на биогаз является определение диаметра сопловых отверстий – $d_c^{б.г}$.

При переводе с природного газа на биогаз для обеспечения нужного расхода топлива диаметр сопловых отверстий горелочного устройства при постоянном давлении увеличивается в соотношении

$$d_c^{б.г} = d_c^{пр.г} \cdot (\delta_w \cdot \delta_\gamma)^{-0,5}. \quad (1)$$

Дальность струи биогаза, вытекающей из сопла (h – расстояние, на котором струя принимает направление основного потока [3])

$$h_{б.г} = d_c^{б.г} \cdot \sin \alpha \cdot k_s \cdot W_{б.г}/W_b \cdot (\gamma_{б.г}/\gamma_b)^{0,5}, \quad (2)$$

где $d_c^{б.г}$ – диаметр сопла биогаза;

α – угол подъема закрученного потока воздуха;

k_s – коэффициент, зависящий от шага сопел;

$W_{б.г}$ и W_b – соответственно скорость биогаза и воздуха;

$\gamma_{б.г}$ и γ_b – соответственно плотность биогаза и воздуха.

При переводе на биогаз дальность струи биогаза будет в 1,38 раза больше, чем струи природного газа, что приводит к нарушению распределения струй в воздушном потоке, снижению и без того пониженной устойчивости горения и склонности к отрыву факела:

$$\delta_h = \delta_d \cdot \delta_w (\delta_\gamma^{б.г} / \delta_\gamma^{пр.г})^{0,5}. \quad (3)$$

Соотношение дальности струй природного газа и биогаза в значительной мере зависит от диаметра сопла, соотношения скоростей и плотностей биогаза и природного газа (4).

При переводе горелочных устройств природного газа на сжигание биогаза следует учитывать, что нормальная скорость распространения пламени биогаза существенно ниже, чем при сжигании природного газа $u_n^{б.г} < u_n^{пр.г}$:

$$u_n^{б.г} \approx u_n^{пр.г} [100 - 1,6CO_2 - 1,3H_2O - 0,8(N_2 + O_2)]. \quad (4)$$

Вышеприведенные данные были положены в основу переоборудования горелочных устройств для совместного и раздельного сжигания биогаза и природного газа.

Выводы

Впервые введены критерии для расчетов горелочных устройств для сжигания биогаза.

Полученные данные положены в основу переоборудования горелочных устройств для совместного и раздельного сжигания биогаза и природного газа.

Список использованной литературы

1. Сигал И. Я. Сжигание газа в котлах и защита воздушного бассейна // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2009. – № 4. – С. 26–34.
2. Иванов Ю. В. Газогорелочные устройства: Монография. – М., Недра, 1972. – 276 с.
3. Комина Г. П., Володин С. Е., Шахов Г. С. Использование биогаза в котельной очистных канализационных сооружений // Сборник научных трудов. Термокаталитическая очистка и снижение токсичных выбросов в атмосферу. – К.: Наукова думка, 1989. – С. 105–109.
4. Сигал И. Я., Марасин А. В., Смихула А. В., Сигал А. И., Колчев В. А. Экспериментальное исследование горения биогаза и его использование в промышленных котлах // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – 2013. – № 17 (139). – С. 84–89.

УДК 536.24:533.6.011

Е. Н. Письменный

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт» Киев, Украина*

ТЕПЛООБМЕН И СОПРОТИВЛЕНИЕ ПУЧКОВ ВИНТООБРАЗНЫХ ТРУБ В ПОПЕРЕЧНОМ ПОТОКЕ

Теплообменники типа «газ–газ» широко используются в промышленности. Актуальной задачей является совершенствование элементной базы таких теплообменников с целью улучшения их массогабаритных показателей. Для решения этой задачи в НТУУ «КПИ» была разработана равноразвитая поверхность теплообмена в виде винтообразных труб [1, 2].

Для исследуемых труб характерно равное развитие наружной и внутренней поверхностей, необходимое для увеличения отводимого теплового потока, которое также связано с созданием условий для интенсификации теплопереноса с обеих сторон путем дополнительного вихреобразования и закрутки потока. Оптимизация геометрических характеристик равноразвитых поверхностей требует решения как внутренней, так и наружной задачи. Некоторые результаты исследований теплообмена и гидродинамики внутри винтообразных труб приведены в работе [3].

К настоящему времени получены первые данные экспериментальных исследований наружного теплообмена и аэродинамического сопротивления двух типоразмеров таких труб (табл. 1), собранных в шахматные пучки с различными значениями относительных поперечного и продольного шагов, $\sigma_1 = S_1/D$ и $\sigma_2 = S_2/D$, соответственно ($\sigma_1 = 1,105 \dots 1,842$, $\sigma_2 = 0,960 \dots 2,368$).

Таблица 1

Геометрические характеристики моделей труб

Тип труб	l , мм	D , мм	d , мм	t , мм	h , мм	ψ	$H_{1\text{мм}}$, м ² /м
1	140	38	28	12	5	1,163	0,1388
2	140	38	31	8	3,5	1,241	0,1481

В основу представленной работы положены данные для наиболее интересных в плане практического применения плотных пучков ($\sigma_1 = 1,105$, $\sigma_2 = 0,96 \dots 1,46$), которые сравнивались с данными по теплообмену и сопротивлению соответствующих по шагам пучков гладких труб наружным диаметром D , равным внешнему диаметру винтообразных труб, взятому по вершинам выступов (рис. 1). Параметр D использовался в качестве определяющего размера в числах Nu и Re как для пучков гладких труб, так и винтообразных труб. Такой подход при анализе связан с тем, что винтообразные трубы изготавливались путем деформирования гладких труб диаметром D и рассматриваются как альтернатива последних. Скорость определялась в самом узком сечении пучка.

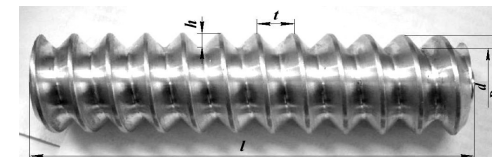


Рис. 1. Геометрические размеры винтообразных труб.

Значения Nu и Eu_0 для пучков гладких труб определялись расчетным путем в соответствии с [4, 5].

В табл. 2 приведены значения отношений чисел Нуссельта и Эйлера для исследованных пучков винтообразных (Nu , Eu_0) и базовых гладких ($Nu_{\text{глад}}$, $Eu_{0\text{глад}}$) труб, определенные при $Re = idem$ на границах исследованного интервала чисел Рейнольдса. Для всех рассмотренных пучков наблюдается заметная интенсификация теплообмена, причем большие значения $Nu/Nu_{\text{глад}}$ соответствуют большим значениям чисел Рейнольдса и получены для пучков труб типа 2. Имеет место также

существенное снижение аэродинамического сопротивления, которое более выражено для пучков труб типа 1 с более глубокими винтообразными канавками. Для пучков труб второго типа в области верхнего предела исследованного интервала чисел Re эффект снижения сопротивления не наблюдается.

Таблица 2

Сравнение теплоаэродинамических характеристик винтообразных труб

Тип труб	σ_2	$Nu/Nu_{г\text{л}}$	$Eu/Eu_{г\text{л}}$
1	0,960	1,01–1,10	0,86–1,07
	1,184	1,08–1,16	0,79–0,98
	1,460	1,11–1,19	0,77–0,97
2	0,960	1,09–1,19	0,87–1,07
	1,184	1,18–1,30	0,84–1,04
	1,460	1,24–1,37	0,83–1,04

Оценка теплоаэродинамической эффективности исследованных пучков труб выполнена простым, но наглядным способом – на основе зависимостей $(Q/Q_{г\text{л}}) = f(\Delta P/\Delta P_{г\text{л}})$, где Q – тепловой поток, отводимый от одного погонного метра труб при постоянном температурном напоре, ΔP – потери давления в пучке.

Анализ этих зависимостей (рис. 2) показывает, что при равных аэродинамических сопротивлениях ($\Delta P/\Delta P_{г\text{л}} = 1$) удельный тепловой поток Q ,

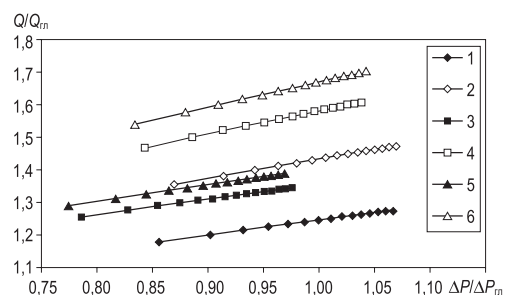


Рис. 2. Зависимость параметра $(Q/Q_{г\text{л}})$ от $(\Delta P/\Delta P_{г\text{л}})$ при $\sigma_1 = 1,105$: 1, 2 – $\sigma_2 = 0,96$ труба типа № 1, № 2; 3, 4 – $\sigma_2 = 1,184$ труба типа № 1, № 2; 5, 6 – $\sigma_2 = 1,46$ труба типа № 1, № 2.

отводимый от пучков винтообразных труб на (25–68 %) превышает удельный тепловой поток от соответствующих пучков гладких труб. При этом максимальное значение $(Q/Q_{г\text{л}}) = 1,68$ достигается для пучков труб типа 2 с $\sigma_1 = 1,105$ и $\sigma_2 = 1,46$ при скорости потока в живом сечении $W = 20,9$ м/с, соответствующей реальному диапазону скоростей в теплообменном оборудовании.

Столь существенный прирост удельного теплового потока Q можно объяснить следующими тремя факторами.

Первым, наиболее очевидным фактором является фактор развития поверхности ψ , пропорционально которому при прочих равных условиях увеличивается Q . Теплоотдающая поверхность одного погонного метра двух исследованных типов винтообразных труб на 16,3 % и 24,1 % больше поверхности исходных гладких труб (табл. 1).

Второй фактор – более высокая, чем при обтекании гладких труб, турбулизация потока при поперечном обтекании винтообразных труб. Предварительные экспериментальные и численные исследования особенностей течения у поверхности таких труб (рис. 3) показали образование в лобовых частях впадин винтообразных канавок вихревых структур, напоминающих подковообразные вихри, которые наблюдаются при обтекании поперечно-оребрённых труб [5].

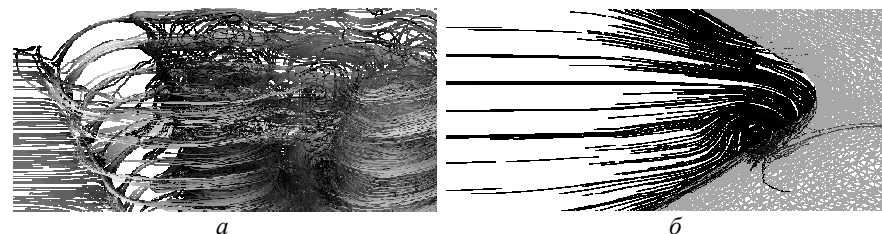


Рис. 3. Траектория движения частиц при обтекании винтообразной трубы: а – общая картина; б – вихрь во впадине.

Третий фактор – меньшая, чем у соответствующих гладких труб, площадь миделевого сечения винтообразных труб. Это обеспечивает большее живое сечение для прохода теплоносителя в пучках винтообразных труб при $\sigma_1 = idem$, уменьшает кривизну линии тока, а значит и коэффициент сопротивления пучка. Более низкие коэффициенты сопротивления позволяют достигать значений ΔP , характерных для гладкотрубных пучков ($\Delta P/\Delta P_{г\text{л}} = 1$) при больших скоростях потока, что приводит к интенсификации теплообмена.

Выводы

Установлено, что интенсивность теплообмена пучков винтообразных труб на 25–68 % выше интенсивности теплообмена соответствующих пучков гладких труб при $\Delta P/\Delta P_{г\text{л}} = 1$.

Максимальное значение $Q/Q_{гр} = 1,68$ достигается для пучков труб типа 2 с $\sigma_1 = 1,105$ и $\sigma_2 = 1,46$ при скорости потока в живом сечении $W = 20,9$ м/с.

Использование теплообменной поверхности в виде винтообразных труб позволяет существенно снижать массогабаритные характеристики аппарата.

Список использованной литературы

1. Письменный Е. Н. Равноразвитые поверхности теплообмена и методика численных исследований их теплогидравлических характеристик / Е. Н. Письменный, А. В. Баранюк, М. М. Вознюк // Промышленная теплотехника. – 2012. – Т. 34. – № 1. – С. 45–54.
2. Патент на корисну модель № 67783 Україна, МПК F28F1/08. Теплообмінна труба / Є. М. Письменний, О. М. Терех, О. І. Руденко, О. П. Ніщик, О. В. Баранюк; заявник та володар патенту на корисну модель НТУУ «КПІ» – u201108293; заявл. 01.07.2011; опубл. 12.03.2012. Бюл. № 5.
3. Демчук Л. В., Рогачов В. А., Терех О. М., О. І. Руденко. Теплоаеродинамічна ефективність гвинтоподібних труб з рівнорозвиненою поверхнею // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5/8(53). – С. 26–30.
4. Аэродинамический расчет котельных установок: нормативный метод / под ред. С. И. Мочана. – М.: Энергия, 1977. – 256 с.
5. Тепловой расчет котельных агрегатов: нормативный метод / под ред. Н. В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
6. Письменный Е. Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-ребренных труб / Е. Н. Письменный. – Киев: Альтерпрес, 2004. – 244 с.

УДК 697.3

Г. П. Кучин, В. Я. Скрипко, Є. І. Бикоріз, І. В. Пузанов

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

ДО ПИТАННЯ НОРМУВАННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОТИ І ВОДИ НА ПРОДУВКУ ВОДОГРІЙНИХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ КОТЛІВ

На теплопостачальних підприємствах комунальної теплоенергетики і промисловості працює велика кількість водогрійних котлів для забезпечення теплом і гарячою водою споживачів. Тільки у комунальній теплоенергетиці нараховується 35073 котлів 80 % з яких водогрійні

котли різних марок. Вода, що використовується в якості теплоносія, в різних областях України має різну жорсткість від 1,5 (м'яка) до 12 (жорстка) ммоль/літр.

Найбільш жорсткою водою характеризуються Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Сумська, Харківська, Полтавська, Миколаївська області та АР Крим. Великими проблемами водогрійних котлів є накип, вапняний наліт та корозія.

При нагріванні води в котлах на внутрішніх поверхнях труб може утворюватися шар накипу через осадження різних солей, більшість із яких солі магнію і кальцію. Частина солей осаджується у вигляді накипу, інша частина – у вигляді осаду, який скупчується в колекторах котлів. Накип призводить до створення «свищів» на внутрішній стороні труби і аварії на котлах.

Причиною накопичення є розпад бікарбонатного іону при нагріванні води і виділення в результаті цього розчину карбонату кальцію і гідрату оксиду магнію. Ці солі випадають у вигляді пухкого осаду і утворюють на стінах труби накип.

При цьому, якщо товщина шару накипу досягає 0,3–0,4 мм, перевитрата палива складає 1 %, а якщо товщина накипу 2 мм, то перевитрата палива складає 4 % [1].

При підготовці сітьової води в водогрійних котлах для відкритих чи закритих систем теплопостачання необхідно знизити карбонатну жорсткість підживлювальної води. Найбільш розповсюдженою технологією водопідготовки є Na-катіонування. При цій технології суттєво знижується жорсткість води.

Для більш глибокої обробки води застосовують сучасну і найбільш дорогу схему водопідготовки, а саме ультрафільтрацію (UF) – зворотній осмос – Na-катіонування. При цьому обов'язкове застосування деаератора. Як один з самих зручних і ефективних приладів для очистки води на котельних застосовують «Аквацит», який має форму браслета і який встановлюють на чисту поверхню сталеві труби з теплоносієм. Пом'якшення води відбувається за рахунок електромагнітних хвиль, які формують накип у виді голок і не дають накипу прилипати до стінок труб.

Розглянуті вище сучасні схеми водопідготовки не всюди застосовуються через значну вартість. У більшості котелень невеликої потужності, наприклад, з котлами НІИСТУ-5 застосовується Na-катіонування і механічна очистка. Постійні чистки від накипу таким засобом обов'язково скорочують термін експлуатації котлів через те, що хіміч-

на або механічна чистка труб котла з часом зменшує їх товщину і приводить до передчасного зменшення ресурсу роботи котла. Застосування Na-катіонування не повністю вирішує питання очищення води від солей. Не вдається досягнути такого зм'якшення води, яке б виключало засолення внутрішніх порожнин трубчатих колекторів і екранних труб котлів шлаками.

На багатьох котельнях з котлами НИИСТУ-5, Надточія, Ревокатова взагалі не застосовують водоочистку. Всі ці обставини змушують проводити ненормовану періодичну продувку котлів для забезпечення їх нормального функціонування. При проведенні продувки водогрійних котлів безповоротно втрачається два ресурси: вода і теплота.

На відміну від парових котлів витрата цих ресурсів на власні потреби котельні на сьогодні не передбачається правилами експлуатація водогрійних котлів і тому не нормується. В КТМ 204 України 244-94 [2] в розділі 4 «Визначення втрат теплоти на власні потреби котельні», п. 4.2 вказано: «Загальні витрати теплоти (пари) на власні потреби котельні дорівнюють сумі втрат на нагрівання води, яка виходить із котла продувкою...». В додатку 5 цього документу надаються норми витрат теплоти в відсотках від паропродуктивності котла, починаючи з 10 тон пари на годину.

З метою узаконювання витрат води і теплоти на продувку водогрійних котлів на наш погляд доцільно розробити відповідні норми і затвердити їх в установленому порядку. Під нормою витрати теплоти на продувку опалювального водогрійного котла приймається витрата тепла на продувку за одиницю часу: Мкал/добу, Мкал/місяць, Мкал/рік.

Як відомо за ступенем агрегації норми класифікуються на індивідуальні і групові [2].

Індивідуальна норма витрати тепла на продувку водогрійного котла це планова витрата тепла на котлі даного типу за одиницю часу.

Індивідуальна норма розраховується за даними теплопостачального підприємства за формулами.

Добова норма

$$q_{\text{прод}}^{\text{д}} = n \cdot g_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} \cdot t_{\text{п.в}},$$

де n – кількість продувок за добу;

$g_{\text{в}}$ – витрата води на одну продувку, м³/прод;

$C_{\text{в}}$ – теплоємність води, $C_{\text{в}} = 1000$ ккал/м³ · °С.

$t_{\text{п.в}}$ – температура продувальної води, °С,

$t_{\text{пр}}, t_{\text{зв}}$ – температура прямої та зворотної води, °С.

$$t_{\text{пр.в}} = \frac{t_{\text{пр}} + t_{\text{звор}}}{2}$$

Місячна норма

$$q_{\text{прод}}^{\text{м}} = m \cdot g_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} \cdot t_{\text{п.в}},$$

де m – кількість днів на місяць.

Річна норма

$$q_{\text{прод}}^{\text{рік}} = D \cdot g_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} \cdot t_{\text{п.в}},$$

де D – кількість днів на рік.

Під груповою нормою слід розуміти планові витрати тепла котельнями окремих районних підприємств теплопостачання, які входять до складу обласних теплопостачальних підприємств та в цілому по обласному теплопостачальному підприємстві в ті ж одиниці часу, що і при розрахунку індивідуальних норм.

Групові норми розраховуються за даними підприємства за формулами:

Групова добова норма

$$Q_{\text{прод}}^{\text{д}} = \sum_{i=1}^i q_{\text{прод}}^{\text{д}}.$$

Групова місячна норма

$$Q_{\text{прод}}^{\text{м}} = m \cdot \sum_{i=1}^i q_{\text{прод}}^{\text{д}}.$$

Групова річна норма

$$Q_{\text{прод}}^{\text{рік}} = D \cdot \sum_{i=1}^i q_{\text{прод}}^{\text{д}}.$$

де i – кількість котлів кожного типу.

Як приклад в наведеній нижче таблиці розраховано для окремого теплопостачального підприємства індивідуальні і групові норми витрати тепла та води на продувку різних марок котлів.

В свій час наведені норми було апробовано на теплопостачальному підприємстві «Донецьктеплокомуненерго», де вони отримали позитивний відгук. Але відсутність правових засад не дозволило використовувати їх в подальшому.

Треба відзначити, що рішення щодо використання засобів водопідготовки чи продувки треба приймати, на наш погляд, через економічну доцільність, яка визначається вартістю обладнання водопідготовки та вартістю води і теплоти, які витрачаються на продувку.

Таблиця
Приклад нормування витрат води теплоти на виконання періодичної продукції водогрійних котлів на теплостачальному підприємстві

№ з/п	Марка котлів	Кількість котлів, шт.	Індивідуальна норма витрати теплоти на продукцію			Групова норма витрати теплоти на продукцію			Витрата води для продукції котлів на протязі року (1 продукція за добу), м ³ /рік
			Мкал доба	Мкал місяць	Мкал рік	Мкал доба	Мкал місяць	Мкал рік	
1	НИИСТУ-5	7	3,30	99,0	1204,5	178,2	162,0	8432,0	102,2
2	ТВГ-8М	2	6,60	198,0	2409,0	13,2	396,0	4818,0	58,4
3	КВ-Г-6,5	1	6,60	198,0	2409,0	6,6	198,0	2409,0	29,2
4	КСВа-2,5	3	4,95	148,5	1806,7	14,9	447,0	5438,5	65,7
5	КБ-Н-Г-2,5	2	4,95	148,5	1806,7	9,9	297,0	3613,5	43,8
6	КСВ-1,6	1	—	—	—	3,3	99,0	1204,5	14,6
7	ДКВР 10/13	3	—	—	—	19,8	594,0	7227,0	87,6
8	ДКВР-6,5	3	—	—	—	19,8	594,0	7227,0	87,6
9	ТВГМ-1,8	4	6,60	198,0	2409,0	24,0	720,0	8760,0	116,8
10	ТВГМ-2,2	1	—	—	—	66,0	198,0	2409,0	29,2
11	КБГ-6,5	2	—	—	—	13,2	396,0	4818,0	58,4

Список використаної літератури

1. Цейтлин С. А. О развитии котлостроения для промышленных и отопительных котельных малой мощности // Новости теплоснабжения. – 2014. – № 1. – С. 16–17.

2. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби України. КТМ 204. Україна-244-94. Київ, 1996.

УДК 621.181.27:662.9

А. В. Каныгин ¹, С. И. Трубачев ²

¹ *Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев*

² *Национальный технический университет Украины*

«Киевский политехнический институт», г. Киев

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА ВОДОГРЕЙНОГО ВОДОТРУБНО-ДЫМОГАРНОГО КОТЛА

Проблема температурных напряжений, возникающих в конструктивных элементах отопительных котельных установок, давно известна. Жаротрубно-дымогарные котлы являются конструкциями, которые особо подвержены действию температурных напряжений. Жесткость конструкции, которая ограничивает эксплуатационные возможности таких котлов, обращала на себя внимание на протяжении длительного времени [1–3]. По этой причине поверхности нагрева жаротрубно-дымогарных котлов изготавливаются из мягкой и пластичной низкоуглеродистой стали. Термические напряжения и повреждения, возникающие в таких котлах и приводящие к аварийным остановкам, изучались многими авторами [3–8] и отражены в нормативной документации [9]. Создание новых конструкций котлов с жаровой трубой-топкой заставляет разрабатывать и новые методики, позволяющие оценивать надежность такого оборудования.

Институтом технической теплофизики национальной Академии наук Украины (ИТТФ НАН Украины) был разработан и внедрен в про-

изводство водогрейный водотрубно-дымогарный котел КВВД-0.63 Гн (водогрейный водотрубно-дымогарный котел номинальной теплопроизводительностью 630 кВт с принудительной циркуляцией теплоносителя). Котел рассчитан для работы на природном газе или жидком топливе и предназначен для выработки тепловой энергии в виде горячей воды с температурой до 95 °С и давлением до 0,6 МПа для отопления, технологических нужд и горячего водоснабжения.

Котел (рис. 1) состоит из следующих деталей и узлов:

- корпуса котла овальной формы;
- передней и задней трубных досок, приваренных к корпусу;
- дымогарных труб, сваренных в верхние части передней и задней – трубных досок;
- топочной камеры, включающей в себя жаровую трубу и трубы экранной системы с кольцевыми трубными досками;
- двери котла, в которой находится поворотная камера дымовых газов;
- горелочного устройства, которое крепится к фланцу на дверях котла.

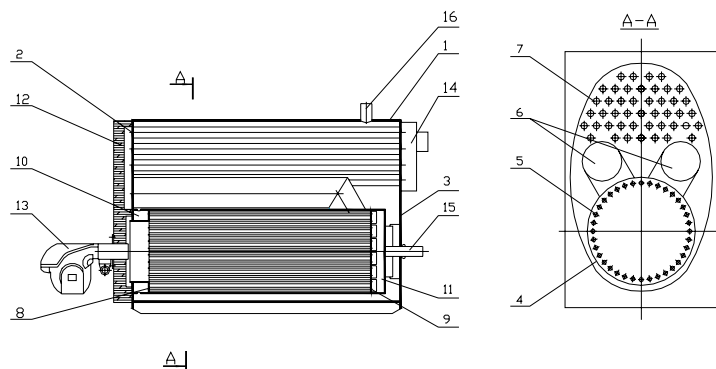


Рис. 1. Конструкция котла КВВД-0,63 Гн:

- 1 – корпус котла; 2 – передняя трубная доска; 3 – задняя трубная доска; 4 – жаровая труба; 5 – трубы экранной системы; 6 – огневые трубы; 7 – дымогарные трубы; 8 – передняя кольцевая трубная доска; 9 – задняя кольцевая трубная доска; 10 – передняя кольцевая водяная камера; 11 – задняя кольцевая водяная камера; 12 – дверь котла с поворотной камерой; 13 – горелочное устройство; 14 – дымовая коробка; 15 – патрубков обратной сетевой воды; 16 – патрубок прямой сетевой воды

В топочной камере между задней и передней кольцевыми водяными камерами сварены 36 экранных труб, формирующих экранный

топочный пучок и разделенных на 12 трехходовых элементов. Обратная сетевая вода подается в заднюю водяную камеру, проходит в переднюю водяную камеру, затем движется в заднюю и снова поступает в переднюю (т. е. 3 хода). Из передней камеры через 12 радиально расположенных отверстий вода далее поступает в водяной объем обечайки котла. В топочной камере установлена блочная газовая вентиляционная горелка. Факел работающей горелки находится в кольцевой экранной камере (внутри экранного топочного пучка), которая закрыта с тыльной стороны. Дымовые газы из камеры поступают в две огневые трубы, затем в поворотную камеру и по дымогарным трубам эвакуируются в дымовую коробку, расположенную с задней стороны котла. Из дымовой коробки газы поступают в дымовую трубу и далее в атмосферу. Ознакомьтесь с техническими характеристиками котла читатели могут в вышедших публикациях [10–12].

Главным отличием котла КВВД-0.63 Гн от других котлов с жаровой трубой-топкой является наличие в топке системы экранных труб, работающих в сложных тепловых условиях. Конструкция топки потребовала оценки надежности с помощью использования компьютерного моделирования процессов горения и теплообмена.

Нагрев сетевой воды в водогрейных жаротрубно-дымогарных котлах, как правило, проходит при низких параметрах теплоносителя: максимальная температура сетевой воды в водяном пространстве котла составляет 90 °С, а максимальное давление не превышает 0,58 МПа. Жаротрубно-дымогарные котлы обладают значительным осадительным объемом. Движение воды в водяном пространстве происходит путем естественной конвекции. В топочной экранной системе водотрубно-дымогарного котла движение воды проходит при принудительной конвекции. Моделирование и расчеты топочных процессов водотрубно-дымогарного котла показали, что теплообмен во внутреннем пространстве труб экранной системы и на поверхности задней кольцевой водяной камеры проходит при развитом турбулентном течении воды ($Re > 5500$) и отсутствии кипения. Зоны кипения на поверхностях нагрева, расположенных в топке водотрубно-дымогарного котла, не были выявлены.

Средние значения тепловых потоков и температура металла поверхностей нагрева котлов приведены в таблице.

Топка водотрубно-дымогарного котла включает термомеханическую пару – трубы экранной системы и жаровую трубу. Рассматривая топку с учетом теории сопротивления материалов, можно принять для

данной конструкции модель нагружения, состоящую из тонкостенного цилиндра (жаровой трубы), закрепленного между двумя стенками (кольцевыми трубными досками). Стенки соединены продольными связями (трубами экранной системы). Связи крепятся к стенкам с помощью фронтальных сварных швов. Суммарное сечение продольных связей превышает сечение цилиндра, а стенки имеют значительную толщину, поскольку рассчитаны на восприятие давления сетевой воды. Цилиндр находится под действием внешнего давления P (давление сетевой воды). Схема нагружения элементов топки водотрубно-дымогарного котла приведена на рис. 2.

Таблица

Средние значения тепловых потоков и температура металла поверхностей нагрева водотрубно-дымогарного котла (данные моделирования)

Наименование поверхности	Средний тепловой поток, Вт/м ²	Средняя температура металла, К
Дымогарные трубы	9 069	433
Огневые трубы	30 357	443
Боковая поверхность жаровой трубы	15 402	436
Экранные трубы	42 427	361
Обечайка	–	353

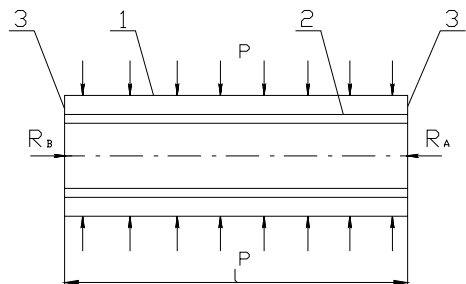


Рис. 2. Схема нагружения элементов топки водотрубно-дымогарного котла:
1 – жаровая труба; 2 – трубы экранной системы;
3 – кольцевая трубная доска.

В процессе работы цилиндр и продольные связи имеют неодинаковую температуру (температура цилиндра превышает температуру связей). Цилиндр стремится к расширению, чему препятствуют связи. В итоге, появляются реакции, которые направлены вдоль оси цилиндра.

Из уравнения равновесия теории сопротивления материалов имеем:

$$X = R_A - R_B = 0,$$

откуда $R_A = R_B = R$. Осевая сила цилиндра: $N = -R$.

Поскольку цилиндр закреплен жестко, его длина остается неизменной и

$$\Delta l = 0.$$

Укорочение свободного цилиндра, создаваемое продольными силами:

$$\Delta l_N = \frac{N \cdot l}{E \cdot F_{\text{ц}}},$$

где l – длина цилиндра;

E – модуль нормальной упругости;

$F_{\text{ц}}$ – сечение цилиндра.

Температурное удлинение при постоянной средней температуре цилиндра $T_{\text{ц}}$ составляет:

$$\Delta l_T = \int_0^l \alpha \cdot T_{\text{ц}}(x) dx = \alpha \cdot l \cdot T_{\text{ц}},$$

где α – коэффициент температурного расширения металла.

Общее удлинение можно записать:

$$\Delta l = \Delta l_N + \Delta l_T = -\frac{R \cdot l}{E \cdot F_{\text{ц}}} + \alpha \cdot l \cdot T_{\text{ц}}. \quad (1)$$

Учитывая, что $\Delta l = 0$, уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{R \cdot l}{E \cdot F_{\text{ц}}} = \alpha \cdot l \cdot T_{\text{ц}},$$

и окончательно получаем:

$$R = \alpha \cdot T_{\text{ц}} \cdot E \cdot F_{\text{ц}}.$$

Вводя градиент температуры ΔT при нагреве термомеханической пары получим:

$$R = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \cdot F_{\text{ц}}. \quad (2)$$

Градиент температуры:

$$\Delta T = T_{\text{жт}} - T_{\text{эк}},$$

где $T_{\text{жт}}$ – средняя температура металла жаровой трубы и $T_{\text{эк}}$ – средняя температура труб экранной системы.

Узлами, наиболее подверженными влиянию термических осевых усилий, в топке водотрубно-дымогарного котла являются фланговые сварные швы в местах крепления труб экранной системы к кольцевым

трубным доскам. Сварные швы являются концентраторами напряжений, поэтому в прочностных расчетах необходимо вводить поправку в виде коэффициента концентрации напряжений, который в данном случае имеет значение $K\sigma = 3\div 4$ [13].

Расчет напряжений, вызванных тепловым расширением жаровой трубы водотрубно-дымогарного котла, выполняется по следующим исходным данным:

- материал поверхностей нагрева – СтЗсп;
- температура металла жаровой трубы $T_{жт} = 436$ К (см. таблицу);
- температура металла экранных труб $T_{эк} = 361$ К (см. таблицу);
- коэффициент температурного расширения стали СтЗсп, $\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ [14];
- нормальный модуль упругости стали СтЗсп, $E = 189 \cdot 10^3$ н/мм² [14];
- площадь сечения жаровой трубы $F_{ц} = 154$ мм²;
- суммарное сечение сварных швов труб экранной системы $F_{шв} = 11360$ мм²;
- толщина боковой стенки жаровой трубы $S = 7$ мм;
- внутренний диаметр жаровой трубы $D_{жт} = 616$ мм;
- расчетное давление сетевой воды $P = 0,59$ МПа.

Осевая сила, создаваемая нагревом жаровой трубы:

$$R = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \cdot F_{ц} = 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot (436 - 361) \cdot 189 \cdot 10^3 \cdot 154 = 29\,251 \text{ н.}$$

Эквивалентное напряжение в сечении сварных швов труб экранной системы:

$$\sigma_{шв} = K_{\sigma} \cdot \frac{R}{F_{шв}} = 3,5 \cdot \frac{29\,251}{11\,360} = 9,0 \text{ МПа.}$$

Полученное значение напряжения ниже предела выносливости, который для фланговых сварных швов низкоуглеродистых сталей составляет 34,3–49,0 МПа [13]. Учитывая, что при отсутствии горения в топке сварные швы экранных труб находятся в ненагруженном состоянии, а также исходя из требований п. 5.1.5.2.5 [15], топка водотрубно-дымогарного котла не требует расчета на малоцикловую усталость.

Приведенное напряжение, создаваемое давлением сетевой воды на жаровую трубу, без учета поправок, можно получить из выражения п. 3.2.3.1 [15]:

$$\sigma_{жт} = \frac{P(D_{жтвн} + S)}{2 \cdot S} = \frac{0,59 \cdot (616 + 7)}{2 \cdot 7} = 26,2 \text{ МПа.}$$

Выводы

1. Разработанная методика оценки напряженного состояния на базе модели жесткозакрепленного тонкостенного цилиндра позволяет оценивать механические напряжения, вызванные температурными расширениями элементов топки водотрубно-дымогарного котла. Методика также может применяться для оценок напряженного состояния элементов жаротрубно-дымогарных котлов других конструкций.

2. Топочное устройство водотрубно-дымогарного котла допускает неограниченное количество рабочих циклов и не снижает надежности работы котла. Это также подтверждается опытом длительной эксплуатации котла КВВД-0.63 Гн в городской тепловой сети.

Список использованной литературы

1. Котельные агрегаты. Вспомогательные устройства и эксплуатация котельных установок / К. Ф. Родатис, Э. И. Ромм, Н. А. Семенов, Т. Т. Усенко, В. Н. Цыганков. – М.–Л.: Государственное энергетическое издательство, 1946.
2. Бузник В. М. Судовые парогенераторы. – Л.: Судостроение, 1970.
3. Geoffrey M. Halley. Thermally Induced Stress Cycling (Thermal Shock) in Firetube Boilers в архиве The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors [Электронный ресурс] / Geoffrey M. Halley // The National Board Bulletin. – 1998. – Режим доступа: <http://www.nationalboard.org/Index.aspx?pageID=232/> (20.02.2015)
4. Гольденфон А. К., Бабаджанян Л. А. Рабочие процессы и эксплуатация судовых котлов. – Л.: Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1962.
5. Nicol M. Fire-Tube Boiler Asset Care and Maintenance Guide. Bromborough, United Kingdom: Hamilton Technical Press Ltd, 2011.
6. Cracking in Fire-tube Boilers [Электронный ресурс] // Australian Institute for the Certification of Inspection Personnel: Reports, Standarts & Acts: Technical Guidance Notes. – URL: <http://www.aicip.org.au/guidanceNotes.php?download=614> (27.02.2015)
7. Антикайн П. А., Зыков А. К., Зверьков Б. В. Изготовление и ремонт объектов котлонадзора. – М.: Металлургия, 1988.
8. Loos J., Tuffner M. Avoidable stresses in hot water boiler installations в архиве Bosch Industriekessel GmbH [Электронный ресурс] / J. Loos, M. Tuffner // Expert Report. – 2012. – Режим доступа: http://www.bosch-industrial.com/files/fb011_en.pdf/ (27.02.2015)
9. РД 03-29-93 Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды. СПб.: ЦОТПБСППО, 2006.
10. Сигал А. И., Каньгин А. В., Саенко Г. К. Исследования водогрейного водотрубно-дымогарного котла // Промышленная теплотехника. – 2008. – № 2. – С. 48–54.
11. Сигал А. И., Каньгин А. В., Саенко Г. К. Экспериментальные исследования и опытная эксплуатация комбинированного водогрейного водотрубно-дымогарного котла // Новости теплоснабжения. – 2008. – № 12. – С. 38–42.

12. Каныгин А. В. О современных методах снижения образования оксидов азота при сжигании газа в котлах малой и средней мощности // Промышленная теплотехника. – 2013. – № 2. – С.79–86.

13. Серенсен С. В., Когаев В. П., Шнейдерович Р. М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. – М.: Машиностроение, 1975.

14. Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко, М. М. Колосков, Ю. В. Каширский, Ю. И. Астахов, В. И. Герасимов, Л. Г. Голеньшина, Н. Н. Григорьева, В. Н. Гудков, А. Ф. Дегтярев, Е. Т. Долбенко, В. В. Жаров, О.М. Кириллова, Д.Н. Клауч, Е. В. Кузнецов, Н. Ф. Меньшова, Е. Н. Митина, З. Н. Петропавловская, И. Н. Русинова, Е. Д. Рязанова, В. Н. Скоробогатых, С. П. Томина, Т. В. Тыкочинская, Т. Б. Широлапова; под общей редакцией А. С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2003.

15. РД 10-249-98 Нормы расчета на прочность стационарных паровых и водогрейных котлов и трубопроводов пара и горячей воды. – СПб.: ДЕАН, 2002.

УДК 621.182

О. І. Сігал, О. В. Канигін, Є. Й. Бикоріз

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ОКСИДІВ АЗОТУ ПРИ СПАЛЮВАННІ ГАЗУ В КОТЛАХ МАЛОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ

В більшості випадків заходи зниження шкідливих емісій при конструюванні і експлуатації котлів малих і середніх потужностей зводяться до технологічних заходів, які здійснюються шляхом організації особливих режимів горіння, що зменшують утворення оксидів азоту в топкових камерах котлів.

Запобігання утворенню стехіометричних умов, а саме, хімічно точного співвідношення необхідної кількості палива і повітря, веде до зниження пікових температур у факелі. Цей метод дозволяє зменшити швидкість перебігу реакції окислення палива і запобігти появі пікових температур. Використання збагачених паливних сумішей, тобто обмеження доступу кисню, так само як і використання збіднених паливних сумішей, а також рециркуляції димових газів (зокрема при додаванні продуктів горіння в потік природного газу), вприскування в зону горіння водяної пари і води знижують температуру у факелі. Рециркуляція димових газів може здійснюватися двома способами:

– зовнішня – потоком димових газів з газоходу котла в палиниковий пристрій і далі в потік дуттьового повітря, як, наприклад, в котлах фірми Cleaver – Brooks (США) [1.];

– внутрішня – організовується усередині топки за допомогою пальників спеціальних конструкцій [2.].

Рециркуляція димових газів; спалювання із ступінчастою подачею газу; спалювання із ступінчастою подачею повітря; здійснювані в малих котлах, де, як правило, встановлений один палиниковий пристрій, найчастіше реалізуються шляхом інтеграції цих технологій безпосередньо в палиниковий пристрій [1–4]. Вони забезпечують умови низькоемісійного спалювання газу.

Не дивлячись на свою високу ефективність, технологія уприскування води або водяної пари не набула широкого поширення. Джерела [3–4] відзначають супутні технічні проблеми, які ускладнюють її впровадження. Це зростання теплових втрат в котельній установці, міркування безпеки при експлуатації, складності ведення автоматичного контролю і регулювання палиникових пристроїв. Як наслідок, в США, наприклад [4], ця технологія знаходить місцеве застосування в штаті Каліфорнія, де діють жорсткі обмеження викидів NO_x .

Розроблено і впроваджено велику кількість різних низькоемісійних пальників. Як пристрої, що використовують особливі технології, слід зазначити циклонні пальники [5] і інфрачервоні пальники з навивкою з термостійкої керамічної нитки [6].

Здійснювати підігрів дуттьового повітря до температури більш 323 К в котлах малої і середньої потужності не рекомендується. Подальше збільшення температури підігріву уможливорює різке збільшення утворення NO_x . [2].

Є позитивний досвід використання інтенсивного попереднього змішування природного газу і повітря перед подачею газу в палиниковий пристрій.

У м. Кеннер (штат Луїзіана, США) використання такої технології дозволило понизити надлишок кисню в дуттьовому повітрі на 27 % і збільшити ККД газотрубного котла потужністю 10 МВт на 3 %. При цьому рівень емісій NO_x знизився на 40 % [4].

Каталітичне горіння проходить в газі у присутності каталізаторів, завдяки чому створюються умови для зниження температури горіння нижче порогу масового утворення термічних NO_x . Проте, відзначається висока чутливість цієї технології до змін навантажень, що обмежує її застосування [7].

Режимні заходи передбачають активний контроль над процесом горіння. Контроль над процесом горіння використовується для пошуку оптимальної ефективності горіння і зниження емісій NO_x при такій ефективності. Інший підхід полягає у використанні спеціальних комп'ютерних програм, що дозволяють знаходити оптимальну точку контролю. Ще один підхід полягає у використанні програмного забезпечення для оптимального розподілу навантажень між котлоагрегатами [4]. Крім того, також слід розглядати як захід, необхідний для забезпечення роботи котельного устаткування при низьких емісіях NO_x обов'язкову періодичну ревізію і регулювання пальникових пристроїв.

Заходи, що дозволяють скоротити час існування пікових температур у факелі, можуть реалізовуватися як при конструюванні нового устаткування, так і поєднуватися з режимними і іншими заходами. Наприклад, деякі виробники пальникових пристроїв добиваються пониження емісій NO_x , змінюючи геометричні характеристики факела. Така міра вимагає також і використання топки з відповідними характеристиками [4].

Згадані технології можуть використовуватися як окремо, так і спільно. Можливість застосування тих або інших технологій залежить від типу котла і способів спалювання газу. Деякі технології мають обмежене застосування, оскільки конструкції котлів окремих типів підлягають лише в малому ступені, а то і зовсім не підлягають необхідним змінам, унаслідок своїх конструктивних, експлуатаційних і інших особливостей.

У документах U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Агентство Захисту Навколишнього Середовища США) приводиться зведення даних, отриманих при використанні технологій скорочення утворення NO_x у водотрубних і газотрубних котлах. Ці дані представлені в табл. 1.

Рівні емісій NO_x , що мають місце при горінні палив, слід розділити на неконтрольовані і контрольовані. При цьому неконтрольовані (базові) рівні емісій це емісії, що утворюються в топках котлів при спалюванні палива в неочищеному стані і без використання технологій зниження емісій. Відповідно, контрольовані рівні NO_x утворюються при роботі устаткування, в яких використовуються технології зниження емісій NO_x . Усереднені дані рівнів неконтрольованих емісій були отримані на підставі результатів численних випробувань при роботі котлів на навантаженнях 70% від номінальної. Зниження емісій NO_x , вказані в табл. 1, отримано по відношенню до неконтрольованих рівнів емісій [4]. Як це видно з таблиці, контрольовані рівні емісій NO_x в газотрубних котлах дещо нижче, ніж у водотрубних.

З метою розрахунку капітальних вкладень і економічної ефективності (табл. 2), деякі технології скорочення емісій NO_x оцінювалися по спрощеній методиці [4].

Таблиця 1

Методи зниження емісій NO_x

Метод	Зниження емісії NO_x , %	Контрольований рівень NO_x , кг/Ткал	Примітки
Водотрубні котли			
1. Спалювання із ступінчастою подачею повітря	17–46	0,11–0,43	Технологія часто інтегрується в пристрій низькоемісійних пальників
2. Застосування низькоемісійних пальникових пристроїв	39–71	0,05–0,31	Поширена технологія. Пропонується багатьма постачальниками і зустрічається в багатьох конструкціях.
3. Рециркуляція димових газів	53–74	0,04–0,18	Поширена технологія
4. Застосування низькоемісійних пальникових пристроїв + рециркуляція димових газів	55–84	0,04–0,16	Найбільш поширена технологія
5. Застосування низькоемісійних пальникових пристроїв + спалювання із ступінчастою подачею повітря	–	0,18–0,36	Деякі типи низькоемісійних пальників інтегрують спалювання із ступінчастою подачею повітря
Газотрубні котли			
1. Спалювання із ступінчастою подачею повітря	5	0,14	Технологія головним чином інтегрується в пристрій низькоемісійних пальників
2. Застосування низькоемісійних пальникових пристроїв	32–78	0,04–0,14	В наявності декілька типів низькоемісійних пальників. Деякі включають рециркуляцію димових газів або інтегрують системи внутрішнього ступінчастого горіння

Метод	Зниження емісії NO _x , %	Контрольований рівень NO _x , кг/Гкал	Примітки
3. Рециркуляція димових газів	55–76	0,04–0,14	Ефективна технологія. Використана у багатьох випадках в штаті Каліфорнію
4. Застосування низькоемісійних пальникових пристроїв + рециркуляція димових газів	–	0,04–0,07	Найбільш поширена технологія для отримання дуже низьких рівнів NO _x . Деякі конструкції низькоемісійних пальників інтегрують рециркуляцію димових газів
5. Застосування радіаційних низькоемісійних пальникових пристроїв	53–82	0,02–0,07	Досвід отриманий на комерційній основі і обмежений котлами малих потужностей

Контрольні цифри капітальних вкладень базуються на даних, представлених постачальниками і користувачами технологій зниження емісії NO_x, а також на даних, доступних у відкритому друці. Загальні капітальні витрати були проаналізовані з урахуванням 10 %-ої позикової ставки і терміну амортизації 10 років. Економічна ефективність розрахована шляхом ділення загальних витрат за 1 рік, стосовно навантаження котла в діапазоні 33–80 % від номінальної. Очевидно, що технології зниження емісії, які вимагають мінімальних витрат, це такі технології, які вимагають мінімальних змін в устаткуванні і не пов'язані з його переміщеннями. Наприклад, сумісна установка систем спалювання при низьких надлишках повітря і уприскування води на газотрубному і блоковому жаротрубному котлах зазвичай значно дешевше 12000 дол. США/МВт [4].

Сучасні технології скорочення утворення емісії NO_x знайшли свою реалізацію і в здійсненому в 2011 р. в США демонстраційному проекті під назвою «Суперкотел» [9]. В 2000 році, проект розроблявся Інститутом газових технологій в координації з котлобудівною фірмою Cleaver-Brooks. Відповідно до проекту, розроблений газотрубний котел потужністю 2,9 МВт встановлений на одному з підприємств харчової промисловості в штаті Каліфорнія і призначений для вироблення технологічної пари тиском 9,05 Па. «Суперкотел» це інноваційна блокова котель-

на установка, яка поєднує надвисоку ефективність використання палива з наднизькими емісіями шкідливих речовин і компактним дизайном.

Орієнтовні капітальні вкладення і економічна ефективність технологій зниження NO_x

Тип котла (потужність, МВт)	Технологія	Контрольований рівень NO _x , кг/Гкал	Зниження емісії NO _x , т/рік	Загальні капітальні вкладення, долл. США/МВт	Економічна ефективність, долл. США/т, NO _x
1. Блоковий водотрубний з одним упальником (14,6)	спалювання при низьких надлишках повітря + уприскування води	0,11	5,3	1 808,9	782,65–903,90
	застосування низькоемісійних пальникових пристроїв	0,14	3,9	2 218,4–7 849,8	628,32–2 645,56
	застосування низькоемісійних пальникових пристроїв + рециркуляція димових газів	0,11	5,3	7 167,24–16 041,00	1 763,71–4 850,20
2. Блоковий газотрубний (3,1)	спалювання при низьких надлишках повітря + уприскування води	0,07	1,2	8 191,1	3 417,18–4 078,57
	спалювання при низьких надлишках повітря + рециркуляція димових газів	0,13	0,6	18 088,7	8 818,54–12 125,49
3. Багато-пальниковий, водотрубний (87,9)	застосування низькоемісійних пальникових пристроїв	0,22	54,4	17 406,1–28 327,6	2 314,87–4 629,73

При цьому використано чотири взаємозв'язані підходи:

- спалювання природного газу із ступінчастою подачею повітря, попереднім змішуванням, внутрішньотопковою рециркуляцією і ступінчастим охолодженням димових газів призначене для досягнення наднизьких рівнів емісій NO_x і задовільного допалювання CO при низьких надлишках повітря (вміст O_2 в димових газах менше 2,5 %);
- утилізація явної і прихованої теплоти димових газів з використанням секційних економайзерів, повітропідігрівача із зволоженням дуттьового повітря і транспортуючого мембранного конденсатора оригінальної конструкції, в склад якого входить нанопориста керамічна мембрана, що транспортує сконденсовану водну складову димових газів у воду, що йде на хімоводоочищення. При цьому коефіцієнт використання палива збільшується на 6–12 % і складає 92–95 %;
- у конвективній частині котла встановлені труби з внутрішнім оребренням, що збільшує теплообмін більш ніж в 1,8 разів по відношенню до поширеної нині практики, дає можливість зменшити габарити котла і скоротити його масу на 30 %;
- високо автоматизоване і надійне управління горінням і процесом утилізації теплоти димових газів забезпечується програмованими логічними контролерами з інтерфейсом на основі сенсорних екранів.

Проведені промислові випробування показали здатність устаткування працювати з середніми емісіями NO_x в межах 5 ppm [8].

Проведений аналіз існуючих конструкцій котлів малої і середньої потужності [9] дозволив чітко визначити найбільш раціональні схеми застосування технологій інтегрально-комплексного підходу до зниження викидів NO_x , що базуються на застосуванні акустичних коливань [10–11].

Список використаної літератури

1. BOILER BOOK 2011. – Cleaver Brooks, 2011. – 1140 p.
2. Азбука горення. Справочник. – концерн RIELLO S.p.a, 2003. – 156 с.
3. Oland C. B. Guide to Low-Emission Boiler and Combustion Equipment Selection. – Oak Ridge, Tennessee, USA.: OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 1996. – pp. 173
4. Alternative Control Techniques Document NO_x Emissions from Industrial/Commercial/Institutional (ICI) Boilers, EPA-453/R-94-022. – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Research Triangle Park, North Carolina, USA.: Emission Standards Division, 1994. – pp. 589.

5. Chojnacki, D., et al. (Donlee Technologies, Inc.). Developments in Ultra-Low NO_x Burner/Boilers. Proceedings of the 1992 International Gas Research Conference, 1992. – pp. 352.

6. Alzeta Corp. Commercial Status of the Radiant Pyrocore Burner in Process Heaters and Boilers – Alzeta Corp. Santa Clara, CA., 1988. – pp. 4.

7. Nitrogen oxides (NO_x), why and how they are controlled. Technical bulletin. EPA-456/F-99-006R – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Research Triangle Park, North Carolina, USA: Clean Air Technology Center (MD-12) Information Transfer and Program Integration Division, 1999. – pp. 57.

8. Сигал А. И., Каньгин А. В., Саенко Г. К. Исследования водогрейного жаротрубно-дымогарного котла // Промышленная теплотехника. – 2008. – № 2. – С. 48–54.

9. Chojnacki, Dennis, Daniel Willems, Vincent Gard. 2009. Field Demonstration of Prototype Super Boiler. California Energy Commission, PIER Natural Gas Public Interest Program, CEC-500-2010-042. – pp.72

10. Качанов А. Н., Коренков Д. А., Худокормов Н. Н/, Пал М. Исследование условий снижения выбросов окислов азота при применении различных методов снижения на основе акустических колебаний // Сб. Энерго- и ресурсосбережение XXI век. Сборник материалов VI Международной научно-практической интернет-конференции. Орел: Издательский дом «ОРЛИКиК», 2008. – С. 141–147.

11. Худокормов, Н.Н. К вопросу о новом способе повышения эффективности и качества сжигания топлива [Текст] // Н. Н. Худокормов, Б. М. Кривоногов, А. В. Тиньков, А. Н. Качанов // Сб. Энерго- и ресурсосбережение XXI век. Сборник материалов V Международной научно-практической интернет-конференции. – Орел: Издательский дом «ОРЛИКиК», 2007. – С. 65–71.

УДК 621.182

**О. І. Сігал, Д. О. Серебрянський, Є. Й. Бикоріз, В. О. Логвин,
В. І. Капітонов**

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА УТВОРЕННЯ ОКСИДІВ АЗОТУ В ТОПКАХ КОТЛІВ

У роботі [1] пропонується розглядати додавання води в дуттьове повітря, як аналог рециркуляції. При цьому вода ефективніша ніж димові гази, зважаючи на її вищу теплоємність, що приводить до значного зниження адіабатичної температури горіння.

© О. І. Сігал, Д. О. Серебрянський, Є. Й. Бикоріз, В. О. Логвин, В. І. Капітонов, 2015

На рис. 1 представлені результати розрахунків впливу вологи на утворення термічних оксидів азоту, в припущенні про ідеальне (аж до молекулярного рівня) перемішування пари води з повітрям.

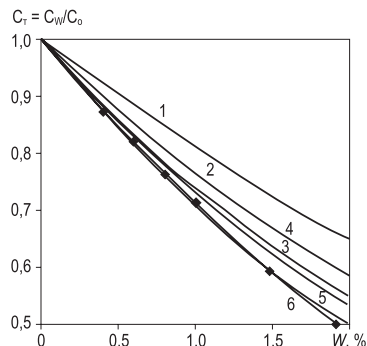


Рис. 1. Розрахункова залежність відношення концентрації термічних оксидів азоту при деякому вмісті води в дуттьовому повітрі W (в % до маси повітря) до її значення при $W = 0$ від W :
 1, 2, 3 – $t_b = 300$ °C, $r = 0; 0,1; 0,2$;
 4, 5, 6 – $t_b = 25$ °C, $r = 0; 0,1; 0,2$ (H_2O – пара при температурі, рівній температурі повітря);
 ♦ – $t_b = 300$ °C, $r = 0$ (H_2O – рідина при $t = 25$ °C)

У роботі наголошується про значний вплив температури і вологості атмосферного повітря, в яке додають вологу, на зниження утворення термічних оксидів азоту. Так при роботі енергокотла ($T_n = 573$ K, концентрація NO_x – близько 500 мг/м³, $r = 0,1$) вплив на емісію оксидів азоту природної вологи призводить влітку до зменшення їх викидів на 20–25 %. Автором пропонується розглядати для приведення показників викидів NO_x до деяких прийнятих нормальних умов навколишнього середовища.

У роботі [2] відзначається великий розкид експериментальних даних. При введенні вологи із співвідношенням $W = 1$ % (відношення маси води до маси сухого повітря) концентрація NO_x може як зменшуватися на 30 %, так і збільшуватися на 40 %.

Такий розкид експериментальних даних може бути викликаний тим, що схеми введення вологи вибиралися на основі якісних припущень.

У роботі [3] узагальнено дані по впливу додавання вологи на викиди NO_x десятка робіт у вигляді виразу:

$$\bar{C}_{NO} = \frac{NO_W}{NO_0} = 1 - 20g_b.$$

де g_b – вагове відношення води, що подається до повітря, який добре узгоджується з результатами, представленими на рис. 1. Недоліком цієї розрахункової залежності є те, що вона не враховує в якому вигляді використовується вода чи пар.

Автор пропонує свою розрахункову залежність у вигляді

$$\bar{C}_E = (1 - r)^{0,5} (0,1 \cdot t_b^{0,2})^{18W},$$

де W – відношення маси пари, що має температуру повітря, до її маси.

Автором [4] на котлі ТП-30 продуктивністю 35 тонн пари в годину в м. Жуковський була змонтована установка подачі води. Котел обладнаний чотирма пальниками і працює як на мазуті, так і на природному газі. Установка – це окремий блок, що складається з системи емульсування мазуту; пароводяних форсунок для уприскування води у факел; системи подачі води; систем вимірювання і управління. В результаті проведених робіт було встановлено, що при подачі води до 10% від витрати палива зберігається висока надійність роботи енергетичного устаткування. Зниження концентрації оксидів азоту в продуктах згорання складало при цьому залежно від режимів роботи котельної установки від 24 до 54 %.

Дослідження впливу введення вологи у вторинне повітря на вихід оксидів азоту при спалюванні Кансько-Ачинського вугілля проводилося на експериментальній стендовій установці [4] рис. 3.

Рис. 3. Схема установки для введення вологи в гаряче повітря:

1 – дуттьовий вентилятор; 2 – повітропідігрівач; 3 – бункер готового пилю; 4 – пальник; 5 – камера спалювання; 6, 7 – форсунок пари і води; 8 – термопара; 9 – електричний запальник; 10 – тепловий екран (всередині знаходиться запальник – 9); 11 – розпалювальна камера пиловугільної аеросуміші.

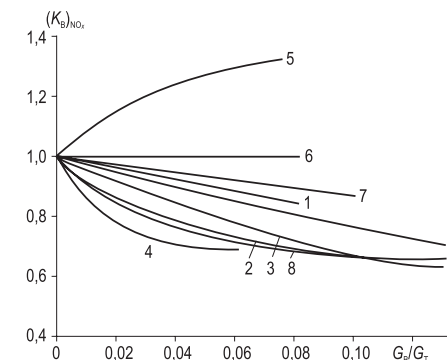
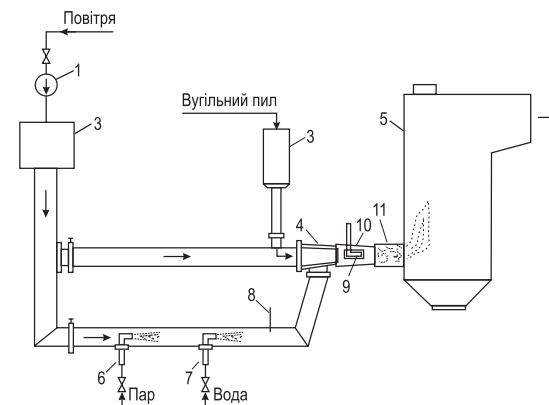
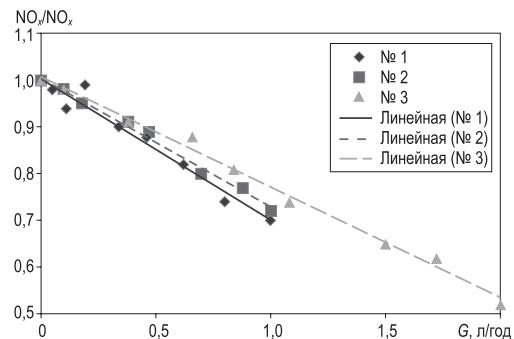


Рис. 2. Вплив введення вологи на концентрацію оксидів азоту в топкових камерах різних котлів.

G_B/G_T – водопаливне відношення; $(K_B)_{NO_x}$ – зміна концентрації у відношенні до вихідної

Експерименти проводились за наступних умов: концентрація пилу в потоці повітря – 350–450 г/м³, швидкості аеросуміші до 20 м/с; кількість води, що вводиться в повітря, складала 0–1,0 л/год.

Експериментальні дані представлені на рис. 4. Так при введенні 1,0 л/год. пари, концентрація оксидів азоту знижується на 25,7 %.



$NO_x^{вл} / NO_x$ – відношення концентрацій оксидів азоту з вологою і без неї
 № 1 – вплив пари на зміну концентрації оксидів азоту в димових газах,
 № 2 – вплив води на зміну концентрації оксидів азоту в димових газах,
 № 3 – сумісний вплив води і пари на зміну концентрації оксидів азоту в димових газах.

Рис. 4. Залежність концентрації оксидів азоту від баластування факелу топки.

З графіка (рис. 4) видно, що зниження концентрації оксидів азоту пропорційно витраті пари, тобто підвищення концентрації водяної пари сприяє зниженню змісту оксидів азоту в продуктах згорання органічного палива.

Приведені дані на рис. 4, свідчать про практично однакове зниження концентрації оксидів азоту при введенні пари – на 27 %. Таким чином, пара і вода впливають практично однаково на процес утворення оксидів азоту в продуктах згорання.

Сумісний вплив води і пари на концентрацію оксидів азоту в продуктах згорання приведений на рис. 4. У всіх дослідів співвідношення вода/пара 1:1.

Дані приведені на рис. 4 свідчать про те, що при сумісному введення води і пари в кількості 2,0 л/год. в початкову ділянку факела призводить до зниження концентрації оксидів азоту в 2 рази, що пояснюється збільшенням загальної витрати води на пригнічення утворення оксидів азоту в продуктах згорання.

Автором [5] запропонована залежність впливу води на утворення оксидів азоту

$$y = 1 - 0,25x,$$

де $y = NO_x^{вл} / NO_x$ – кількість пари, води або суміші пари і води, л/год, внесених до топкової камери.

Проведені автором дослідження показали, що при введенні в топкову камеру до 10 % вологи концентрація оксидів в димових газах знижується удвічі, а адиабатична температура горіння знижується на 723 К при одночасному зменшенні теплового навантаження котла на 4,3 %.

У роботі [6] пропонується встановлювати проміжні випромінювачі в топку котлів з метою зниження концентрації оксидів азоту за рахунок інтенсифікації теплообмінних процесів.

Розроблена методика розрахунку фізичних характеристик теплообміну між факелом і теплосприймаючою поверхнею топки при внесенні проміжних випромінювачів застосована для розрахунків випромінювачів котла КВГ. Оптимізація розташування випромінювача приведена на рис. 5.

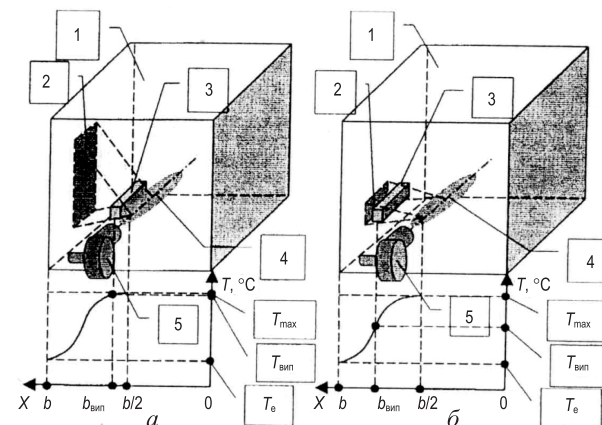


Рис. 5. Схема розподілу температур проміжного випромінювача при зміні його місцезнаходження в топковій камері: 1 – топкова камера; 2 – «тінь» від проміжного випромінювача; 3 – проміжний випромінювач; 4 – геометрична вісь ФГ; 5 – газовий палик.

Автором отримано рівняння поверхні температурного поля для будь-якої точки топкового простору.

$$T_c + (T_{\max} - T_c) \cdot \left[1 - \left| 1 - \frac{2 \cdot X}{a} \right|^n \right] \cdot \left[1 - \left| 1 - \frac{2 \cdot Y}{b} \right|^n \right] - T(X, Y) = 0.$$

По даному рівнянню були розраховані температурні поля, приведені на діаграмах рис. 6, за умови, що площина XY проходить через вісь факела.

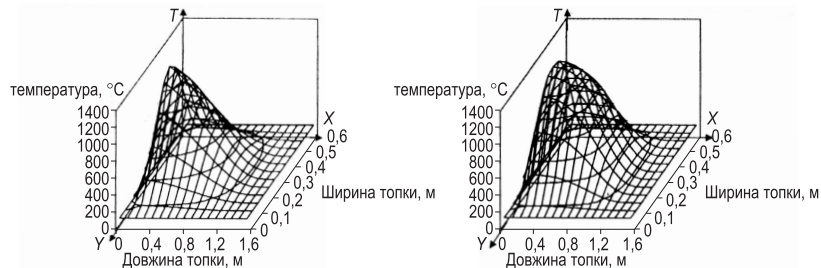


Рис. 6. Діаграми температурного поля топкового об'єму.

Оскільки проміжні випромінювачі встановлюються в зоні найбільших температур факела паливника (923–1573 К), то доцільно застосовувати в якості матеріалу випромінювача – коричневий шамот, що найбільш термічно стійкий і має високий інтегральний показник ступеня чорноти. В результаті проведених досліджень автором були знайдені оптимальні

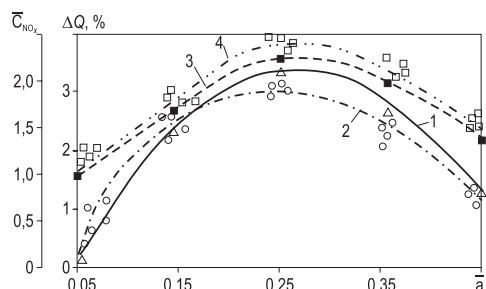


Рис. 7. Графіки залежності відносної концентрації оксидів азоту і величини питомого теплообміну в топці від відносної довжини проміжного випромінювача. 1 – теоретична крива; 2 – експериментальна крива; 3 – теоретична крива; 4 – експериментальна крива (до відносної концентрації NO_x).

котел дозволила збільшити ККД котла з 91 до 94 %; знизити викиди оксидів азоту з 87 до 42 mg/m^3 ; знизити витрати природного газу (при однаковій номінальній продуктивності котла) на 2755,3 $m^3/рік$.

Список використаної літератури

1. Тишин А. П. Зависимость эмиссии оксидов азота теплоэнергоагрегата при сжигании природного газа от степени рециркуляции дымовых газов, температуры и влажности дутьевого воздуха // Изв. Акад. пром. экол. – 2000. – № 1. – С. 63–74.

2. Кривошеев В. Е. Подача водяного пара для дожигаания угарного газа // Энергосбережение в городском хоз-ве энергетике, пром-ти. Материалы 5-й Российской научно-техн. конференции. Ульяновск 2006 год. Т. 1. Разд. 1. Общие вопросы энергосбережения. – С. 249–251.

3. Дмитриенко Ю. И. Уменьшение вредных выбросов теплоэнергетических установок // Экологический вестник Подмосквья № 1 – С. 37–42.

4. Филимонов А. Г. Снижение содержания оксидов азота в уходящих дымовых газах при сжигании твердого топлива в топках парогенераторов тепловых электрических станций // Известия Вузов. Проблемы энергетике. – 2001. – № 78. – С. 9–13.

5. Горшенин А. Е. Подача водяного пара для дожигаания угарного газа // Энергосбережение в городском хоз-ве энергетике, пром-ти. Материалы 5-й Российской научно-техн. конференции. Ульяновск 2006 год. Т. 1. Разд. 1. Общие вопросы энергосбережения.

6. Ракитин А. Ю. Повышение эффективности водогрейных котлов малой мощности путем установки промежуточных излучателей // Автореф. к.т.н. Пермский гос. техн. универ. 2004 г.

УДК 662.61:621

Н. М. Фялко¹, В. Г. Прокопов¹, Ю. В. Шеренковский¹,
С. А. Алёшко¹, Н. П. Полозенко¹, Л. С. Бутовский²,
М. З. Абдулин², Г. В. Иваненко¹, А. В. Варич¹, О. В. Мартюк¹

¹ Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев
² Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

ВЛИЯНИЕ ШАГА СМЕЩЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПЛАМЕНИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ТОПЛИВА И ОКИСЛИТЕЛЯ

В последний период все большее внимание уделяется анализу различных способов повышения эффективности сжигания топлива в горелочных устройствах стабилизаторного типа. Одним из таких способов является эшелонированное расположение стабилизаторов пламени, то есть со смещением их друг относительно друга по потоку.

Настоящая статья посвящена анализу закономерностей влияния на картину смесеобразования топлива и окислителя величины шага сме-

© Н. М. Фялко, В. Г. Прокопов, Ю. В. Шеренковский, С. А. Алёшко, Н. П. Полозенко, Л. С. Бутовский, М. З. Абдулин, Г. В. Иваненко, А. В. Варич, О. В. Мартюк, 2015

щения стабилизаторов. Данный анализ проведен на примере рассмотрения лестнично эшелонированной решетки, состоящей из трех стабилизаторов пламени (рис. 1).

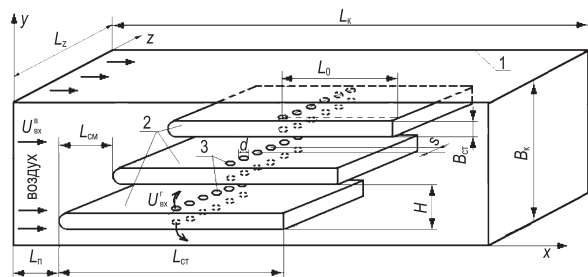


Рис. 1. К постановке задачи для лестнично эшелонированной стабилизаторной решетки:
1 – плоский канал; 2 – стабилизаторы пламени; 3 – газоподающие отверстия.

Исследования проводились на основе математического моделирования с использованием пакета прикладных программ ANSYS. Математическая модель исследуемого процесса включала уравнение неразрывности, движения, энергии для реагирующих турбулентных потоков, сохранения массы компонентов реагирующей смеси. Замыкание системы уравнений осуществлялось с использованием k - ϵ модели турбулентности в модификации RNG.

Характерные результаты выполненных исследований приведены на рис. 2. Здесь представлены данные математического моделирования, отвечающие значениям \bar{L}_{cm} , равным 1,0; 2,0 и 3,0 ($\bar{L}_{cm} = L_{cm}/B_{ct}$) при следующих исходных параметрах: $U_{vx}^b = 6,8$ м/с; $U_{vx}^r = 24$ м/с; $L_p = 0,2$ м; $L_{ct} = 0,215$ м; $L_k = 1,5$ м; $H = 0,075$ м; $B_k = 0,225$ м; $B_{ct} = 0,03$ м; $L_{cm} = 0,06$ м; $L_0 = 0,02$ м; $d = 0,0045$ м; $S/d = 3,55$.

Как видно, для всех значений \bar{L}_{cm} поля концентраций метана сходны в качественном отношении. Так, на некотором удалении от стабилизаторов наиболее высокие уровни концентраций метана наблюдаются за третьим по потоку стабилизатором, а наиболее низкие – за первым, что связано с большими расходами воздуха в нижней части решетки.

Что же касается полей концентраций метана непосредственно за стабилизаторами в зонах обратных токов, то они несколько отличаются при разных значениях \bar{L}_{cm} . Так, при \bar{L}_{cm} равном 1,0 и 2,0 уровни концентраций метана в этих зонах последовательно уменьшаются от первого к

третьему стабилизатору, а при $\bar{L}_{cm} = 3,0$ оказываются наибольшими для центрального стабилизатора, несколько меньшими для первого по потоку и наименьшими для третьего по течению стабилизатора. Отмеченные особенности полей концентраций связаны, в большей мере, со следующими закономерностями течения топлива и окислителя. В рассматриваемой ситуации наблюдается перераспределение расходов воздуха в каналах стабилизаторной решетки, при котором большие расходы и соответственно большие средние значения скоростей имеют место в нижней части решетки. Это обуславливает меньшую дальнобойность струй газа в данной зоне и, как следствие, более высокую концентрацию метана за первым по потоку стабилизатором.

С ростом \bar{L}_{cm} все более важное значение приобретает особенность течения, связанная с наличием перетоков за стабилизаторами в направлении от первого ко второму и третьему стабилизатору. Указанными перетоками и объясняется повышенное содержание метана в зоне обратных токов за центральным (вторым) стабилизатором при $\bar{L}_{cm} = 3,0$.

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены основные особенности влияния на процесс смесеобразования в эшелонированной решетке стабилизатора величины шага смещения \bar{L}_{cm} стабилизаторов пламени друг относительно друга.

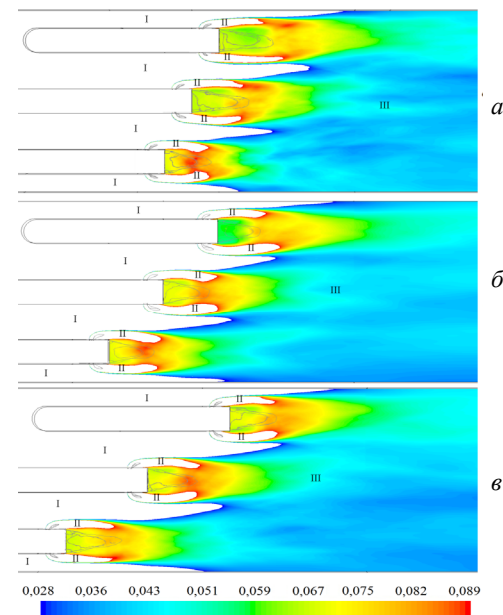


Рис. 2. Поля массовой концентрации метана в сечении, проходящем через центры газоподающих отверстий, при разных значениях смещения стабилизаторов друг относительно друга по потоку:

$a - \bar{L}_{cm} = 1,0$; $b - \bar{L}_{cm} = 2,0$; $c - \bar{L}_{cm} = 3,0$.

Н. М. Фиалко¹, В. Г. Прокопов¹, Ю. В. Шеренковский¹,
С. А. Алёшко¹, Н. П. Полозенко¹, Н. О. Мерадова¹,
Л. С. Бутовский², М. З. Абдулин²

¹ Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

² Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ

Эшелонирование стабилизаторов пламени в горелочных устройствах является, как известно, одним из способов формирования требуемых температурных полей в зоне горения. Применение так называемого лестничного расположения стабилизаторов пламени призвано обеспечивать дополнительный подогрев заоложенного пода котла, что необходимо для целого ряда типов котлоагрегатов (ДКВР, ТВГ и т. д.).

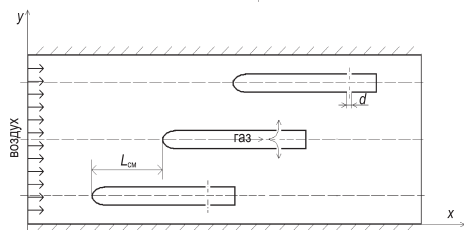
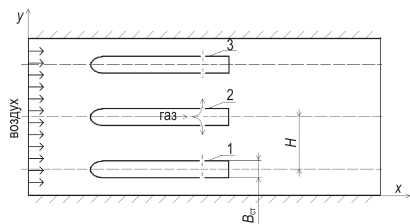


Рис. 1. Схемы расположения стабилизаторов: без смещения (а) и со смещением один относительно другого по потоку (б):

1, 2, 3 – первый, второй и третий стабилизаторы пламени.

В настоящей работе приведены результаты математического моделирования и экспериментальных исследований стабилизаторных горелочных устройств при сжигании в них газообразного топлива. При этом рассматривались две ситуации: первая отвечала расположению торцов стабилизаторов в одной плоскости (рис. 1, а), вторая – размещению стабилизаторов со смещением по потоку, то есть лестничному их расположению (рис. 1, б).

Данные компьютерного моделирования и натуральных

экспериментов получены для решетки из трех стабилизаторов пламени при следующих исходных параметрах: расход воздуха и пропан-бутана на входе в канал соответственно 0,116 кг/с и $1,72 \cdot 10^{-3}$ кг/с; плотность воздуха и газа 1,22 кг/м³ и 2,36 кг/м³; начальная температура воздуха и газа 15 °С; расстояние между стабилизаторами $H = 0,05$ м; ширина стабилизатора $B_{ст} = 0,015$ м; диаметр газоподающих отверстий $d = 0,002$ м; относительный шаг их расположения $S/d = 8$; коэффициент загромождения стабилизаторами проходного сечения канала $k_f = 0,3$. В ситуации смещения стабилизаторов друг относительно друга по потоку шаг смещения составлял $L_{см} = 4 \cdot B_{ст}$.

На рис. 2, 3 представлены характерные результаты исследований для ситуации расположения торцов стабилизаторов в одной плоскости.

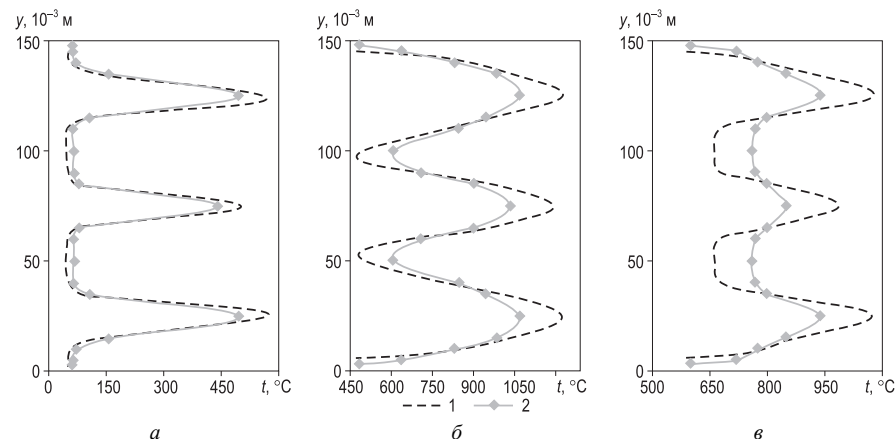


Рис. 2. Распределение температур поперек канала для неэшелонированной решетки стабилизаторов пламени на различном расстоянии x от срывной кромки стабилизаторов:

а – $x = 20 \cdot 10^{-3}$ м; б – $x = 160 \cdot 10^{-3}$ м; в – $x = 410 \cdot 10^{-3}$ м; 1 – данные математического моделирования; 2 – результаты экспериментальных исследований.

Согласно приведенным данным основные закономерности изменения температуры продуктов горения в случае неэшелонированного расположения стабилизаторов состоят в следующем. Во всех поперечных сечениях канала максимумы температур имеют место на осях следов стабилизаторов. При этом наибольшие значения температур наблюдаются на осях периферийных стабилизаторов на расстоянии от их срывной кромки равном примерно $14B_{ст}$. Что же касается минимальных

температур в поперечных сечениях канала горелочного устройства, то они имеют место на осях межстабилизаторных каналов.

Обращает на себя внимание также тот факт, то во всех рассмотренных поперечных сечениях канала температура, отвечающая центральному стабилизатору пламени, оказывается несколько ниже соответствующих температур для периферийных стабилизаторов. Это, очевидно, связано с большими расходами воздуха в межстабилизаторных каналах по сравнению с пристеночными каналами.

Рис. 4 иллюстрирует данные экспериментов для лестнично эшелонированной решетки стабилизаторов пламени. Здесь приведено изменение температуры поперек канала горелочного устройства за решеткой стабилизаторов. Как видно, температура в нижней части канала за первым по потоку стабилизатором в целом существенно выше, чем в верхней части канала за последней из них. Согласно приведенным экспериментальным данным значение средней температуры в нижней трети канала превышает соответствующие значения в верхней трети канала примерно на $320\text{ }^{\circ}\text{C}$.

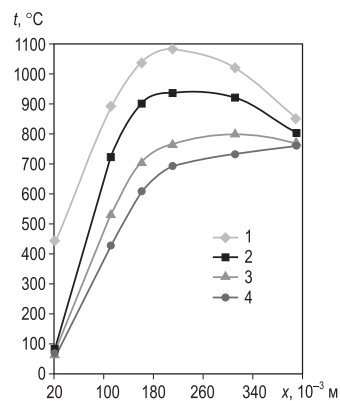


Рис. 3. Изменение экспериментальных значений температуры по длине канала для неэшелонированной решетки стабилизаторов пламени в фиксированных точках $y = \text{const}$:
1 – $y = 75 \cdot 10^{-3}$ м; 2 – $y = 85 \cdot 10^{-3}$ м; 3 – $y = 90 \cdot 10^{-3}$ м; 4 – $y = 100 \cdot 10^{-3}$ м.

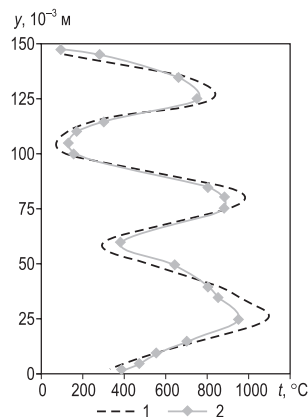


Рис. 4. Изменение температуры поперек канала на расстоянии $x = 20$ мм за последним по потоку стабилизатором лестнично эшелонированной решетки:
1 – данные математического моделирования; 2 – результаты экспериментальных исследований.

На рис. 2 и 4 представлены характерные результаты сопоставления данных компьютерного моделирования и экспериментальных исследо-

ваний при неэшелонированном и эшелонированном расположении стабилизаторов пламени. Как видно из рисунков, согласование сопоставляемых данных является вполне удовлетворительным. Так, относительная погрешность численной модели не превышает 16 %.

УДК 662.61:621

**Н. М. Фиалко¹, М. З. Абдулин², Ю. В. Шеренковский¹,
Н. В. Майсон¹, А. А. Серый², К. В. Рокитько¹**

¹ Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

² Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ЗОН В БЛИЖНЕМ СЛЕДЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПЛАМЕНИ

Применение цилиндрических тел в качестве стабилизаторов пламени является одним из распространенных способов реализации устойчивого процесса горения топлива. В связи с потребностями практики проектирования цилиндрических горелочных устройств, в которых используется указанный способ стабилизации пламени, необходимым является проведение специальных исследований процессов переноса в ближнем следе за продольно обтекаемым цилиндром.

Данная работа посвящена экспериментальным исследованиям различных характеристик зон обратных токов в ближнем следе цилиндрических стабилизаторов пламени (рис. 1). При этом особое внимание уделялось определению размеров данных зон и их температурных режимов. Исследовалась ситуация, отвечающая сжиганию пропана-бутана. Основные геометрические характеристики рассматриваемого горелочного модуля следующие: $L_{\text{ст}} = 200 \cdot 10^{-3}$ м; $L_1 = 13,5 \cdot 10^{-3}$ м; $D = 53 \cdot 10^{-3}$ м; $d_{\text{ст}} = 33 \cdot 10^{-3}$ м; $\delta_0 = \delta_1 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м; $d = 2 \cdot 10^{-3}$ м.

В ходе экспериментов варьировались такие величины: относительный шаг расположения газоподводящих отверстий S/d – от 3,2 до 5,0; скорость воздушного потока $U_{\text{в}}$ – от 5 до 10 м/с и коэффициент избытка воздуха α – от 2,24 до 6,72.

© Н. М. Фиалко, М. З. Абдулин, Ю. В. Шеренковский, Н. В. Майсон, А. А. Серый, К. В. Рокитько, 2015

При проведении экспериментальных исследований определение размеров зон обратных токов в закормовой области стабилизаторов осуществлялось методом визуализации течения с использованием солей натрия. Температуры в зоне обратных токов измерялись хромель-алюмелевой термопарой с диаметром королька $1,5 \cdot 10^{-3}$ м.

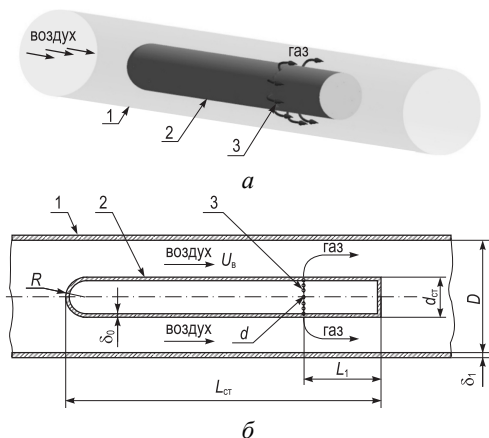


Рис. 1. Схема (а) и продольный разрез (б) горелочного устройства с цилиндрическим стабилизатором пламени: 1 – круглый канал; 2 – цилиндрический стабилизатор пламени; 3 – газоподающие отверстия.

Характеристики вариантов выполненных экспериментальных исследований приведены в табл. 1. Рассмотрим вначале эффекты влияния варьируемых в ходе экспериментов параметров на одну из важнейших характеристик зоны обратных токов – ее протяженность $L_{от}$.

Таблица 1
Характеристики вариантов экспериментальных исследований

?	№ варианта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
S/d	3,2	5,0	3,2	5,0	3,2	5,0	3,2	5,0
α	2,24	2,24	6,72	6,72	2,24	2,24	6,72	6,72
$U_b, \text{ м/с}$	5	5	5	5	10	10	10	10

Как следует из данных, представленных на рис. 2, с увеличением шага расположения газоподающих отверстий S/d протяженности зон

обратных токов уменьшаются. Так, при $\alpha = 6,72$ и $U_b = 5$ м/с значение $L_{от}$ сокращается с $38 \cdot 10^{-3}$ м до $29 \cdot 10^{-3}$ м при повышении S/d от 3,2 до 5,0. Отмеченный характер влияния шага S/d обусловлен тем, что с его увеличением возрастает инжектирующее действие струй газа, то есть вовлечение окружающего воздуха в струи. Последнее приводит к дополнительному повышению степени разрежения в зоне обратных токов в закормовой области стабилизатора и соответственно к сокращению ее длины $L_{от}$.

Обращает на себя внимание также тот факт, что существенное влияние S/d на величину $L_{от}$ имеет место лишь при относительно больших значениях α . Как видно из рис. 2, δ , ϵ , ζ , с увеличением S/d от 3,2 до 5,0 значение $L_{от}$ уменьшается на $2 \cdot 10^{-3}$ м при $\alpha = 2,24$ и на $10 \cdot 10^{-3}$ м при $\alpha = 6,72$.

Согласно полученным данным имеет место тенденция к уменьшению протяженности зон обратных токов в ближнем следе стабилизатора при возрастании коэффициента избытка воздуха α . При этом, чем больше величина S/d и скорость потока воздуха U_b , тем ярче проявляется данная тенденция.

Что касается влияния на температурные режимы варьируемых параметров, то следует отметить следующее. С ростом S/d при прочих равных условиях максимальные t_{max} и минимальные t_{min} температуры в зонах обратных токов повышаются (рис. 2). Это, по-видимому, в большой мере связано с от-

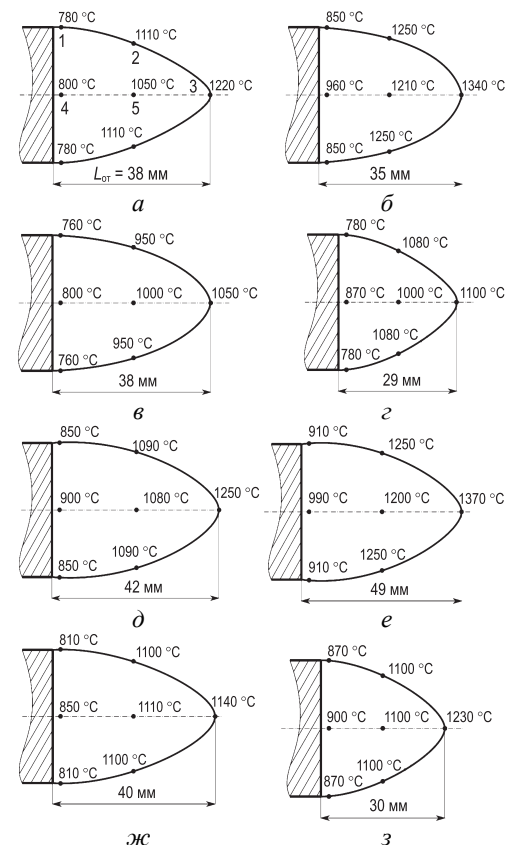


Рис. 2. Конфигурация границ зон обратных токов в ближнем следе цилиндрических стабилизаторов пламени и значения температур в характерных точках (1–5) этих зон для различных вариантов экспериментальных исследований; а, б, в, г, д, е, ж, з – варианты 1–8.

меченним вище сокращением размеров зон обратных токов, и как следствие, с повышением их теплонапряженности.

Аналогичным оказывается и характер влияния скорости потока воздуха U_v на уровни температур t_{\min} и t_{\max} . Здесь повышение указанных температур при возрастании скорости U_v обусловлено в большей степени дополнительной турбулизацией потока в циркуляционных зонах. При этом отмеченное влияние является более существенным при больших значениях коэффициента избытка воздуха.

Полученные данные свидетельствуют также о том, что максимальные и минимальные температуры в зонах обратных токов закормовых областей стабилизаторов существенно зависят от коэффициента избытка воздуха α . С ростом α уровни t_{\max} и t_{\min} заметно снижаются.

УДК 621.438.629.12

Г. М. Любчик¹, **Н. М. Фіалко**², **А. Реграгі**², **Р. О. Навродська**²,
О. М. Кутняк², **Л. Я. Швецова**²

¹ Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ,

² Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

ЭНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДВОПАЛИВНИХ МОНАРНИХ ПАРОВАЗИВНИХ УСТАНОВКИ

Одним з перспективних напрямків розвитку газотурбінних установок (ГТУ) є, як відомо, вдосконалення монарних газопарових технологій [1–2]. Серед різних шляхів такого вдосконалення виділяється розробка схемних рішень, орієнтованих на скорочення споживання дефіцитних, висококалорійних енергетичних палив (природний газ та спеціальні марки рідких газотурбінних палив) [3]. Зазначена обставина обумовлює актуальність дослідження пропонуваніх двопаливних монарних газопарових установок (МГПУ), в яких поряд з природним газом використовуються палива-замінники низької і середньої калорійності.

На рис. 1 представлені принципові технологічні схеми пропонуваної двопаливної МГПУ. У даних схемах перегріта екологічна та енергетична вода пара, що подається в камеру згорання, генерується у форкотлі.

© Г. М. Любчик, Н. М. Фіалко, А. Реграгі, Р. О. Навродська, О. М. Кутняк, Л. Я. Швецова, 2015

Екологічна та енергетична пара генерується в обсягах $m_{\text{П}}$, еквівалентних витраті компресорного повітря $m_{\text{К}}$. Екологічна пара подається в зону горіння, яке відбувається в режимі, близькому до стехіометричного (при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,05 \dots 1,2$), з утворенням первинної газопарової суміші з паровмістом $d_{\text{ЕК.П}} = 5 \dots 10\%$. Подачу енергетичної пари здійснюють в зону змішування, яка розташована між зоною горіння та газозбірником газопарової турбіни, де відбувається її додатковий перегрів від початкового рівня температури T_0 після форкотла до номінальної температури циклу T_3 .

В результаті використання теплового потенціалу отриманих в зоні горіння стехіометричних продуктів згорання утворюється робоча газопарова суміш з паровмістом $d_{\text{ГПС}}$, який може перевищувати 50%. Залишковий тепловий потенціал цієї суміші після газопарової турбіни використовується в утилізаційному контурі, що розташований у її вихлопному тракті. В даному контурі реалізується режим підігрівача живильної води (варіант ПЖВ, рис. 1, а) при спалюванні у форкотлі замінників природного газу низької калорійності, або режим підігрівача живильної води та випарника (варіант ПЖВВ, рис. 1, б) за умов спалювання палив – замінників середньої калорійності з подальшою подачею живильної води або насиченої водяної пари до парового тракту форкотла.

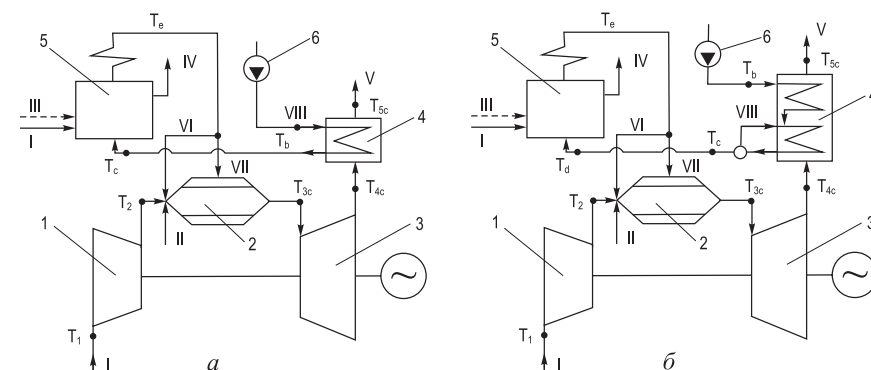


Рис. 1. Принципова технологічна схема двопаливної монарної паровозивної установки при роботі теплоутилізаційного контуру в режимі підігріву живильної води (а) і в режимі її підігріву та випаровування (б):

1 – компресор; 2 – камера згорання; 3 – газопарова турбіна; 4 – теплоутилізаційний контур; 5 – форкотел; 6 – насос; I – атмосферне повітря; II – газове паливо; III – паливо-замінник природного газу; IV – відхідні гази форкотла; V – відпрацьована газопарова суміш; VI, VII – екологічна та енергетична пара; VIII – живильна вода.

Нижче розглядаються результати виконаного аналізу термодинамічних процесів, що відбуваються в основних елементах і трактах пропонуваного двопаливного МПГУ. Як приклад на рис. 2 у $T-S$ координатах подаються результати розрахунків для процесів, що відбуваються у топковому просторі та парогенеруючому контурі форкотла, який працює на вугіллі марки АШ при твердому шлаковилученні. Наведені дані відповідають двом режимам роботи теплоутилізаційного контуру – ПЖВ (рис. 2, а) і ПЖВВ (рис. 2, б) при температурі дуттьового повітря $T_2 = 600$ К та коефіцієнті надлишку повітря у топці котла $\alpha_T = 1,25$.

Процеси згорання палива у топці форкотла визначаються лінією $2-z_{\text{фк}}$ і характеризуються для двох вказаних режимів однаковою кількістю теплоти, підведеної до 1 кг дуттьового повітря $q_{1\text{фк}}$, а також до 1 кг генерованої водяної пари $q_{\text{кот}}$ ($q_{\text{кот}} = \eta_{\text{фк}} \cdot q_{1\text{фк}}$, де $\eta_{\text{фк}} = 0,92$ – прийнятий у розрахунках ККД форкотла). Процеси у парогенеруючому контурі форкотла зображуються лінією $c-d-e$ в режимі роботи теплоутилізаційного контуру ПЖВ (рис. 2, а), та лінією $d-e$ в режимі його роботи ПЖВВ (рис. 2, б). Зазначені режими відповідають різним величинам приросту ентальпії на 1 кг пари. Так, при тиску свіжої пари $P_0 = 6$ МПа і температурі її перегріву $T_0 = 673$ К вказаний приріст ентальпії для ПЖВ режиму роботи теплоутилізаційного контура перевищує відповідне значення для режиму ПЖВВ приблизно у 5,8 рази.

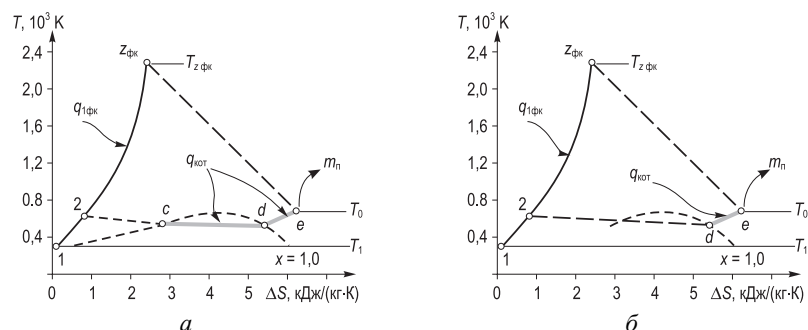


Рис. 2. Діаграма робочих процесів у топці і теплогенеруючому контурі форкотла при роботі теплоутилізаційного контуру в режимі підігріву живильної води (а) і в режимі її підігріву та випаровування (б).

Згідно з виконаними розрахунками при реалізації у форкотлі випаровування живильної води та її перегріву ефективність використання надлишкового теплового потенціалу газопарової суміші у теплоутилізацій-

ному контурі становить близько 50 % при температурі відпрацьованої суміші $T_c = 420 \dots 430$ К. Для варіанту роботи форкотла в режимі пароперегрівача ця ефективність досягає приблизно 90 % при $T_c = 320 \dots 330$ К.

За результатами проведених розрахункових досліджень визначено техніко-економічні показники пропонуваного двопаливного монарних парогазових установок. В таблиці наводяться основні з цих показників у порівнянні з МПГУ типу «Водолій» та ГТУ простої схеми. (Тут K_N – визначається як відношення потужності парогазової установки до потужності базової ГТУ, а $K_{\text{ПГ}}$ як відношення витрат умовного палива у форкотлі та камері згорання двопаливної МПГУ).

Як свідчать виконані оцінки, пропонувані двопаливні МПГУ при відносній витраті водяної пари $m_n/m_k \approx 1,0$ характеризуються у порівнянні з базовою ГТУ простого циклу збільшенням одиничної потужності установки у 4,4 рази і підвищенням її ККД на 4 % при роботі утилізаційного контуру в режимі ПЖВ та на 25 % – при його роботі в режимі ПЖВВ. При цьому досягається заміщення витрат природного газу на 87 % для першого з вказаних варіантів і на 15 % – для другого.

Таблиця

Основні техніко-економічні показники монарних парогазових енергоустановок на базі ГТУ-16

Техніко-економічні показники	Базова ГТУ	Монарні парогазові установки на базі ГТУ-16		
		МПГУ «ВОДОЛІЙ»	ДМПГУ	
			Варіант ПЖВ	ПЖВВ
Потужність, N_E , МВт	16,0	25,0	~ 70,0	~ 70,0
Відносна витрата водяної пари m_n/m_k	0	0,13	1,0	1,0
Коефіцієнт зростання потужності, K_N	1,0	1,6	4,4	4,4
ККД установки, %	31,0	43,0	35,0	56,0
Абсолютна зміна ККД, $\Delta\eta_{\text{уст}} = \eta_{\text{уст}} - \eta_{\text{ГТУ}}$, %	0	12,0	4,0	25,0
Відносна зміна ККД, $\delta\eta = \Delta\eta_{\text{уст}}/\eta_{\text{ГТУ}}$, %	0	~ 39,0	~ 13,0	~ 81,0
Коефіцієнт заміщення природного газу, $K_{\text{ПГ}}$	0	0	0,87	0,15

Таким чином, виконані дослідження показали, що приєднання до технологічної схеми монарної парогазової установки форкотла дозволяє: забезпечити заміщення частини витрат дефіцитного природного газу низькосортними паливами, суттєво підвищити рівень використання теплового потенціалу камери згорання та збільшити паровміст газопарового робочого тіла, досягти підвищення енергетичної ефективності та значного зростання одиничної потужності монарної парогазової установки.

Список використаної літератури

1. Любчик Г. Н. Перспективы повышения энергетической эффективности теплосиловых установок на базе газовых турбин / Г. Н. Любчик, А. Реграги // Экотехнология и ресурсосбережение. – 2007, № 3. – С. 33–39.
2. Любчик Г. Н. Предельные возможности термодинамического форсирования монарной газопаровой технологии / Г. Н. Любчик, Н. А. Дикий, Н. М. Фиалко, А. Реграги // Промышленная теплотехника. – 2011, № 6. – С. 46–51.
3. Любчик, Г. М. Спосіб виробництва електричної енергії у монарній газопаровій установці / Г. М. Любчик, М. О. Дикий, А. Реграги // Патент України № 38125 від 25.12.2008. – Бюл. № 24. – 2008. – 8 с.

УДК 536.25

**Н. М. Фиалко, Ю. В. Шеренковский, А. Г. Саригло,
Г. В. Иваненко, В. Л. Юрчук**

Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

ОСОБЕННОСТИ ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОБТЕКАНИИ МЕМБРАННЫХ ТРУБНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Мембранные поверхности теплообмена в настоящее время находят широкое применение в конструкциях энергоэффективных теплообменных аппаратов для систем утилизации тепла в случаях наличия запыленности дымовых газов и необходимости проведения периодических мероприятий по очистке теплопередающих поверхностей. Данная статья посвящена одной из актуальных прикладных задач – изучению

характерных гидродинамических особенностей при обтекании мембранных трубных поверхностей, которые представляют собой соединенные с торцов коллекторами ряды труб с вваренными между ними продольными стальными проставками – мембранами (рисунок). Постановка задачи подробно описана в [1].

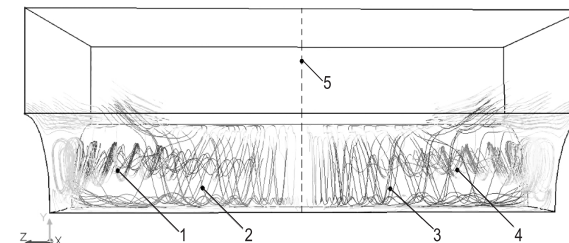


Рисунок. Картина линий тока в межтрубной зоне при $Re = 10^4$.

1, 4 – внутренние вихри левой и правой вихревых ячеек соответственно; 2, 3 – внешние вихри левой и правой вихревых ячеек соответственно; 5 – условное сечение разделяющее соседние вихревые ячейки.

Серия проведенных численных экспериментов с использованием CFD пакета FLUENT показала, что гидродинамическая картина течения в рассматриваемой области трубного пучка сложна и динамична, но при этом строго структурирована. В частности, при движении среды в межтрубном пространстве наблюдается образование областей с различными типами течения: зона ядра потока с характером течения близким к течению в плоской щели и зона отрывного циркуляционного течения, где имеет место образование стационарных вихревых структур с циркуляционным течением, вызванным торможением потока следующим по ходу трубным рядом. Характерной чертой наблюдаемого циркуляционного течения является его пространственная локализация в виде своеобразных вихревых ячеек, каждая из которых представляет собой вложенные один в другой спиралевидные противоположно направленные вихри, будем различать их как внутренний и внешний (рисунок).

Вихревые ячейки представляют собой подобласти в виде поперечных (направленных вдоль оси Z) спиралевидных вихревых структур. Вихри в соседних вихревых ячейках имеют противоположное направление циркуляции массы, так в сечениях XY, где внешние спиралевидные потоки соседних вихрей встречаются, наблюдаются восходящие потоки, и

наоборот – нисходящее потоки имеют место в сечениях ХУ при расхождении соседних циркуляционных потоков (внешние вихри на рисунок). Вихревое течение в каждой ячейке имеет слоистый характер и может быть представлено в виде двух вложенных друг в друга объемных, противоположно направленных спиралевидных потоков (рисунок). Причем масштабы внутренних (вложенных) вихрей гораздо меньше внешних.

Методы численного эксперимента позволяют установить характерные размеры ячеек данных вихревых структур. При увеличении протяженности исследуемого элемента в направлении оси Z в четное характерному размеру число раз – итерационное решение дает увеличение количества вихревых ячеек в целое число раз, в противном случае одна из крайних ячеек имела не полностью сформированную (половинчатую) структуру. Данный факт находит свое подтверждение в результатах целого ряда экспериментальных исследований, например см. [2, 3, 5, 6] и др.

Проведенные численные исследования позволили выявить влияние сложной трехмерной структуры вихревых образований над мембранами трубного пучка на интенсивность теплообменных процессов в сравнении с двумерным моделированием. В исследуемых условиях это влияние проявилось в заметной интенсификации процесса теплопереноса, которая выразилась в увеличении числа Nu на 12–18 %.

Выводы

Методами численного моделирования с применением CFD пакета FLUENT проведены исследования задачи гидродинамики и теплопереноса при поперечном течении в пакете мембранных трубных поверхностей для ряда наборов режимных параметров. Показано, что вихреобразование в межтрубном пространстве над мембраной имеет сложную, но строго упорядоченную структуру. Получена количественная оценка вклада поперечных внутривихревых потоков в осредненный уровень чисел Нуссельта и Эйлера.

Список использованной литературы

1. Фиалко Н. М., Прокопов В. Г., Шеренковский Ю. В., Сарюгло А. Г., Юрчук В. Л. Особенности влияния конструктивных параметров мембранного трубного пучка на гидродинамические и тепловые характеристики // Сб. тезисов докл. V Межд. конф. «Проблемы промышленной теплотехники». – Киев: Изд. ИТТФ НАНУ, 2013. – С. 72.
2. Исаев С. А., Кудинов П. И., Кудрявцев И. А., Пышный И. А. Численный анализ струйно-вихревой картины течения в прямоугольной траншее // ИФЖ. – 2003. – Т. 76, № 2. – С. 24–30.

3. Жукаускас А., Улинскас Р., Катинас В. Гидродинамика и вибрации обтекаемых пучков труб. – Вильнюс: Мокслас, 1984. – 312 с.

4. Жукаускас А. А. Конвективный перенос в теплообменниках. – М.: Наука, 1982. – 472 с.

5. Terekhov V. I., Yarygina N. I., Diachenko A. Yu. Turbulent heat transfer in a cross flow cavity with inclined sidewalls. // Heat Transfer 2002, Book of Abstracts of 12th ИТС. – Grenoble, France, 2002. – 98 p.

6. Terekhov V. I., Yarygina N. I., Diachenko A. Yu. Thermo and-aerodynamic visualization study of the flow in a rectangular cavity with inclined walls. // Abstracts of 10th International Symposium on Flow Visualisation. – Kyoto, Japan. – 2002. – P. 412–413.

7. Халатов А. А., Авраменко А. А., Шевчук И. В. Теплообмен и гидродинамика в полях массовых сил: В 4-х т. – Киев: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 1996. – Т. 2: Вращающиеся системы. – 289 с.

8. Исаев С. А., Кудинов П. И., Кудрявцев И. А., Пышный И. А. Численный анализ струйно-вихревой картины течения в прямоугольной траншее // ИФЖ. – 2003. – Т. 76, № 2. – С. 24–30.

УДК 662.61:621

В. В. Чернокрылюк

*Украинское отделение Представительства компании Riello S.p.A.
в СНГ, г. Киев*

ПРИМЕНЕНИЕ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ RIELLO ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ КОТЛОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ

Компания Riello одна из известнейших и старейших компаний Италии. Ее основание братьями Riello началось в 1922 году. Сегодня компания Riello является одной из лидирующих фирм в сфере производства горелочного оборудования, 7 заводов в Европе и один в Канаде, обороты превышают 500 миллионов евро в год и более 400 000 произведенных горелочных устройств в год.

Концерн Riello S.p.A. предлагает наиболее полный ассортимент горелок мощностью от 16 кВт до 50 МВт, которые могут работать практически на любом виде газообразного топлива, включая низкалорийные, типа коксового или доменного, а также свалочного газа.

Большое количество жидкотопливных горелок позволяют использовать дизельное, печное или биотопливо, а также мазут вязкостью до

100 °E при 50 °C. В случае необходимости можно использовать комбинированные горелки, способные работать на разных типах топлива – газ/дизель или газ/мазут. Обширная номенклатура горелочных устройств позволяет использовать их с большинством типов котлов европейского производства (Biasi, Buderus, De Dietrich, Garioni Naval, Ferroli, ICI, Ivar, Loos, Viessmann), а также с основным типорядом котлов, производимых в СНГ. Широко применяются горелки Riello и в котельном оборудовании – воздухонагреватели, обжиговые и пекарные печи, сушильные и покрасочные камеры отечественного и импортного производства.

Блочная конструкция горелок серии ER позволяет создавать гибкие системы с максимально эффективными параметрами. В дополнении стоит отметить, что горелки данного типа могут применяться не только на природном и сжиженном газе, но и в том числе на дизельном топливе и типовых видах мазута.

Горелочные устройства серии ER производятся с мощностью от 2 500 kW до 32 000 kW.

Технологические особенности:

- настройка и обслуживание горелки без снятия с теплогенератора;
- наличие воздушной заслонки, закрывающейся при выключении горелки (предотвращает потери тепла через дымоход теплогенератора);
- наличие газовой дроссельной заслонки управляемой серводвигателем (позволяет использовать с горелкой одноступенчатую газовую рампу), для газовых и комбинированных моделей;
- сниженные выбросы оксидов азота (при работе на дизельном топливе и газе);
- возможность использования компонентов горелки (вентилятор, блок подготовки жидкого топлива, пульт управления) наиболее подходящих для конкретных требуемых условий;
- возможность использования для горения воздуха подогретого до 150 °C (установки с высокотемпературными теплоносителями);
- возможность применения горелок в экстремальных окружающих условиях (пыль, влажность и т. д.);
- низкие потери давления на головке горелки позволяют использовать вентилятор меньшей мощности.

Представительство концерна Riello S.p.A. осуществляет комплекс услуг по технической поддержке:

- обеспечение технической документацией на русском языке на все продаваемое оборудование;

- сертификация и получение разрешительной документации на продаваемую продукцию;
- обучение технического и коммерческого персонала наших партнеров;
- обеспечение запасными частями в гарантийный и послегарантийный период.

Бытовую гамму оборудования на рынке СНГ, включая Украину, компания Riello S.p.A. предлагает под торговой маркой Beretta. Она включает в себя газовые настенные проточные водонагреватели, производительностью 11, 14 и 17 литров в минуту. Простота и надежность этого оборудования послужили причиной его выбора для поставок по программам Главного управления жилищного хозяйства Киевской ГГА и ОАО «КиевГаз».

Высокое качество производства и конкурентоспособная цена позволили занять и уверенно увеличивать сегмент рынка стальным водогрейным котлам Riello, перечень которых включает в себя оборудование мощностью от 19 кВт до 10,5 МВт. Это жаротрубные котлы и классической конструкции, и «узкие» (при мощности до 1450 кВт габаритная ширина 1200 мм), и двухтопочные, с реверсивной топкой и трехходовые, работающие в стандартном температурном режиме (95–70), низкотемпературном или конденсационном.

Ежегодно число устанавливаемых в Украине конденсационных котлов заметно растет. Их популярность обусловлена экономическим эффектом от эксплуатации при повышающихся ценах на природный газ. Концерн Riello S.p.A. вывел на рынок отопительного оборудования в Украине линейку стальных модульных конденсационных котлов серии Condexa PRO 3 мощностью от 230 до 460 кВт. Котельный модуль состоит из 2–3–4 котлоагрегатов (теплообменник с премиксной горелкой с коэффициентом модуляции мощности 1–5). Использование премиксных горелок обеспечивает низкие выбросы оксидов азота (менее 70 мг/кВт·ч), а возможность работы в конденсационном режиме высокий КПД (более 108 %).

В настенной линейке котлов можно найти модели мощностью от 14 до 100 кВт, одно- и двухконтурные, с открытой и закрытой камерой сгорания, с моно- и битермическим теплообменником или встроенным емкостным водонагревателем, обычные и конденсационные с различными наборами функций и автоматики. Наибольшей популярностью пользуются котлы Beretta Ciao благодаря идеальному сочетанию цены и качества. Данное оборудование широко применяется при строи-

тельстве домов с поквартирным теплоснабжением и позволяет сэкономить до 20 % газа (по сравнению с системой центрального отопления).

Серия напольных котлов состоит из чугунных секционных котлов с атмосферными или вентиляторными горелками тепловой мощностью от 24 до 279 кВт. В случае необходимости можно выбрать энергонезависимые котлы (Avtonom), котлы со встроенным бойлером на 80 или 120 литров. Котлы серии Novella Maxima с успехом применяются в крышных котельных благодаря тихой работе (атмосферная горелка), высокой надежности (из-за отсутствия движущихся элементов), немалой единичной мощности (до 279 кВт), возможности его монтажа по отдельным элементам и невысокой цене.

На всю продукцию в странах реализации (в том числе в Украине) концерном получены соответствующие сертификаты и разрешения уполномоченных государственных органов. На территории Украины (в Киеве) активно работает украинское отделение представительства итальянского концерна RIELLO S.p.A. в СНГ. Представительство предлагает: обучение, техническая, информационная поддержка, поставку запасных частей и оборудования со склада в Киеве (Борисполь).

УДК 697.3

Ю. В. Данильченко

ТОВ «ЕКСПРЕС ЕНЕРДЖІ ГРУП ЮКРЕЙН-КАНАДА», м. Київ

ГІДРОННІ ГАЗОВІ КОТЛИ – ПОТУЖНА АЛЬТЕРНАТИВА ЖАРОТРУБНИМ

Розвиток сучасного виробництва та технологічних процесів призвели до появи нового класу опалювальних котлів. Так звані гідронні котли, завдяки своїм надзвичайним властивостям, швидко витіснили традиційні жаротрубні на північноамериканському континенті та активно поширюються в Європі.

Їхня цілковита невибагливість до якості котлової води, висока стійкість до низькотемпературної та електролітичної корозії дозволила досягти одного з головних показників в теплоенергетиці – незмінності ККД упродовж всього періоду експлуатації. Розрахунковий термін експлуатації котлів збільшився до 38 років. Для порівняння,

для сучасних жаротрубних котлів цей термін сьогодні складає тільки 25 років.

Така конструктивна витривалість надала світовим виробникам можливість встановлювати на гідронні котли гарантійний термін у 10–14 років, що, звичайно, неможливо для інших класів котлів. ККД 94–95 %, компактна конструкція, збільшений рівень безпеки та чистота викидів доповнюють позитивні якості цього обладнання.

Талановитий американський інженер Е. Л. Міллер створив принципово нову схему котла, що був спеціально призначений для роботи в агресивному середовищі. Котел – це пучок мідних труб, який розташовано між двома чавунними колекторами, і являє собою багатоходову схему швидкісного проходу теплоносія. Завдяки дуже високому та щільному інтегральному оребренню мідних труб котел має значно більшу площу теплообміну, ніж звичайні. Наприклад, при однаковій потужності, гідронний котел в 20 разів менший за габаритними розмірами від поширеного на Україні котла НІСТУ-5 і при цьому має площу теплообміну в тричі більшу.

Дійсно, сучасні жаротрубні котли (зарубіжні також) мають в 8–10 разів меншу площу теплообміну, ніж у гідронних відповідної потужності. Велика площа теплообміну дозволила значно прискорити проходження води для отримання тієї ж самої кількості теплоти, що і в традиційному котлі. В свою чергу, велика швидкість водотоку (до 2 м/с) та турбулентний режим руху сприяє змиттю накипу та завису з поверхні мідних труб.

Конструкція котла передбачає усунення накипу механічними засобами у разі його утворення. Слід відзначити, що звичайні котли, в протилежність гідронним, не дають такої можливості.

Конкурентний тиск на виробників опалювального обладнання змушує їх використовувати тонколистовий прокат, вкритий антикорозійною плівкою, що унеможливує застосування кислотних розчинів для змиття накипу. Інші методи боротьби з накипом, в тому числі електромагнітні, не є ефективними. Щоб запобігти виникненню накипу, у цьому випадку потрібне висококваліфіковане та ретельне обслуговування упродовж всього періоду експлуатації котла. В українських реаліях цього складно досягти. В наслідок цього ми сьогодні маємо велику кількість працюючих котлів, які відрізняються від застарілого вітчизняного обладнання хіба що елегантним зовнішнім виглядом, але ніяк не продуктивністю.

Перші вітчизняні гідронні котли почали виробляти у Полтаві в 2012 році. ТОВ «ЕКСПРЕС ЕНЕРДЖІ ГРУП ЮКРЕЙН-КАНАДА»

виготовляє гідронні котли серії «Express» потужністю 225, 450 та 675 кВт, а також транспортабельні котельні на основі цих котлів, потужністю до 10 МВт. Котли оснащені мікрофакельними модульованими пальниками. Звичайний для нас факел в цьому випадку відсутній. Пальник являє собою заглушений циліндр із великою кількістю отворів. Його поверхню вкрито фіброю з жаростійких вольфрамово-молібденових ниток. Вся поверхня циліндра є також поверхнею горіння надзвичайно низької інтенсивності, що сприяє повнішому згорянню палива. Ця технологія не тільки зменшує викиди NO_x , але й підвищує загальну економічність котла. Котел також оснащено цифровою багатофункціональною системою автоматизованого управління та керування фірми «Honeywell», що передбачає будь-який обсяг загальної автоматизації котельні та її диспетчеризації. Виробник дає на котли дванадцятирічну гарантію.

Більш детально з якостями гідронних котлів, зокрема котлів «Express», можна ознайомитись на сайті ТОВ «ЕКСПРЕС ЕНЕРДЖІ ГРУП ЮКРЕЙН-КАНАДА» – eeg.com.ua.

Упродовж опалювального сезону 2012–2013 року комунальне підприємство «Вуглик» (м. Горлівка, Донецької обл.) отримало корисний досвід з експлуатації гідронних котлів, реконструювавши котельню № 36 на базі котлів «Express». Окупність капіталовкладень склала менше 2 років. Розрахунки були виконані згідно показників опалювального сезону.

В 2013 році завершуються проектні роботи з технічного переоснащення котельні № 24 та № 39. Надалі комунальники планують використовувати виключно гідронні котли.

УДК 621:313.333

В. А. Барский, А. Е. Фришман

Международный консорциум «Энергосбережение», г. Харьков

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОДУТЬЕВЫМИ МЕХАНИЗМАМИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ЭКО-3

Актуальную в наше время задачу экономии газа и э/энергии позволяет решить система оптимизации процесса горения. Самонастраи-

вающаяся система управления приводами тягодутьевых механизмов (ТДМ) котлов ЭКО-3 производится МКЭ с 1996 г. и состоит из:

- ПЧ типа РЭН2 привода вентилятора;
- датчика давления газа на горелке;
- датчика содержания O_2 в отходящих газах;
- датчика содержания CO с системой пробоподготовки;
- ПЧ типа РЭН2 для привода дымососа с ПО, поддерживающим заданное разрежение в дымоходе с помощью программного ПИ-регулятора;
- датчика разрежения в дымоходе;
- пульта управления с ПЛК «Логиконт» в щитовой котла, позволяющего включать-выключать приводы, изменять режимы работы (ручной-автоматический), регулировать частоту вращения приводов в ручном режиме, отображать состояние ПЧ и появление аварийных ситуаций;
- модема для связи по GPRS-каналу с сервером для системы удаленного сбора данных. Подключенный к Интернету ПК с ПО для удаленного мониторинга работы котла и расчета текущих показателей энергоэффективности (КПД, потребления э/энергии и т. д.).

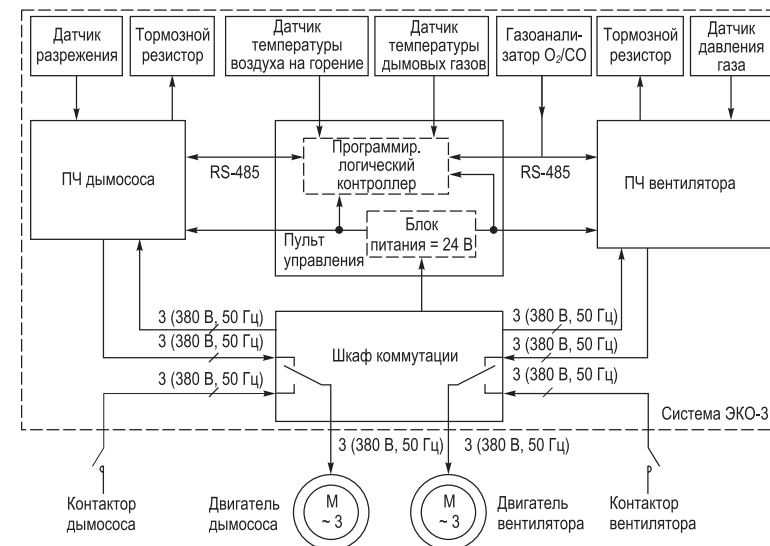


Рис. 1. Структурная схема включения системы ЭКО-3.

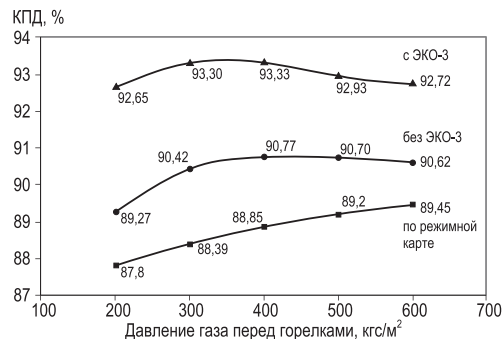


Рис. 2. КПД брутто котлоагрегата.

Специализированное ПО в ПЛК «Логиконт» позволяет, придерживаясь режимной карты котла, оптимизировать процессы горения, корректируя подачу воздуха по данным газоанализатора «ОКСИ-5». Оптимизация процесса горения повышает КПД, что видно из рис. 2.

Сравнительный анализ работы системы ЭКО-3 на котле № 2 КВГ-6,5 котельной «Северная-5» ХТС представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ работы системы ЭКО-3 на котле № 2 КВГ-6,5 котельной «Северная-5»

№	Показатели	Разница удельных показателей	
1	$\Delta b_r = b_{r1} - b_{r2}, \text{ м}^3/\text{Гкал}$	4,36	
2	$\Delta b_r/b_{r1}, \%$	3,16	
3	$\Delta E_{уд} = E_{уд1} - E_{уд2}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{Гкал}$	1,74	
4	$\Delta E_{уд}/E_{уд1}, \%$	57,6	
6	$\Delta \text{КПД брутто}, \%$	по прямому балансу	2,89
		по обратному балансу	2,63
7	$\Delta b_{CO} = b_{CO2} - b_{CO1}, \text{ г}/1000 \text{ м}^3$	729	
8	$\Delta b_{NOx} = b_{NOx1} - b_{NOx2}, \text{ г}/1000 \text{ м}^3$	506	
9	$\Delta b_{CO}/b_{CO1}, \%$	43	
10	$\Delta b_{NOx}/b_{NOx1}, \%$	27	

Преимущества применения системы ЭКО-3:

Дает до 90 % экономического эффекта, возможного с полной автоматизацией котла, при несопоставимо меньших затратах.

Позволяет эксплуатировать устаревшие котлоагрегаты с показателями, соответствующими современным котлам.

Простота и короткие сроки внедрения – не затрагивает систему безопасности котла, время монтажа системы ЭКО-3 на объекте менее

недели, срок проектной привязки и изготовления комплекта оборудования системы – до двух месяцев.

Возможность удаленного (по каналу GPRS) контроля работы системы на центральном сервере позволяет оперативно получать и архивировать параметры процесса горения в котле, другие показатели котлоагрегата, оценивать эффективность работы с системой ЭКО-3 и без нее [2].

В Украине и в России за последние 10 лет введены в работу и успешно эксплуатируются на различных типах котлов более 40 систем ЭКО-3 (табл. 2).

Таблица 2

Объекты, на которых внедрена энергосберегающая система ЭКО-3

Объект эксплуатации	Тип котла	Кол-во шт.
КП «Харьковские тепловые сети», г. Харьков	КВГ-6,5	12
	ТВГ-8М	1
	ПТВМ-30	4
КП «Полтаватеплоэнерго», г. Полтава	КВГ-6,5	7
	ТВГ-8М	2
Депо «Нижнеднепровск-Узел», г. Днепропетровск	ДКВР-6,5/13	3
ООО «ПРОМСИСТЕМА», г. Кременчуг	ДЕ-16/14	2
КП «Броварытеплоэнерго», г. Бровары	КВГМ-30	2
КП «Краматорсктеплосеть», г. Краматорск	КВГМ-50	2
ПЕ «Краматорскмежрайтеплосеть», г. Краматорск	ТВГ-8М	2
«Жилтеплоэнерго Киевэнерго», г. Киев	КВГ-6,5	1
Тепловые сети г. Новочеркасск, Россия	КВГМ-100	1
	ДЕ-25-14ГМ	1
КПТС «Криворожтеплосеть», г. Кривой Рог	КВ-ГМ-10-150	2
ИТОГО:		42

Система ЭКО-3 обеспечивает стабильное поддержание СО и максимально возможный к.п.д. во всем диапазоне нагрузок котлоагрегата, независимо от состояния котла, температуры и качества газа, других факторов.

Применение энергосберегающей системы ЭКО-3 позволяет:

- оптимизировать режим сгорания топлива с учетом фактических условий, режимов работы котлоагрегата и характеристик топлива;
- повысить КПД котлоагрегата минимум на 2,6–3,9 %;
- снизить удельный расход топлива минимум на 4,0–4,5 м³/Гкал (сокращение расхода газа на 3,2 %);
- снизить удельный расход электроэнергии минимум на 1,74 кВтч/Гкал (сокращение расхода электроэнергии на 58 %);
- при всех режимах работы поддерживать максимально возможный КПД;
- исключить влияние человеческого фактора на управление процессами горения;
- качественно упростить работу обслуживающего персонала;
- многократно увеличить срок службы тягодутьевых устройств за счет снижения частоты вращения двигателей и плавного пуска;
- исключить потребление реактивной мощности из сети;
- исключить ошибки в установке режимов работы котлоагрегата за счет неточности показаний имеющихся приборов.

Показателями испытаний являются разница удельных расходов газа, разница удельных расходов электроэнергии, снижение вредных выбросов в атмосферу согласно Киотского протокола, при работе котлоагрегата без системы ЭКО-3 и с ней.

Срок окупаемости системы ЭКО-3 составляет примерно 0,5 года. Полученные результаты испытаний подтверждают ее высокую эффективность.

Список использованной литературы

1. Барский В. А., Уфимцев И. В., Фришман А. Е. Энергосберегающие автоматизированные электроприводы тягодутьевых устройств котельных агрегатов. Материалы международной конференции «Силовая электроника та енергоефективність'2009».
2. Методические указания по проведению комплексных эколого-технических испытаний котлов, работающих на газе и мазуте Института газа НАН Украины. – Киев, 1992.

Государственное предприятие «НТЦ новейших технологий НАН Украины», г. Киев

ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Сегодня резко возросла значимость результатов современных исследований окружающей среды, поскольку к традиционным наукам, таким как метеорология и другие, присоединились направления исследований энергетики, медицины, промышленных отраслей и сельского хозяйства. Это связано с тем фактом, что теперь характеристики метеорологических атмосферных полей наряду с природными процессами отображают и деятельность искусственных объектов, в том числе объектов энергетики.

Накопленный опыт исследований в различных отраслях науки и техники дает возможность обосновать направления исследований состояния и основных характеристик окружающей среды. К основным направлениям таких исследований относят:

- теоретические исследования;
- имитационные (моделирующие), в том числе проведение вычислительных (виртуальных) экспериментов;
- экспериментальные, включающие широкий круг натуральных измерительных экспериментов.

Развитие науки, техники, использование современных информационных технологий создают значительные потенциальные возможности проведения исследований окружающей среды.

В настоящее время выполняются международные, государственные программы по защите окружающей среды, в первую очередь проводится оценка последствий выбросов из промышленных предприятий, объектов энергетики, как при их штатных режимах работы, так и при различного рода нештатных ситуациях (катастрофы, аварии, другие) и их воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Научно-технические проблемы мониторинга окружающей среды очень разнообразны, многоплановы и в своих постановках отображают глобальный международный характер. Особую актуальность и важность для Украины имеет научно-техническая проблема мониторинга состоя-

ния и характеристик окружающей среды в районах действия объектов энергетики. По сути, мониторинг рассматривается как дальнейшее перспективное направление использования совокупности разных технических систем, современных информационных технологий, потенциальные возможности применения которых сегодня значительно возросли.

Мониторинг, в общем случае – это направление исследований различного рода, в первую очередь, технических объектов во времени и в пространстве, их взаимосвязи и взаимодействия с окружающей средой, для определения текущих и прогнозируемых характеристик, параметров состояний объектов и среды по данным и результатам обработки наблюдений, измерений, контроля, диагностики и прогноза с целью использования полученных результатов для достоверных и точных решений поставленных задач.

Проведение процесса мониторинга требует соответствующего использования различных ресурсов, включая информационные, технические, экономические и ряд других, реализации соответствующих условий и применения средств.

В каждом конкретном случае общая формулировка процесса мониторинга приобретает четкое содержание, физический смысл и отображает следующее:

- предметную область процесса исследований и его специфику, характерные особенности;
- цель, объект, предмет и задачи исследований;
- физические и математические модели исследуемых объектов;
- методы, способы, действия и операции решения поставленных задач мониторинга;
- априорное и апостериорное информационное обеспечение решения задач;
- базы данных, результатов обработки данных, испытаний, эксплуатации аппаратных и программных средств системы мониторинга;
- оценки результатов исследований, принятие решения о достижении цели исследований и формирование выходной информации.

Процесс мониторинга можно проиллюстрировать структурой, которая приведена на рисунке.

Результаты решения проблемы мониторинга состояния и характеристик окружающей среды в районах действия объектов энергетики базируется на результатах решения значительного количества задач. Они включают создание и использование разнообразного информационного ресурса, аппаратно-программных информационно-измери-

тельных систем, специальных транспортных средств обеспечения процесса мониторинга и другого оборудования.

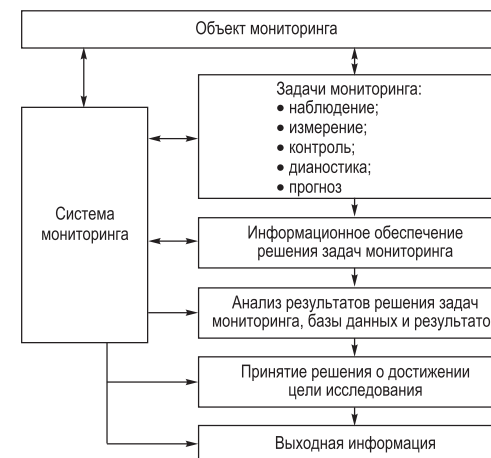


Рисунок. Структура процесса мониторинга.

На основании анализа международных, государственных программ по защите окружающей среды, а также по применению средств, систем мониторинга окружающей среды в Украине, других странах, в первую очередь средств и систем мониторинга радиационных загрязнений Чернобыльской аварии, аварии на «Фукусиме» и других ядерных катастроф, можно сделать вывод об актуальности и важности создания систем мониторинга характеристик окружающей среды с использованием беспилотного авиационного комплекса.

Создание такой мобильной системы мониторинга дает возможность:

- разработать современный аппаратно-программный инструментарий для проведения измерений, контроля, диагностики и прогноза характеристик, параметров окружающей среды;
- обеспечить оперативность и мобильность применения системы на базе использования беспилотных авиационных комплексов в различных районах действия промышленных предприятий, объектов энергетики, включая труднодоступные, горные, лесные районы;
- использовать дистанционный метод исследований, обеспечив при этом безопасность исследователей и натурального эксперимента

- в целом в условиях нештатных ситуаций функционирования объектов энергетики (аварии, катастрофы и другие);
- обеспечить оценку и прогноз загрязнения окружающей среды исследуемых районов по данным измерений.

УДК 504.3:621.039

С. В. Бабак

*Государственное предприятие «НТЦ новейших технологий
НАН Украины», г. Киев*

ОБОБЩЕННЫЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ВОЗДУШНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Создание информационного обеспечения систем мониторинга принято начинать с разработки математических моделей информационных полей окружающей среды. Первые математические модели являлись стохастическими, поскольку их физическая природа формировалась при действии значительного количества случайных факторов [1].

Решающим фактором другого подхода к моделям послужили ряд аварий, связанных с ядерными объектами в США, **СРСР**, Англии и аварий на Чернобыльской АЭС. Начали развиваться модели переноса радионуклидов воздушной средой при наличии мощного источника радионуклидов, возникающего при ядерных авариях [2, 3].

Рассмотрим сначала *теоретическую модель* исходного информационного поля.

В процессе создания *физической модели* в первую очередь отображаются физические свойства, характеристики объекта измерений окружающей среды, его элементов, модулей, их действий и взаимодействий между собой с учетом физических законов. При этом модель записывается с использованием математических формул с размерностями единиц физических величин.

Математическая модель в большей мере формализует процесс отображения свойств объекта измерений в модель. Математические методы являются эффективными методами исследований и, в зависимости от постановки задачи измерений для одного и того же объекта

измерений, могут использовать различные математические модели с одной стороны, а с другой – использовать одну и ту же модель для исследования различных по физической природе объектов.

Каждая из моделей, физическая и математическая, дополняют друг друга и дают возможность проводить процесс измерений более эффективно, например, обосновать пути повышения точности результатов измерений.

На примере математической модели исходной информации объекта измерений окружающей среды рассмотрим основные этапы ее использования при исследованиях процесса измерений.

На *первом этапе*, на основании всестороннего анализа априорных сведений об объекте измерений, его основных свойств и характеристик, подлежащих измерению, *создается модель* с использованием математических объектов, терминов и символов, и предлагается для дальнейшего использования.

На *втором этапе предложенная модель* используется для решения разнообразных задач измерений с целью определения результата и неопределенности измерений.

На *третьем этапе* производится анализ полученных результатов измерения с применением предложенной модели, в том числе и обоснования ответа на вопрос – удовлетворяют ли результаты необходимым для теории и практики измерений требованиям по характеристикам точности. По результатам анализа принимается один из возможных вариантов: *предложенная модель* рекомендуется для дальнейших исследований; *предложенную модель* нужно усовершенствовать, внести в нее изменения, полученные при практическом ее использовании и рекомендовать *усовершенствованную модель* для дальнейшего использования; разработать *новую модель* на основе полученных на практике результатов исследований для последующего использования.

При использовании научно-технической проблемы создания систем мониторинга окружающей среды объектов энергетики, такой обобщенной моделью является векторное случайное поле [2]

$$\Xi_n(\omega; x, y, z, t) = (\xi_1(\omega_1; x, y, z, t), \xi_2(\omega_2; x, y, z, t), \dots, \xi_n(\omega_n; x, y, z, t))$$

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n), \omega \in \Omega, x, y, z \in Q, t \in T,$$

где каждая компонента $\{\xi_j(\omega_j; x, y, z, t), j = \overline{1, n}\}$ векторного поля $\Xi_n(\omega; x, y, z, t)$ – случайное поле, описывающее конкретное физическое

поле в ограниченном трехкоординатном объеме воздушного пространства Q на временном интервале наблюдения T .

Конкретизируем объект измерения – область окружающей среды в местах расположения объектов энергетики. Одной из типовых геометрических фигур такой области является параллелепипед с неровной непрерывной нижней гранью, которая отображает неоднородность рельефа подстилающей поверхности. Такая поверхность формируется на конкретной местности земными и водными поверхностями. В каждом конкретном случае проведения исследований окружающей среды линейные размеры граней исследуемого параллелепипеда окружающей среды варьируются в размерах, рекомендованных МАГАТЭ при локальных исследованиях до 30 км.

Поскольку исследования окружающей среды проводятся во времени и в пространстве, принято использовать две системы декартовых прямоугольных координат:

– неподвижная система координат $OXYZ$, в которой начало координат O совмещено с пересечением нижних граней параллелепипеда $ABCD A'B'C'D'$, ось OZ направлены вверх по направлению местной вертикали, ось OX – на восток, а ось OY – на север;

– подвижная система координат $OX'Y'Z'$, которая связана с перемещением по пространству в пределах исследуемого параллелепипеда $ABCD A'B'C'D'$, начало которой O совмещено с началом системы координат $OXYZ$, ось OZ' направлены вверх по направлению местной вертикали, ось OX' направлена по направлению ветра в период проведения измерений, а ось OY' направлена таким образом, чтобы подвижная система координат $OX'Y'Z'$ была правосторонней, при этом

$$0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y, \sigma \leq z \leq z_m,$$

где L_x и L_y – линейные размеры граней параллелепипеда по горизонтали плоскости (x,y) , а функция $z = \sigma(x,y)$ описывает рельеф местности (неоднородности) подстилающей поверхности, а z_m – определяет высоту исследуемого параллелепипеда $ABCD A'B'C'D'$ как верхнюю границу рассматриваемой области.

Рассмотрение двух систем – неподвижной и подвижной декартовых прямоугольных координат дает возможность использовать одновременно как стационарные (установленные неподвижно в исследуемом параллелепипеде), так и подвижные (автомобиль, беспилотные авиационные комплексы) средства измерения с последующей совместной обработкой данных измерений.

Список использованной литературы

1. Обухов А. М. Статистическое описание непрерывных полей. – Труды Геофиз. ин-та АН СССР, № 24 (151), 1964.
2. Ключников А. А., Пазухин Э. М., Шигера Ю. М., Шигера В. Ю. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними. – Чернобыль, 2005. – 486 с.
3. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей: Пер. с англ. / Под ред. Ф. Т. М. Ньистадта и Х. Ван Допа. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 352 с.

УДК 621.1.016.4

В. И. Гомон

Europäisches Institut für Sanierung, Sicherheit, Versicherung und Umwelttechnik e.V. (SVT e.V.), Германия

ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ УТИЛИЗАТОРОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

После подробных исследований, проведенных в 1986–1989 гг. на экспериментальном стенде группой сотрудников Лаборатории использования ВЭР Института НИИСТ в г. Киеве в составе к.т. н. В. Гомона, Р. Навродской и С. Сингаевской, были получены результаты, позволившие разработать многовариантную компьютерную программу для расчетов процессов теплообмена и аэродинамического и гидравлического сопротивления в конденсационных утилизаторах тепла уходящих газов водогрейных котлов различной мощности.

С помощью этой программы, которая постоянно модернизируется, была разработана конструкция конденсационных теплоутилизаторов ТКП (теплоутилизатор конденсационный поверхностный), в которых в качестве теплообменных элементов использованы биметаллические оребренные трубы (стальная основа и алюминиевое оребрение, осуществляемое с помощью накатки, позволяющей практически сохранить высокую теплопроводность металлической части теплообменного элемента). После нескольких лет испытаний на различных объектах Украины доведенная до уровня практического использования конструкция

теплоутилизатора ТКП была принята Межведомственной комиссией и рекомендована к серийному производству, которое было организовано в 1995 г. на заводе Минобороны Украины в г. Черновцы. Был разработан типоразмерный ряд таких теплоутилизаторов для котлов с номинальной теплопроизводительностью от 0,25 до 3,15 МВт. При этом теплопроизводительность ТКП в условиях нагрева воды системы отопления составляла соответственно от 8,0 до 130,0 кВт, т. е. позволяла экономить от 3,2 % до 4,1 % сжигаемого природного газа. При нагревании воды с более низкой температурой, например, для системы горячего водоснабжения, экономия газа может возрасти до порядка 10 % за счет более длительного периода работы ТКП в конденсационном режиме.

Понятно, что именно конденсационный режим работы утилизатора позволяет максимально повысить коэффициент использования топлива (КИТ) и, следовательно, получить его максимальную экономию. Попытки отдельных фирм ставить за котлами с низким КПД теплообменники, не предусмотренные для работы в конденсационном режиме, дают не только меньший эффект, но и ухудшают условия работы газоходов и дымовой трубы, о чем подробнее будет сказано ниже.

Для получения оптимального эффекта от применения ТКП необходимо осуществление следующих этапов:

Составление технического задания с указанием режима работы котлов, соответствующих параметров уходящих газов, цели и параметров использования нагреваемой воды, а также режимов работы дымовой трубы.

Теплотехнический, гидравлический и аэродинамический расчет теплоутилизатора, выбор его типоразмера, определение геометрии теплообменной части теплоутилизатора, места начала конденсации при различных режимах работы котла(ов), количества получаемого конденсата и мощности теплоутилизатора.

Составление режимной карты работы теплоутилизатора.

Определение схемы защиты газоходов и дымовой трубы.

Подбор нейтрализатора.

Естественно, всем этим этапам предшествует тщательное обследование котельной, изучение режимной карты работы котла и котельной с учетом нагрузки дымовой трубы.

Как известно, многие котельные в Украине работают в режимах, существенно отличающихся от проектных. Это связано с изменением (в большинстве случаев – с уменьшением) по разным причинам нагрузки котельной из-за отключений ряда объектов или перераспределения

нагрузки в связи реконструкцией района, города и т. д. При этом через дымовые трубы, рассчитанные на проектную нагрузку и проектный объем уходящих газов, в действительности проходит их в несколько раз меньший расход. Скорость дымовых газов соответственно уменьшается, что приводит к быстрому их охлаждению, большему охлаждению поверхности дымовых труб, и, соответственно, к конденсации содержащихся в уходящих газах водяных паров. В результате такие режимы работы дымовых труб приводят к их разрушению. Так, только в Донецкой области в 2013 г. были заменены 16 дымовых труб. Примерно такая же ситуация имеет место и в других регионах Украины.

Установка за котлами теплоутилизаторов, работающих в сухом режиме, т. е. без конденсации водяных паров и при постоянном влагосодержании, приводит лишь к снижению температуры уходящих газов, а следовательно, к уменьшению их объема, их скорости и к приближению к температуре точки росы. Тем самым создаются более благоприятные условия для ранней конденсации водяных паров уже в газоходах и дымовой трубе с последующим их разрушением.

Применение конденсационных теплоутилизаторов приводит к конденсации в них водяных паров уходящих газов, а следовательно, к уменьшению их влагосодержания и уменьшению температуры точки росы, что улучшает условия эксплуатации газоходов и дымовой трубы.

Как показывают исследования, проведенные в ИТТФ НАН Украины, при глубокой утилизации теплоты уходящих газов в отопительных котельных при относительно небольших нагрузках котлов, абсолютная влажность их может снизиться в 3–4 раза, что соответствует снижению точки росы с 56 до 35 °С.

К сожалению, наличие ТКП не устраняет полностью опасность конденсации водяных паров в дымовой трубе, и поэтому даже в этом случае проблема защиты дымовых труб остается актуальной. Важно также учесть, что правильно рассчитанная и сконструированная дымовая труба позволяет еще глубже охладить дымовые газы, существенно повысить коэффициент использования топлива и, следовательно, еще больше сэкономить природный газ, а также уменьшить выбросы парниковых и других вредных газов.

Для предотвращения образования конденсата в газоходах и дымовой трубе разработаны ряд методов, основными из которых являются следующие:

Байпасирование части газов с целью подмешивания их к отработавшим уходящим газам после утилизатора.

Подмешивание нагретого воздуха (при наличии воздухоподогревателя) к охлажденным в теплоутилизаторе дымовым газам.

Подсушка дымовых газов путем их нагрева в поверхностных теплообменниках, например, теплосетевой водой (газоводоподогревателях).

Проведены расчеты эффективности этих методов для отопительных и промышленных котельных (в последних предполагается нагрев воды с низкой температурой для технологических нужд и для системы горячего водоснабжения), стальных и кирпичных труб и с различной температурой уходящих газов. Основным критерием оценки принят параметр эффективности $\gamma = Q_3/Q_{\text{ут.}} \cdot 100 \%$, где γ – коэффициент относительных затрат тепла, Q_3 – количество затраченного тепла на проведение защитных мероприятий, $Q_{\text{ут.}}$ – количество тепла, полученного в утилизаторе.

По результатам этих расчетов можно сделать следующие выводы:

Отопительные котельные. Кирпичная дымовая труба.

Минимальными и близкими по значению относительными затратами тепла $\gamma < 6,4 \%$ характеризуются методы подсушивания уходящих газов и частичного байпасирования.

Отопительные котельные. Стальная дымовая труба.

Наиболее эффективным является метод подсушки $\gamma < 31,1 \%$, несколько менее эффективным является метод подмешивания нагретого воздуха $\gamma < 36,1 \%$.

Частичное байпасирование требует затрат теплоты, превышающих 50%.

Промышленные котельные. Кирпичная дымовая труба.

Относительные затраты тепла на проведение защитных мероприятий (при низкой температуре нагреваемой в теплоутилизаторе воды) сравнительно незначительны: метод подсушки дымовых газов – $\gamma < 1,9 \%$, метод подмешивания нагретого воздуха – $\gamma < 3,2 \%$, метод частичного байпасирования – $\gamma < 5,2 \%$.

Промышленные котельные. Металлическая дымовая труба.

Наименьшими затратами тепла характеризуется метод подсушки дымовых газов $\gamma < 7,2 \%$, большие затраты тепла у метода подмешивания воздуха $\gamma < 13,5 \%$. Что касается метода частичного байпасирования, то в данном случае затраты тепла слишком велики, чтобы его рекомендовать.

Как следует из вышеприведенных результатов расчетов, применение стальных дымовых труб, с одной стороны, сокращают затраты по сравнению с использованием кирпичных дымовых труб, но срок их службы чрезвычайно мал. Имеются методы повышения срока их служ-

бы, например, путем применения теплоизоляции, или использования вставки, выполненной из легированной стали, что при правильном подборе материала практически исключает коррозию и позволяет даже иницировать остаточную после ТКП конденсацию водяных паров, а затем сбор конденсата у основания трубы и затем его полезное использование.

Имеются и другие виды дымовых труб, специально выполненные для работы в условиях возможной конденсации водяных паров в них. В каждом отдельном случае необходимо провести соответствующие расчеты и сопоставление ожидаемых затрат с возможностями финансирования комплекса работ с учетом получения экономии от использования ТКП.

Серьезной проблемой при установке ТКП является нейтрализация конденсата. Образующийся при глубоком охлаждении уходящих газов конденсат имеет кислую реакцию – $\text{pH} = 4,0\text{--}6,0$, что может привести к коррозии труб, в том числе системы канализации. В соответствии с существующими нормами такой конденсат требует нейтрализации. Для этого разработана и апробирована конструкция нейтрализатора, которая позволяет довести кислотность конденсата до нейтральных значений – $\text{pH} \sim 7,0$ и выше. Конструкция нейтрализатора – проста и представляет собой емкость с недорогим наполнителем – нейтрализующим веществом определенного фракционного состава. После нейтрализатора, конденсат, являющийся ценным продуктом, может быть использован для собственных нужд котельной: для подпитки системы теплоснабжения либо в системе горячего водоснабжения и для других целей.

SVT e.V. совместно с ИТТФ разработан типоразмерный ряд теплоутилизационных Агрегатов AW, в частности AW – 3,2 – 300, где 3,2 – расход уходящих газов в кг/с, 300 – теплопроизводительность агрегата в кВт. Агрегат состоит из трех теплообменников: один – для подогрева обратной воды теплосети, второй – для подогрева воды для подпитки (химводоочистки) и третий – газоподогреватель. Все теплообменники расположены компактно в одном корпусе по ходу движения газов. Предусмотрена, естественно, также установка нейтрализатора.

Как известно, в 2013 г. Украина израсходовала 50,3 млрд м³ природного газа. Из них на долю предприятий «Теплокоммунэнерго» приходится примерно 18 %, т. е. 8,9 млрд м³, что подтверждается опубликованными данными за 2011 г. Таким образом, экономия 1 % топлива на предприятиях «Теплокоммунэнерго» составит 89 млн м³ природного газа, что по цене 375 \$ USA за тыс. м³ составляет 33,4 млн \$ USA. Правильно подобранные и рассчитанные утилизаторы тепла уходящих га-

зов, работающие с использованием конденсационного режима, позволяют сэкономить от 5 % расхода природного газа, т. е. 445 млн м³ природного газа (что составляет 166,9 млн \$ USA), до 8–10 % (соответственно 712 млн м³ – 890 млн м³ и 267–334 млн \$ USA). Для Украины это серьезные цифры.

Кроме того, следует учесть, что КПД еще большого количества котлов в Украине, к сожалению, не превышает 80 %. А это позволяет с использованием конденсационных теплоутилизаторов типа ТКП и их модернизированных вариантов превзойти указанную выше максимальную величину КИТ, а, следовательно, еще больше сэкономить количество газового топлива.

Следует также подчеркнуть, что применение ТКП выполняет не только топливосберегающую функцию, но и природоохранную, причем не только за счет уменьшения расхода топлива, но и за счет изменения в результате растворения в образовавшемся конденсате различных вредных газообразных веществ, таких, например, как окислы углерода, азота и др.

Кроме того, успешный опыт Украины в торговле сниженными выбросами парниковых газов с учетом подписанного договора об ассоциации Украины в Европейский Союз, где цены за тонну уменьшения выбросов парниковых газов значительно выше цен за тонну выбросов в других форматах торговли на мировом рынке, позволяет также рассчитывать на дополнительные существенные доходы от применения ТКП.

УДК 621.1.016.4

Буйнявичус Кестутис

Научно-исследовательский центр ЗАО «Enerstena», г. Каунас, Литва

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ УТИЛИЗАТОРОВ ЗА КОТЛАМИ 50 МВТ И ВЫШЕ

КПД современных газовых котлов является достаточно высоким (91–93 %) и дальнейшее повышение эффективности использования топлива удается достичь только существенными капиталовложениями, так как обычные мероприятия – например, снижение избытка воздуха в го-

релках, улучшение тепловой изоляции наружных поверхностей котлов – все это дают достаточно ограниченные результаты по эффективности. Снижение рабочих температур циркулирующей в котле воды было бы существенной мерой повышения и КПД котла, однако проявление режима конденсации в самом котле приведет к быстрой коррозии металла. Т. е. этот метод не применим в пределах котла.

С целью использования теплоты уходящих газов, широко используются теплоутилизаторы на основе конденсационных экономайзеров (КЭ), которые изготавливаются из коррозионноустойчивых сортов сталей.

В Литве КЭ стали неотъемлемой частью всех новых или реконструируемых котельных и сегодня этими установками производят более 5 % от всего тепла, производимого на предприятиях теплоснабжения, а общая мощность КЭ составляет порядка 150 МВт.

ЗАО «Enerstena» разработала серию собственных конструкций КЭ, которые стали широко распространяться в нашей стране. Экономический анализ показывает, что при увеличении мощности КЭ, снижаются удельные капиталовложения, поэтому экономайзеры более выгодно ставить за более мощными котлами. В последнее время «Enerstena» получила несколько заказов на КЭ для газовых котлов мощностью от 35 до 100 МВт. Типичным решением становится установка одного общего КЭ для группы котлов. Например, для группы котлов из одного ПТВМ-100 и двух ПТВМ-50 ставится один экономайзер, пропускающий дымовые газы от мощности 100 МВт. Это позволяет иметь большую маневренность по подбору работающих котлов.

Экономайзеры «Enerstena» для котлов мощностью 50 МВт и более, имеют модульную конструкцию, состоящую из теплообменных моду-

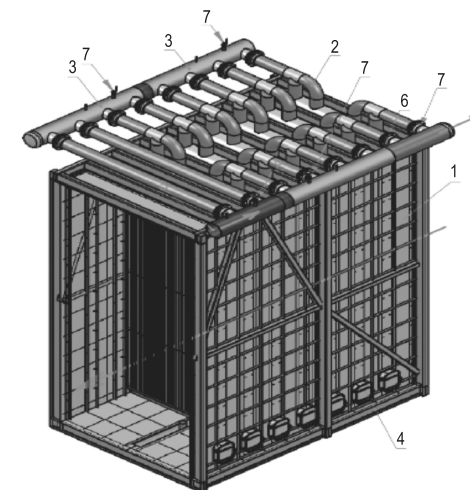


Рис. 1. Общий вид собранных модулей КЭ производства «Enerstena» для газовых котлов мощностью 100 МВт: 1 – рама; 2 – модуль; 3 – коллектор; 4 – смотровые лючки; 5, 6 – подводящий и отводящий патрубки; 7 – воздушники.

лей, количество которых (а также и размер) подбираются индивидуально, по техническим задачам заказчика. В нашем предприятии используются специальные компьютерные программы, позволяющие рассчитать и подобрать оптимальные параметры КЭ.

Мощность теплоутилизационной установки, включающей КЭ, зависит от ряда факторов. Определяющую роль в получаемом от конденсации количестве тепла играет парциальное давление водяных паров, которое зависит от избытка воздуха в дымовых газах. Чем больший избыток воздуха, тем ниже температура конденсации водяных паров и, при определенной температуре охлаждающей воды, будет сконденсировано меньшее количество паров и мощность КЭ будет снижаться. Другим важным фактором является температура охлаждающей воды – возвратного термофиката.

Исследования КЭ, установленного на Петрашунской станции в г. Каунас на котле ПТВМ-100, показали, что может быть достигнуто дополнительное повышение КПД котла с теплоутилизатором на 5–10 %.

Конструкция КЭ «Enerstena» отличается низким аэродинамическим сопротивлением: от 70-100 Па при мощности котла 30 МВт до 350 Па при мощности котла 96 МВт. Приблизительно такие же потери давления приходится и на соединяющие дымовые каналы, но в каждом конкретном случае это зависит от места установки и компоновки КЭ. Гидравлическое сопротивление зависит от расхода воды через экономайзер. Так, при расходе воды через утилизатор 700 т/ч, перепад давления составляет порядка 0,25 бар, при расходе 1250 т/ч перепад повышается до 0,6 бар.

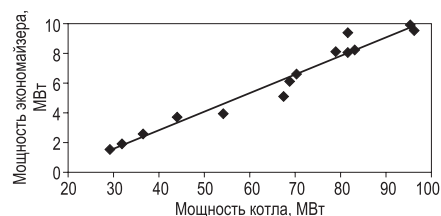


Рис. 2. Производимая теплоутилизатором мощность в зависимости от производительности котла ПТВМ-100 Петрашунской ст.

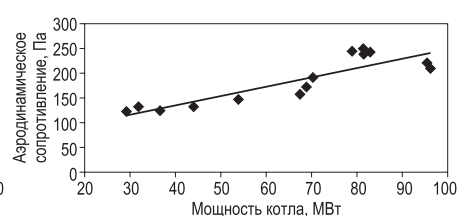


Рис. 3. Аэродинамическое сопротивление конденсатного экономайзера в зависимости от мощности котла ПТВМ-100.

Низкие потери давления с газовой и гидравлической стороны являются отличительной чертой КЭ конструкции «Enerstena» и

способствуют значительному снижению электропотребления системой утилизации тепла.

Выводы: теплоутилизаторы на основе конденсационных экономайзеров позволяют экономить от 5 до 10 % природного газа, а современная конструкция аппарата обеспечивает предельно низкие энергозатраты.

Конденсационный экономайзер для котлов мощностью 100 МВт в Литве получил награждение «Изделие года 2011».

Список использованной литературы

1. Gas-Brennwertgerate – Umweltentlastung und Energieeinsparung durch Warmegewinn aus den Abgasen, Rurgas AG, 1995.
2. Буйнявичюс К. Котельная, КПД которой превышает 100 % – реально ли это? // Энергоэффективность. – Минск, 2013. – № 6. – С. 36–37.

УДК 621.1.016.4

Е. Н. Письменный, П. И. Багрий, М. М. Вознюк

ООО «НПФ «Ганза», г. Киев

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ ИЗ ПЛОСКООВАЛЬНЫХ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ

В связи со значительным подорожанием материальных и энергетических ресурсов важной задачей является повышение эффективности и полноты их использования. Одним из путей решения вышеуказанной задачи является использование низкопотенциальной теплоты уходящих дымовых газов котлоагрегатов с помощью высокоэффективного теплообменного оборудования.

Потенциал энергосбережения за счет утилизации теплоты дымовых газов оценивается десятками миллионов тонн условного топлива в год. На сегодняшний день объемы и масштабы внедрения теплоутилизационных установок в странах СНГ крайне недостаточны.

Благодаря разработкам ООО «НПФ «Ганза», НТУУ «КПИ» и ОКТЬ ИЭС им. Е. О. Патона стало возможным производство нового

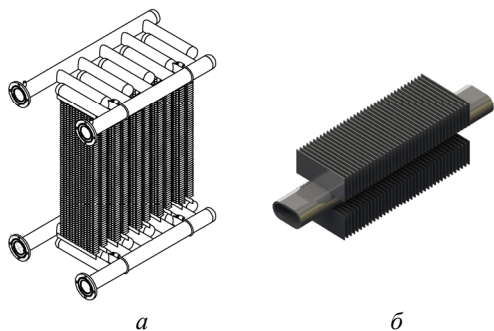


Рис. 1. Общий вид трубной системы утилизатора:
а – трубная система; *б* – плоскоовальная труба с неполным оребрением.

вида ключевого элемента теплообменной поверхности утилизатора – плоскоовальной трубы с неполным оребрением. Оценка теплоаэродинамической эффективности поверхностей нагрева, выполненных в виде шахматных пучков таких труб, приведена в [1, 2].

На новой элементной основе была создана типовая модульная конструкция теплоутилизатора, которая отличается простотой, высокой надежностью, низким аэродинамическим сопротивлением, малой металлоемкостью и высокой компактностью. Важно отметить, что технология производства ребристых труб нового типа позволяет использовать в качестве материала ребер и несущей трубы как углеродистые, так и нержавеющие стали. Это дает возможность создавать на их основе установки глубокой утилизации теплоты уходящих газов, работающих в условиях конденсации на поверхности нагрева водяных паров.

Теплоутилизаторами на базе плоскоовальных труб с неполным оребрением может оснащаться практически любой водогрейный котел из парка таких котлов стран СНГ. Имеется опыт установки утилизаторов нового типа за котлами европейского производства, в том числе паровыми, а также за газопоршневыми машинами и газовыми турбинами.

Диапазон тепловых мощностей теплоутилизаторов может составлять от десятков киловатт до нескольких мегаватт.

В течение последних лет производилось оснащение ряда водогрейных и паровых котлов опытно-промышленными образцами теплоутилизаторов (рис. 2, 3). Технические характеристики установленных утилизаторов представлены в таблице.

Расчет экономии природного газа производился в соответствии с выкладками [3], где авторами показано, что экономия природного газа за счет утилизации теплоты уходящих дымовых газов составляет:

$$\Delta B = \frac{Q_{ут}}{Q_{сг} \cdot \eta_{исх}} \cdot 100, \quad (1)$$

где ΔB – экономия природного газа за счет утилизации теплоты уходящих дымовых газов, $\text{м}^3/\text{час}$, $Q_{ут}$ – утилизированный тепловой поток, $\text{ккал}/\text{час}$, $Q_{сг}$ – низшая теплота сгорания топлива, $\text{ккал}/\text{м}^3$; $\eta_{исх}$ – коэффициент полезного действия котла до установки теплоутилизатора.

Работа котлов после установки утилизаторов является стабильной, дополнительные затраты при эксплуатации экономайзеров отсутствуют, что подтверждено актами внедрения.

Таблица

Технические характеристики установленных утилизаторов

Тип котла	Тепловая мощность, кВт	Аэродин. сопротивление, Па	Экономия природного газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	Повышение КПД, %	Размеры			Масса, кг
					Глубина, м	Высота, м	Ширина, м	
КСВ-2,0	62	45	7,0	3,50	0,6	1,0	1,0	250
КВ-2/95	140	55	16,0	6,00	0,6	1,1	1,2	300
КОЛВИ-3000	180	100	15,0	4,50	1,3	1,5	1,0	350
КВГ-6,5	335	140	39,0	3,50	1,3	1,6	1,2	760
Standardkessel HD0101-11	410	74	51,0	6,00	1,7	1,8	1,6	700
ДКВР-10М	440	60	38,5	3,24	0,8	1,7	1,9	650
ТВГ-8М	490	135	57,0	4,03	1,2	1,7	1,4	800
ПТВМ-30М	1400	320	157,0	3,50	0,8	1,5	2,8	1500

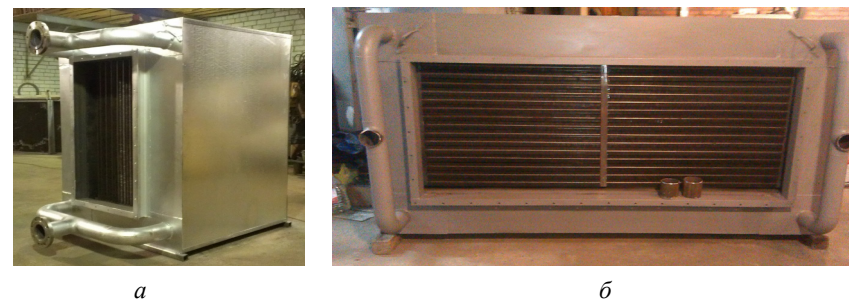


Рис. 2. Теплоутилизатор для котла: *а* – КВГ-6,5; *б* – ПТВМ-30М.

Исходя из вышесказанного, общая экономия природного газа за счет внедрения теплоутилизаторов на базе плоскоовальных труб с не-

полным оребрением может доходить до сотен тысяч м³ за отопительный сезон. Следовательно, срок окупаемости инвестиций в такое энергосберегающее оборудование составляет от одного до трёх отопительных сезонов.

Выводы

При существующем в СНГ потенциале энергосбережения за счет утилизации теплоты дымовых газов крайне целесообразно производить оснащение котлов высокоэффективными утилизаторами теплоты.

За счет простоты конструкции, малой металлоемкости и низкого аэродинамического сопротивления утилизаторов на базе плоскоооальных труб с неполным оребрением их установка возможна практически за всеми котлами, используемыми в коммунальной энергетике СНГ.

Список использованной литературы

1. Письменный Е. Н. Эффективные теплообменные поверхности из плоскоооальных труб с неполным оребрением // Теплоэнергетика. – 2011. – № 4. – С. 7–12.
2. Письменный Е. Н., Багрий П. И., Терех А. М., Семеняко А. В. Оптимизация оребрения новой теплообменной поверхности на основе плоскоооальных труб // Инженерно-физический журнал. – 2013. – Т. 86. – № 5. – С. 1002–1007.
3. Гершуни А. Н., Нищик А. П. Энергоэкономическая эффективность утилизации теплоты // Промышленная теплотехника. – 2009. – Т. 31, № 2. – С. 82–86.

УДК 621.036.7

**Н. М. Фиалко, А. И. Степанова, Р. А. Навродская, Г. А. Пресич,
Ю. В. Шеренковский, Г. А. Гнедаш**

Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАСТИНЧАТОГО ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Необходимость оптимизации энергетических установок и технологических процессов очевидна, поскольку сущность оптимизации состоит в выборе с помощью определенных оценочных критериев таких парамет-

© Н. М. Фиалко, А. И. Степанова, Р. А. Навродская, Г. А. Пресич, Ю. В. Шеренковский,
Г. А. Гнедаш, 2015

ров энергетического объекта, которые обеспечивают его максимальную эффективность. Кроме того, сравнительный анализ работы энергетических объектов определенного типа и выбор среди них наиболее эффективных может быть проведен только в том случае, если такие объекты максимально усовершенствованы, то есть их параметры оптимальны.

Целесообразность разработки новых критериев оценки эффективности энергетических объектов, которые могли бы служить также целевыми функциями оптимизации, в дополнение к традиционным критериям, таким, например, как критерий Кирпичова в теплотехнике, коэффициенты полезного действия различного вида и т.п., определяется естественным отсутствием универсального критерия для оценки совершенства не только энергетического объекта, но и любого объекта социальной, научной, технической или иной сферы деятельности человека. Каждый из предлагаемых критериев может оказаться более чувствительным к изменению определенных параметров объекта, нежели другие критерии, вследствие чего целесообразность его использования для оптимизации именно этих параметров не оставляет сомнений. Использование каждого в отдельности критерия эффективности или применение многокритериальной оптимизации позволяет более глубоко изучить работу энергетического объекта и оценить его совершенство с различных сторон.

Целесообразность применения эксергетического подхода в качестве составляющего общего комплексного подхода для оценки эффективности и оптимизации энергетических объектов определяется высокой чувствительностью основных эксергетических характеристик, входящих в оценочные критерии эффективности, к изменению эффективности энергетического объекта.

В работе рассматривается контактный пластинчатый воздухоподогреватель, входящий в комбинированную теплоутилизационную систему для подогрева воды и дутьевого воздуха. Осуществление в таких системах в продолжении всего отопительного периода глубокой утилизации теплоты отходящих газов котельных установок позволяет повысить эффективность работы котлоагрегатов и снизить вредные выбросы в атмосферу. Необходимым условием повышения эффективности теплоутилизационных систем является их оптимизация. Часто на одном из этапов общей оптимизации теплоутилизационной системы целесообразно оптимизировать ее отдельные элементы, что позволяет более глубоко проанализировать работу теплоутилизационной системы и повысить точность решения общей оптимизационной задачи.

Для анализа эффективности указанного воздухоподогревателя и оптимизации его параметров в качестве метода исследования использовался балансовый метод эксергетического анализа, в качестве целевых функций оптимизации – эксергетические критерии эффективности. Это тепло-эксергетический и эксерго-технологический критерии $e = E_{\text{пот}}^{\text{внут}} / Q$, $k_{\text{ex}}^{\text{т}} = E_{\text{пот}}^{\text{внут}} \cdot m / Q^2$, которые включают мощность внутренних эксергетических потерь $E_{\text{пот}}^{\text{внут}}$, тепловую мощность Q и массу m . В качестве независимых факторов использовались конструкционные параметры теплообменной поверхности воздухоподогревателя: ширина пластины a , высота b и расстояние между пластинами s .

Для рассматриваемого воздухонагревателя функциональные зависимости эксергетических критериев от конструкционных параметров, необходимые для анализа эффективности воздухонагревателя и оптимизации его параметров, определялись с помощью статистических методов планирования эксперимента. Искомые зависимости были представлены в виде соответствующих квадратичных функций (уравнений регрессии):

$$f(x_1 \dots x_n) = a_0 + \sum_{k=1}^n a_k x_k + \sum_{\substack{i,k=1 \\ i \neq k}}^n a_{ik} x_i x_k + \sum_{k=1}^n a_{kk} x_k^2.$$

В рамках используемых статистических методов выполнены соответствующие преобразования, позволяющие провести расчет коэффициентов уравнений регрессии. С этой целью использовался ортогональный центральный композиционный план с числом точек плана, равным пятнадцати. Достоверность результатов на каждом этапе исследований проверялась с помощью соответствующих критериев. Так оценка однородности дисперсий на каждом уровне факторов проводилась по критерию Кохрена, проверка значимости коэффициентов уравнений регрессии – по критерию Стьюдента, проверка адекватности полученных уравнений использованным данным – по критерию Фишера. Расчет соответствующих значений критериев эффективности, которые служили целевыми функциями оптимизации, в пятнадцати точках композиционного плана проводился в соответствии с соотношениями, которые учитывают изменение влагосодержания дымовых газов после прохождения через рассматриваемый воздухонагреватель. Для эксерго-технологического критерия эффективности это соотношение имеет следующий вид:

$$G^{\text{дг}} c_p^{\text{дг}} (T_{\text{вх}}^{\text{дг}} - T_{\text{вых}}^{\text{дг}}) - T_0 c_p^{\text{дг}} \ln \frac{T_{\text{вх}}^{\text{дг}}}{T_{\text{вых}}^{\text{дг}}} - \frac{R}{M^{\text{дг}}} \ln \frac{p_{\text{вх}}^{\text{дг}} - p_{\text{свх}} \Phi_{\text{вх}}^{\text{дг}}}{p_{\text{вых}}^{\text{дг}} - p_{\text{свых}} \Phi_{\text{вых}}^{\text{дг}}} -$$

$$G^{\text{дг}} W_{\text{вых}}^{\text{дг}} c_p^{\text{п}} (T_{\text{вх}}^{\text{дг}} - T_0) - T_0 c_p^{\text{п}} \ln \frac{T_{\text{вх}}^{\text{дг}}}{T_0} - \frac{R}{M^{\text{п}}} \ln \frac{c_{\text{вых}}^{\text{п}} p_{\text{свых}} v_{\text{вых}}'' W_{\text{вых}}}{c_0^{\text{п}} p_{\text{с0}} v_0'' \Phi_0 (1 + W_{\text{вых}})} +$$

$$k_{\text{ex}}^{\text{т}} = m / Q^2,$$

$$+ G^{\text{дг}} W_{\text{вых}}^{\text{дг}} c_p^{\text{п}} (T_{\text{вх}}^{\text{дг}} - T_0) - T_0 c_p^{\text{п}} \ln \frac{T_{\text{вх}}^{\text{дг}}}{T_0} - \frac{R}{M^{\text{п}}} \ln \frac{c_{\text{вх}}^{\text{п}} p_{\text{свх}} v_{\text{вх}}'' W_{\text{вх}}}{c_0^{\text{п}} p_{\text{с0}} v_0'' \Phi_0 (1 + W_{\text{вх}})} -$$

$$- G^{\text{воз}} c_p^{\text{воз}} (T_{\text{вх}}^{\text{воз}} - T_{\text{вых}}^{\text{воз}}) - T_0 c_p^{\text{воз}} \ln \frac{T_{\text{вх}}^{\text{воз}}}{T_{\text{вых}}^{\text{воз}}} - \frac{R}{M^{\text{воз}}} \ln \frac{p_{\text{вх}}^{\text{воз}}}{p_{\text{вых}}^{\text{воз}}}$$

где c_p – удельная изобарная теплоемкость; G – массовый расход теплоносителя; p_s – давление насыщенного пара; v'' – удельный объем; W – влагосодержание дымовых газов; m – молекулярная масса. Индексы верхние: дг, воз – дымовые газы, воздух. Индексы нижние: вх, вых – входной, выходной параметры; о – окружающая среда; п – пар.

При получении и использовании указанных зависимостей были приняты следующие допущения и ограничения, корректность которых обусловлена физическими, технологическими и эксплуатационными особенностями работы комбинированной теплоутилизационной установки для нагревания воды и дутьевого воздуха, включающей рассматриваемый воздухонагреватель:

Внешними эксергетическими потерями, связанными с условиями сопряжения системы с окружающей средой, можно пренебречь и в эксергетическом балансовом уравнении учитывать только внутренние эксергетические потери в контактном пластинчатом воздухонагревателе, вызванные неравновесным теплообменом между теплоносителями при конечном температурном напоре.

При определении внутренних эксергетических потерь для дымовых газов и воздуха допустимо использовать уравнение состояния идеального газа, так как в заданных диапазонах температур и давлений эти теплоносители можно считать идеальным газом.

Далее приведены полученные функциональные зависимости эксергетических критериев эффективности от конструкционных параметров теплообменной поверхности контактного пластинчатого воздухонагревателя при различной температуре окружающей среды t_0 :

$$t_0 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e = 5,70 \cdot 10^{-1} - 2,88 \cdot 10^{-4}a + 1,07 \cdot 10^{-7}a^2 - 3,34 \cdot 10^{-4}b + 2,32 \cdot 10^{-8}ab + 1,38 \cdot 10^{-7}b^2 + 5,74 \cdot 10^{-2}s - 2,38 \cdot 10^{-5}as - 1,28 \cdot 10^{-5}bs + 1,21 \cdot 10^{-3}s^2;$$

$$k_{\text{вх}}^{\text{т}} = 9,82 - 1,68 \cdot 10^{-2}a + 7,27 \cdot 10^{-6}a^2 - 9,43 \cdot 10^{-3}b + 2,76 \cdot 10^{-6}ab + 3,81 \cdot 10^{-6}b^2 + 3,18s - 1,48 \cdot 10^{-3}as - 7,90 \cdot 10^{-4}bs + 6,00 \cdot 10^{-2}s^2;$$

$$t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e = 3,80 \cdot 10^{-1} - 2,72 \cdot 10^{-4}a + 1,19 \cdot 10^{-7}a^2 - 4,41 \cdot 10^{-6}b + 2,43 \cdot 10^{-9}ab + 3,77 \cdot 10^{-9}b^2 + 3,88 \cdot 10^{-2}s - 1,63 \cdot 10^{-5}as - 2,63 \cdot 10^{-6}bs + 1,67 \cdot 10^{-4}s^2;$$

$$k_{\text{вх}}^{\text{т}} = 8,29 - 1,64 \cdot 10^{-2}a + 7,67 \cdot 10^{-6}a^2 - 2,28 \cdot 10^{-5}b + 4,93 \cdot 10^{-7}ab + 2,77 \cdot 10^{-8}b^2 + 2,45s - 1,15 \cdot 10^{-3}as - 1,77 \cdot 10^{-4}bs + 1,41 \cdot 10^{-2}s^2;$$

$$t_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e = 2,70 \cdot 10^{-1} - 1,90 \cdot 10^{-4}a + 8,54 \cdot 10^{-8}a^2 + 2,08 \cdot 10^{-6}b + 8,84 \cdot 10^{-10}ab + 3,61 \cdot 10^{-10}b^2 + 3,07 \cdot 10^{-2}s - 1,19 \cdot 10^{-5}as - 2,00 \cdot 10^{-6}bs + 8,16 \cdot 10^{-6}s^2;$$

$$k_{\text{вх}}^{\text{т}} = 9,07 - 1,80 \cdot 10^{-2}a + 8,46 \cdot 10^{-6}a^2 - 9,49 \cdot 10^{-5}b + 5,95 \cdot 10^{-7}ab + 5,98 \cdot 10^{-8}b^2 + 2,90 \cdot 10^{-4}s - 1,29 \cdot 10^{-3}as - 2,24 \cdot 10^{-4}bs - 1,03 \cdot 10^{-5}s^2.$$

В качестве примера на рисунках 1–3 представлены некоторые из графиков полученных зависимостей.

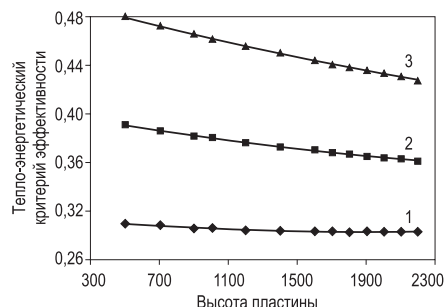


Рис. 1. Зависимость e от a при $b = 1850$ мм; $t_0 = 0$ °C: 1 – $s = 5$ мм; 2 – 10; 3 – 15.

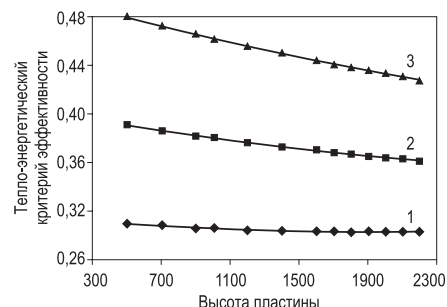


Рис. 2. Зависимость e от b при $a = 1460$ мм; $t_0 = 0$ °C: 1 – $s = 5$ мм; 2 – 10; 3 – 15.

Как видно из рисунков, при использовании в качестве целевых функций оптимизации как эксерго-технологического, так и тепло-эксергетического критериев эффективности, минимум их значений при изменении ширины пластины достаточно выражен, тогда как минимум значений критериев эффективности при изменении высоты пластины в

границах заданного интервала выражен слабо, вследствие чего в качестве оптимального значения параметра b выбирается его значение, соответствующее наименьшему значению функции на верхнем конце интервала.

Оптимальные параметры и эксергетическая эффективность контактного пластинчатого воздухоподогревателя при различных значениях температуры окружающей среды представлены в таблице.

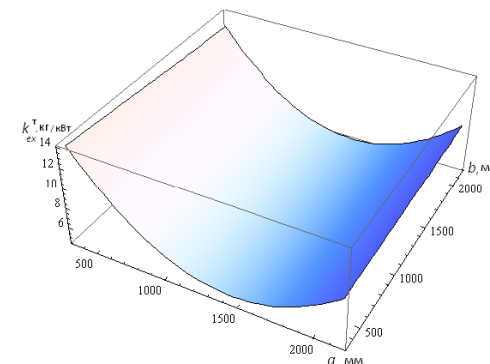


Рис. 3. Зависимость эксерго-технологического критерия эффективности $k_{\text{вх}}^{\text{т}}$ от ширины пластины a и высоты пластины b при $s = 5$ мм, $t_0 = 0$ °C.

Таблица

Оптимальные параметры и эксергетическая эффективность контактного пластинчатого воздухоподогревателя

Цел. функ	$t_0 = -5$ °C				$t_0 = 0$ °C				$t_0 = 5$ °C			
	a , мм	b , мм	s , мм	Опт. значения критерия	a , мм	b , мм	s , мм	Опт. значения критерия	a , мм	b , мм	s , мм	Опт. значения критерия
ϵ	1770	1290	5	0,273	1460	1850	5	0,303	1410	2000	5	0,330
$k_{\text{вх}}^{\text{т}}$, кг/кВт	1430	1240	5	1,57	1380	2000	5	4,60	1320	2000	5	5,72

Как видно из таблиц, эксергетическая эффективность пластинчатого воздухоподогревателя для всех рассмотренных значений температуры окружающей среды ниже эффективности конденсационного водоподогревателя. В зимний период при $t_0 = -5$ °C эксергетическая эффективность воздухоподогревателя, в среднем, на 16 % выше, чем его эффективность в летний период при $t_0 = 5$ °C.

Н. М. Фіалко, Г. О. Пресіч, Р. О. Навродська, Г. О. Гнедаш,
А. І. Степанова, С. І. Шевчук, О. Ю. Глушак

Інститут технічної теплофізики НАН України

КОМПАКТНЕ КОМПОНУВАННЯ ПЛАСТИНЧАСТИХ ПОВІТРОГРІЙНИХ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНИХ АГРЕГАТИВ

В зв'язку з необхідністю заощадження природного газу актуальним стає питання про застосування в котельнях комунальної теплоенергетики теплоутилізаційного обладнання для підігрівання дуттьового повітря. При цьому доцільним є, зважаючи на відносно невеликий температурний напір між відхідними димовими газами і дуттьовим повітрям, використовувати компактні теплообмінні поверхні. Таким вимогам відповідають пластинчасті теплообмінники [1–4], які, на відміну від трубчастих з показником компактності $\Pi = 35 \div 40 \text{ м}^2/\text{м}^3$, мають показник $\Pi = 250 \div 300 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Такі теплообмінні поверхні з гофрованих пластин сітчасто-потокового типу [2] були початково прийняті в розрахунках теплоутилізаційних агрегатів для підігрівання дуттьового повітря.

Турбулізуючі елементи профіля пластини виконані у вигляді гофр трикутничкової форми. Гофри висотою 10 мм з кроком 40 мм в напрямку, перпендикулярному напрямку гофр, розміщені під кутом 45° відносно вісі симетрії пластини. Складання пакету пластин здійснюється розміщенням парних пластин з поворотом на 180° відносно непарних. Завдяки цьому гофри взаємно перетинаються, утворюючи рівномірно розподілену по поверхні пластин сітку опор з кроком точок контакту 80 мм по вертикалі і горизонталі.

Щілясті міжпластинні канали, утворені з гофрованих пластин, мають профіль, який за ходом руху теплоносія змінюється і періодично повторюється. При цьому площа поперечного перерізу міжпластинного каналу лишається незмінною по всій довжині пластини в будь-якому поперечному перерізі.

Завдяки штучній турбулізації потоку, характерної для прийнятої форми поверхні всередині загального потоку в шарі середньою товщи-

ною 10 мм, швидкості струмин змінюються в двох площинах: перпендикулярно до загальної площини потоку і паралельно йому. При цьому досягається високий ступінь турбулізації і розмиву пограничного шару, тому теплообмінники з пластин сітчасто-потокового типу забезпечують високі коефіцієнти теплопередачі навіть при невеликих швидкостях потоку.

Принципова схема теплоутилізаційного агрегату для підігрівання дуттьового повітря та конструкційна схема теплообмінного пакета повітропідігрівача передбачають компонування всіх його функціональних елементів (теплообмінників, газопідігрівача, розподільної та змішувальної камер, конденсатозбірника) і з'єднувальних комунікацій в одному корпусі. Габарити і конфігурацію теплоутилізаційного агрегату в значній мірі визначає форма його основного функціонального елемента – теплообмінного пакета, навколо якого компонується агрегат в цілому. Характеристикою форми теплообмінного пакета є так званий компоновочний коефіцієнт або коефіцієнт форми K_ϕ , що визначається як $K_\phi = L / \sqrt{f}$, де L – довжина пакета; f – площа перерізу пакета в напрямку, що є перпендикулярним повздовжній вісі пакета; $f = B \cdot H$, де B і H – габарити пластин.

Теплові розрахунки теплообмінного пакета повітропідігрівача з гофрованих пластин проводилися з використанням рівняння для сітчасто-потокових пластин з гофрами, що пересікаються, при турбулентному режимі руху теплоносіїв (димових газів і дуттьового повітря) для області Re від 50 до 20 000 [2]:

$$Nu = 0,135 \cdot Re^{0,73} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25}.$$

За результатами розрахунків визначено оптимальні величини компоновочного коефіцієнта теплообмінного пакета повітропідігрівача K_ϕ^{opt} від ціни природного газу $C_{пт}$ при різних середніх швидкостях димових газів у повітропідігрівачі. Оптимальний компоновочний коефіцієнт для повітрогрійних агрегатів становить від 1,3 до 4,0 і зменшується зі збільшенням швидкості димових газів. При цьому збільшується аеродинамічний опір з газової сторони, для зменшення якого необхідно або зменшувати висоту пластини H , або збільшувати число пластин в теплообмінному пакеті, або збільшувати число гофр в пластині. В першому випадку буде мати місце відповідне збільшення аеродинамічного опору з повітряної сторони, в другому – збільшення довжини теплообмінного пакета з відповідним збільшенням компоновочного коефіцієнта, а в третьому – зменшення показника компактності

теплообмінного пакета. В усіх випадках для умов котельні результат не є прийнятним.

Таким чином, аналіз результатів проведених розрахунків дає підстави зробити висновок про те, що для умов застосування пластинчастих повітропідігрівачів в котельнях потрібно використовувати конструкції пластин, які дозволятимуть при високих показниках компактності теплообмінного пакета і низьких значеннях оптимальних компоновочних коефіцієнтів забезпечувати прийнятний аеродинамічний опір при швидкостях димових газів 6–8 м/с. Такими пластинами можуть бути плоскі пластини з дистанційовальними лунками, які мають фіксувати ширину міжпластинного каналу.

Попередні розрахунки виявили, що при вузьких міжпластинних каналах (3–7 мм), які забезпечують високі показники компактності теплообмінного пакета, процес теплообміну відбувається при ламінарному або перехідному режимах руху теплоносіїв. В зв'язку з цим була запропонована схема двоступінчастого підігрівання повітря, представлена на рис. 1.

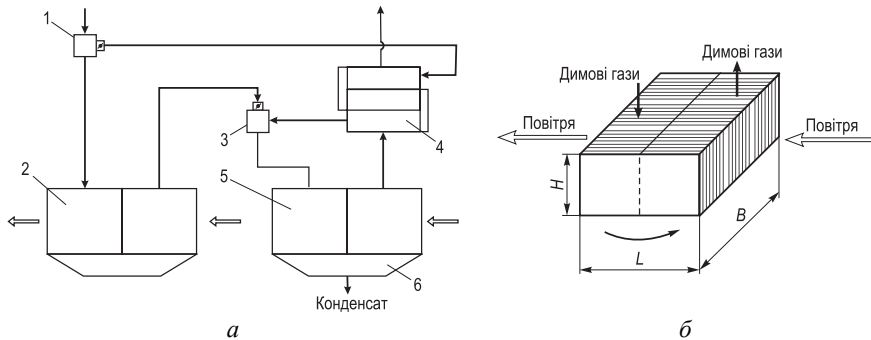


Рис. 1. Принципова схема теплоутилізаційного агрегату з теплообмінними пакетами з плоских пластин для підігрівання дуттьового повітря (а) та конструкційна схема теплообмінного пакета повітропідігрівача (б): 1 – розподільна камера з регулювальною заслінкою; 2 – двоходовий теплообмінник другого ступеню підігріву повітря; 3 – змішувальна камера з регулювальною заслінкою; 4 – газопідігрівач; 5 – двоходовий теплообмінник першого ступеню підігріву повітря; 6 – збірник конденсату.

Теплові розрахунки теплообмінних пакетів повітропідігрівача з плоских пластин проводилися з використанням рівняння для щільстих каналів з плоскими гладкими стінками при перехідному режимі течії теплоносіїв [2]:

$$Nu = 0,0033 \cdot Re \cdot Pr^{0,37}$$

Вибір ширини міжпластинного каналу b_k було здійснено з допомогою побудовання графічної залежності

$$T_{ов} = f(b_k, C_{пр}),$$

де $T_{ов}$ – термін окупності витрат на теплоутилізаційну установку; $C_{пр}$ – ціна 1000 м³ природного газу (рис. 2).

Мінімум терміну окупності витрат знаходиться при $b_k = 4,5 \div 5,5$ мм, що дало підставу прийняти оптимальну ширину міжпластинного каналу в теплообмінних пакетах повітрогрійного агрегату 5 мм. Така ширина каналу забезпечує показник компактності теплообмінної частини агрегату на рівні 202 м²/м³.

Техніко-економічне співставлення традиційних повітропідігрівачів і розроблених компактних теплоутилізаційних агрегатів підтвердило суттєві технічні переваги агрегатованих пластинчастих повітропідігрівачів, а термін окупності витрат при їх застосуванні в 1,2–1,5 рази менший, ніж у традиційних, і в залежності від ціни природного газу і теплопродуктивності котла становить від 0,5 до 2 років.

Список використаної літератури

1. Бужинський В. В., Говор Г. К. Про доцільність використання оребрених повітропідігрівників для утилізації теплоти відхідних газів котельні // Вісник ВПІ. – 2002. – № 4. – С. 61–62.
2. Барановский Н. В., Коваленко Л. М., Ястребенецкий А. Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.
3. Антуфьев В. М. Эффективность различных форм конвективных поверхностей нагрева. – М.–Л.: Энергия, 1966. – 184 с.
4. Коваленко Л. М., Глушков А. Ф. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 240 с.

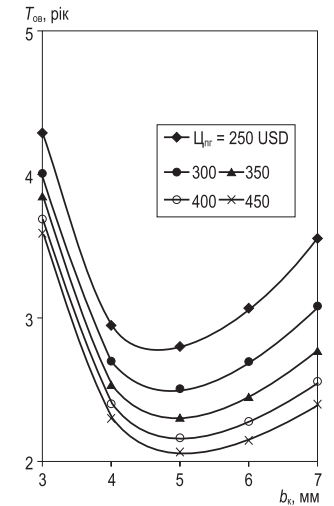


Рис. 2. Залежність терміну окупності витрат від ширини каналу і ціни 1000 м³ природного газу.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Потенциал энергосбережения в Украине составляет примерно половину от суммарного годового потребления топливно-энергетических ресурсов. Поэтому применение энергосберегающих технологий и режимов эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения (АВО), которые широко применяются в нефтегазовой, химической и пищевой промышленности, в тепловой и атомной энергетике, в системах вентиляции и кондиционирования воздуха.

Охлаждение наружным воздухом парообразных и жидких рабочих тел с давлением до 32 МПа и температурой до 400 °С предопределили широкое применение конденсаторов из круглых и овальных биметаллических оребренных труб. Низкие скорости охлаждающего воздуха составляет от 5 до 15 м/с, что в сочетании с плохими теплофизическими свойствами воздуха обуславливает низкие коэффициенты теплопередачи ($\alpha = 30 \dots 90 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$), что приводит к значительным габаритам и высокой металлоемкости и стоимости конденсаторов. Удельная металлоемкость современных АВО составляет $16,0 \pm 4,1 \text{ кг/м}^2$. При этом удельная металлоемкость теплообменной поверхности составляет до 42 % от общего веса аппарата [1].

Нужно отметить, что возможности применяемых сегодня трубных теплообменных поверхностей, с точки зрения тепло-аэродинамических характеристик, практически исчерпаны, при этом дальнейшее увеличение площади теплообмена за счет увеличения длины трубы приводит к увеличению агрегатной мощности вентилятора, металлоемкости и стоимости.

Единственным способом решения, стоящей задачи, представляется поиск новых поверхностей и новых материалов для теплообменных поверхностей. Еще одной важной проблемой возникающей при эксплуатации АВО является загрязненность рабочих оребренных теплообменных поверхностей, которую приходится постоянно мыть и чистить. Это требует больших материальных затрат и специального оборудования [2].

Данным недостатком лишены продольно сварные гофрированные трубы, изготавливаемые из нержавеющей стали с толщиной стенки 0,5 мм, длиной до 50,0 м, с рабочим давлением до 60 МПа. Однако следует отметить, что теплотехнические характеристики необходимые при конструировании теплообменных аппаратов воздушного охлаждения в литературных источниках практически отсутствуют. В частности определение коэффициента теплоотдачи со стороны воздуха рациональнее всего проводить в экспериментальных условиях методом полной теплоотдачи, соответствующим практическим условиям эксплуатации трубных пучков. На основании этого нами был сконструирован опытно-экспериментальный стенд, приведенный на рисунке. Исследования проводились, по специально разработанной методике, и включали изменение угла атаки воздушного потока на теплообменную поверхность. Замеры температур и давлений теплоносителя, скорость и влажность воздуха проводились измерительными комплексами.

Экспериментальные исследования позволили оценить степень влияния различных факторов влияющих на эксплуатацию АВО, скорректировать аэродинамические параметры и оптимизировать процессы конденсации в трубах конденсатора воздушного охлаждения.

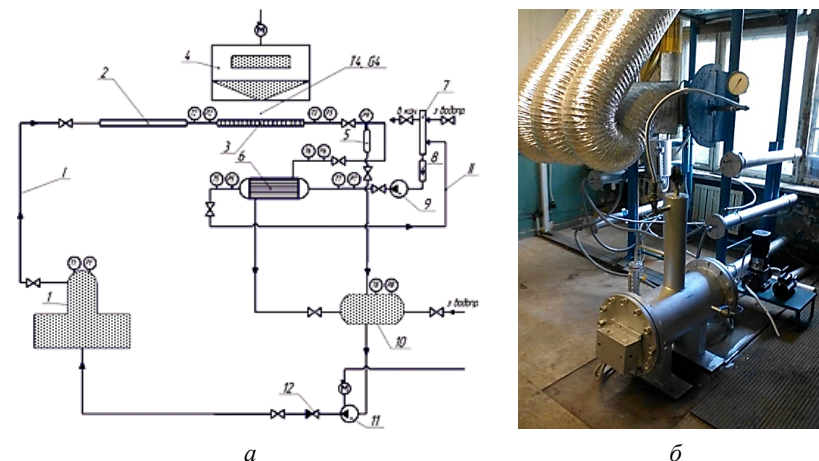


Рисунок. Технологическая схема (а) и общий вид (б) стенда:

I – пароводяной контур; II – водяной контур; 1 – парогенератор; 2 – стабилизационный участок; 3 – испытательный участок; 4 – вентилятор; 5 – мерник; 6 – теплообменник; 7 – дренажная колонка; 8 – ротаметр; 9, 11 – насос.

Кроме того были проведены исследования теплопередачи при движении двухфазных потоков в гофрированных трубах при изменении угла атаки набегающего воздуха, разработана математическая модель для описания процесса протекающего в гофротрубе, проведены расчеты и их верификация с лабораторными замерами на основании чего разработана методика энергосберегающей схемы конденсации водяного пара, внедренная в производство. Результаты исследования использованы: на ПРАТ «БРОТЕП-ЕКО» для расчетов градирен с замкнутым контуром охлаждения при модернизации и создании новых аппаратов; и «Пуховском вентиляционном заводе» проводится модернизацию серийно выпускаемых секций водяных нагревателей/охладителей с повышением температуры теплоносителя до 198 °С. Разработаны рекомендации использования гофротруб для конструирования конденсаторов АВО.

Выводы

Применение системного подхода позволяет оценить степень различных факторов на качество эксплуатации АВО.

Экспериментальные исследования тепловой эффективности с использованием наиболее надежного метода полной теплоотдачи, сохраняющего закон распределения температур на границе потока, позволяет повысить энергоэффективность проектируемых теплообменников/конденсаторов АВО.

Использование гофрированных труб позволяет разработать новые АВО обладающие технологичностью изготовления, улучшенными эксплуатационными качествами, пониженной металлоемкостью и конкурентной ценой.

Список использованной литературы

1. Кунтыш В. Б., Кузнецов Н. М. Тепловой и аэродинамический расчеты ребренных теплообменников воздушного охлаждения. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 280 с.
2. Шарипов М. И., Абдеев Р. Г. Повышение эффективности аппаратов воздушного охлаждения нефтегазовой отрасли совершенствованием методов проектирования и изготовления. Вестник ОГУ № 11/Ноябрь 2008, С. 132–135.

О. І. Сігал, Д. Ю. Падерно, К. О. Корінчук, В. О. Логвин

Інститут промислової екології, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ УТИЛІЗАТОРІВ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ЗА КОТЛАМИ ПОТУЖНІСТЮ БІЛЬШЕ 4 МВт КОТЕЛЕНЬ КП «ХАРКІВСЬКІ ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ» ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ КОТЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Мета роботи: досягнення зниження використання палива (природного газу) котельнями КП «Харківські теплові мережі» за рахунок впровадження утилізаторів теплоти димових газів та інших можливих шляхів підвищення ефективності роботи котельного обладнання.

Інститутом промислової екології були проведені попередні оціночні розрахунки за фактичними техніко-економічними показниками роботи котлів, на підставі яких визначено перелік котлів, за якими потенційно доцільно встановлення утилізаторів теплоти димових газів, та впровадження інших можливих шляхів модернізації котелень для підвищення їх ефективності, в тому числі модернізації котлів з встановленням додаткових подових щілинних пальникових пристроїв для котлів типу ПТВМ, з заміною пальникових пристроїв для котлів ТВГ та КВГ.

За результатами попередніх розрахунків проведено обстеження 22 котелень системи КП «Харківські теплові мережі» з 76 встановленими котлами одиначною потужністю більше 4 МВт з метою визначення технічної можливості встановлення утилізаторів теплоти димових газів за котлами та модернізації котлів.

За результатами обстеження Інститутом промислової екології розроблені рекомендації з доцільності встановлення утилізаторів теплоти димових газів за котлами, а також визначені типи та конструктиви потрібних теплоутилізаторів.

Всього пропонується обладнати утилізаторами теплоти 36 котлів парку КП «Харківські теплові мережі».

З огляду на великий обсяг впровадження та великі капітальні витрати, запропоновано впровадження утилізаторів теплоти на котельнях КП «Харківські теплові мережі» розділити на чотири етапи:

1. Встановлення утилізаторів теплоти з використанням плоскоовальних труб з неповним оребренням типу ВЕФГ (всього 13 утилізаторів теплоти за котлами типів КВГ-6,5, ТВГ-4, ТВГ-8М);

2. Встановлення утилізаторів теплоти з використанням плоскоовальних труб з неповним оребренням типу ВЕФГ за наступних умов (всього 9 утилізаторів теплоти за котлами типів ПТВМ-30М, КВГ-6,5, ТВГ-4, ТВГ-8М):

– для котлів КВГ-6,5, ТВГ-4, ТВГ-8М – за умови позитивної оцінки стану та умов роботи димової труби після введення в експлуатацію теплоутилізатора за котлом, що працює на загальну димову трубу;

– для котлів ПТВМ-30М – за умови реконструкції димової труби.

3. Встановлення конденсаційних теплоутилізаторів виробництва ЗАТ «Enerstena», Литва для котлів великої потужності (більше 50 МВт) типу ПТВМ-50, 100 та 180 (всього 14 утилізаторів теплоти).

4. Дооснащення утилізаторів теплоти з використанням плоскоовальних труб з неповним оребренням конденсаційною секцією типу ВЕФГ (всього 22 утилізатора).

Обсяг необхідних інвестицій для впровадження утилізаторів теплоти на котельнях КП «Харківські теплові мережі» складає:

1. Для впровадження першої черги – 5350 тис. грн.

2. Для впровадження другої черги – 5000 тис. грн.

3. Для впровадження третьої черги – 50 400 тис. грн.

4. Для впровадження четвертої черги – 10 350 тис. грн.

5. Всього – 71 100 тис. грн.

Щорічне заощадження природного газу за рахунок впровадження утилізаторів теплоти на котельнях КП «Харківські теплові мережі» складе:

1. При впровадженні першої черги – 572 тис. м³ або 2574 тис. грн.

2. При впровадженні другої черги – 786 тис. м³ або 3537 тис. грн., з накопичувальним ефектом – 1358 тис. м³ або 6111 тис. грн.

3. При впровадженні третьої черги – 20 406 тис. м³ або 91 827 тис. грн., з накопичувальним ефектом – 21 764 тис. м³ або 97 938 тис. грн.

4. При впровадженні четвертої черги – 3646 тис. м³ або 16 407 тис. грн., з накопичувальним ефектом – 25 410 тис. м³ або 114 345 тис. грн.

Термін окупності впровадження утилізаторів теплоти на котельнях КП «Харківські теплові мережі» становить до 3-х років.

За результатами обстеження встановлено, що всі котли потужністю вище 50 Гкал/год та більшість котлів КВГ та ТВГ мають високий ККД, не потребують капітального ремонту або заміни.

З метою визначення технічної можливості впровадження інших (крім утилізації теплоти димових газів) шляхів модернізації котлів для підвищення їх ефективності, Інститутом промислової екології розроблені рекомендації з доцільності впровадження заходів з модернізації.

Визначені наступні доцільні заходи модернізації котельного обладнання з метою підвищення його ефективності, що пропонуються до впровадження:

- заміна пальникових пристроїв на більш ефективні;
- встановлення пальників з можливістю роботи на малій та великій подачі газового палива, для забезпечення можливості стабільної роботи котлів на низьких навантаженнях;
- встановлення додаткових пальників;
- заміна конвективних поверхонь;
- впровадження систем автоматизації, насамперед автоматизації регулювання за вмістом кисню у димових газах, для оптимізації процесу горіння;
- встановлення додаткового котла у разі значної невідповідності потужності діючих котлів потребам у виробленій тепловій енергії.

Необхідні кошти для впровадження рекомендацій з модернізації котельного обладнання для підвищення його ефективності становлять 17,7 млн. грн.

Впровадження рекомендацій з модернізації котельного обладнання дозволить підвищити його ефективність в середньому на 1,2 %.

Економія природного газу при впровадженні рекомендацій з модернізації котельного обладнання для підвищення його ефективності складе 5,5 млн. м³ або 12,7 млн. грн. щорічно. Термін окупності заходів у сукупності складає 1,4 року.

Усі вартості визначені на час виконання даної роботи (станом на червень – листопад 2014 р.).

При оцінці ризиків, можна зазначити, що зростання цін на обладнання у гривні призведе до збільшення строку окупності заходів. Але враховуючи, що зростання цін на обладнання відбувається на фоні зростання ціни природного газу у гривні, то вплив на строк окупності та доцільність впровадження цих заходів нівелюється. Крім того, уряд задекларував збільшення тарифів на природний газ для населення до

рівня комерційної ціни. У такому випадку строки окупності, зазначені у звіті, є максимальними і реально будуть значно меншими, оскільки 80 % споживачів теплової енергії КП «Харківські теплові мережі» є населення, а проекти стануть більш інвестиційно привабливими.

УДК 536.24:621.184.5

**Н. М. Фіалко, Р. О. Навродська, Г. О. Гнедаш, С. І. Шевчук,
Г. О. Пресіч, О. Ю. Глушак, Г. О. Сбродова**

Інститут технічної теплофізики НАН України

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТІВ КОТЛІВ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ РІВНЯХ ВОЛОГОСТІ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ

Широке впровадження прогресивних теплоутилізаційних технологій у котельній практиці стримується через проблему конденсації вологи у газовідвідних трактах, яка зумовлює їхнє корозійне руйнування. Інтенсивність конденсатоутворення суттєво залежить за інших рівних умов від температури точки роси димових газів, яка в свою чергу визначається виключно вологовмістом цих газів. Зволоження внутрішньої поверхні відвідних газоходів має місце при застосуванні систем теплоутилізації і для традиційних газоспоживальних котлів, що характеризуються зазвичай абсолютною вологістю димових газів на виході $X = 100 \div 150$ г/кг с.г. При використанні теплоутилізаційних технологій зі зволоженням дуттьового повітря відбувається підвищення вологовмісту відхідних газів.

Подавання в пальники котла повітря з підвищеною вологістю, як відомо, пригнічує утворення оксидів азоту в топці котла завдяки зменшенню температури горіння. Таким чином, вказані теплоутилізаційні технології можуть послугуватись покращенню умов довкілля не тільки за рахунок зменшення теплових викидів, але і завдяки зменшенню викидів оксидів азоту [1]. При реалізації цих технологій рівень вологовмісту димових газів на виході із котла становить $X = 150 \div 300$ г/кг с.г.,

що призводить до підвищення точки роси димових газів та посиленню процесів конденсатоутворення у його газовідвідному тракті.

Для запобігання зволоження відвідних газоходів у теплоутилізаційних системах пропонується застосування теплових методів захисту вказаних трактів [2], а саме: методів часткового байпасування частини димових газів повз теплоутилізаційне устаткування, підсушування цих газів після теплоутилізації у теплообмінниках – газопідігрівачах, а також зменшення теплових втрат з поверхні відвідних газоходів та димової труби.

Для визначення безпечних умов експлуатації газовідвідних трактів при застосуванні теплоутилізаційних технологій для підігрівання та зволоження дуттьового повітря з системами теплового захисту вказаних трактів в Інституті технічної теплофізики НАН України проведено дослідження тепловологісного режиму у найвразливішій ділянці цих трактів – усті димової труби. Дослідження виконувались для двох типів близьких за розмірами димових труб – цегляних та металевих в різних режимах роботи котла, що відповідали його відносному навантаженню від 40 до 100 %, при застосуванні комплексів теплових методів, а саме: байпасування та підсушування димових газів після теплоутилізації для цегляних труб і підсушування цих газів та зовнішньої теплоізоляції металеві димової труби.

На рис. 1 наведено графіки залежності температур внутрішньої поверхні $t_{\text{пов}}$ та точки роси t_p в усті цегляної труби від рівня підігрівання димових газів після теплоутилізатора у газопідігрівачі при різних долях байпасування χ відхідних від котла газів повз теплоутилізатор.

Отримані дані показують, що необхідний для запобігання випаденню конденсату рівень підігрівання димових газів Δt^* залежить від навантаження котла Q_k і частки байпасування χ гарячих газів повз теплоутилізатор. Так, зокрема, при номінальному навантаженні котла ($Q_k = Q_n$) для відвернення конденсатоутворення у цегляній трубі величина Δt^* становить 7 та 12 °С при частці байпасування χ – 15 та 10 % відповідно. Для навантаження $Q_k/Q_n = 40$ % рівень підігрівання Δt^* та частка байпасування χ зростають приблизно у 1,5–2,0 рази.

Доречно зазначити, що застосування методу байпасування димових газів може реалізовуватись двома шляхами: пропусканням частини гарячих газів після котла повз теплоутилізатор, або змішуванням димових газів після теплоутилізатора з частиною гарячих газів від інших котлів, що не оснащені системами зволоження дуттьового повітря. Останнє забезпечує максимальну теплопродуктивність теплоутилізаційної установки для підігрівання і зволоження дуттьового повітря.

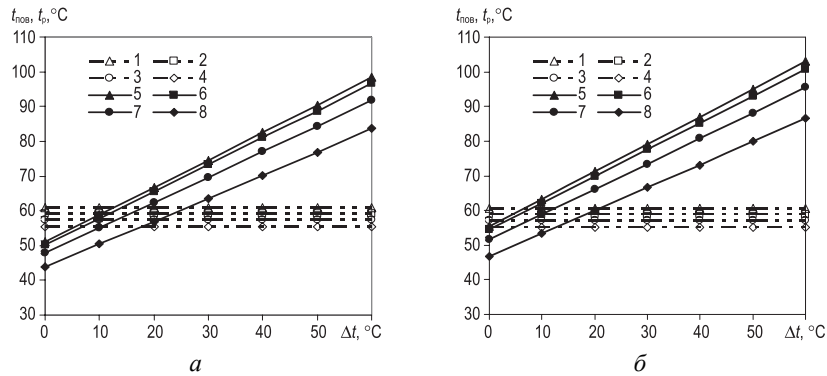


Рис. 1. Залежність температури внутрішньої поверхні $t_{\text{пов}}$ в усті цегляної димової труби (5–8) та точки роси t_p (1–4) від рівня підігрівання газів Δt у газопідігрівачі при різних відносних навантаженнях котла Q_k/Q_n та часток байпасування χ : $a - \chi = 10\%$; $b - \chi = 15\%$; 1, 5 – $Q_k/Q_n = 100$; 2, 6 – 80; 3, 7 – 60; 4, 8 – 40 %.

Що стосується металевої димової труби, то розрахункові дані стосовно ефективності застосування комплексу методів підсушування димових газів та теплоізоляції цієї труби наведено на рис. 2. Як свідчать отримані дані, необхідний для безпечної експлуатації димової труби рівень підігрівання газів Δt^* суттєво залежить окрім навантаження котла також від властивостей теплоізоляції, характеристики якої наведено в таблиці.

Наприклад, при застосуванні плит Термолайф Техізол 75 з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,037$ Вт/(м·К) значення величини Δt^* коливається в межах 7–8 °С, а для матеріалу PAROC Fire з меншими теплоізоляційними властивостями, $\lambda = 0,065$ Вт/(м·К), необхідні значення Δt^* зростають і відповідають діапазону 20–22 °С.

Таким чином, аналіз результатів виконаних досліджень показав, що при застосуванні комплексу теплових методів для цегляної димової труби необхідний максимальний рівень підігрівання газів становить 18–12 °С відповідно до частки байпасування 10–15 %, а для теплоізольованої металевої труби – 7–22 °С в залежності від типу використаної теплоізоляції.

Отримані результати є дуже важливими для організації безпечних умов експлуатації газовідвідних трактів котельних установок з системами теплоутилізації, призначеними для підігрівання та зволоження дуттьового повітря. Застосування даних систем забезпечує підвищення коефіцієнта використання теплоти палива котла на 5–12 %, зменшення викидів двооксиду вуглецю на 5–12 % та оксидів азоту до 50 %.

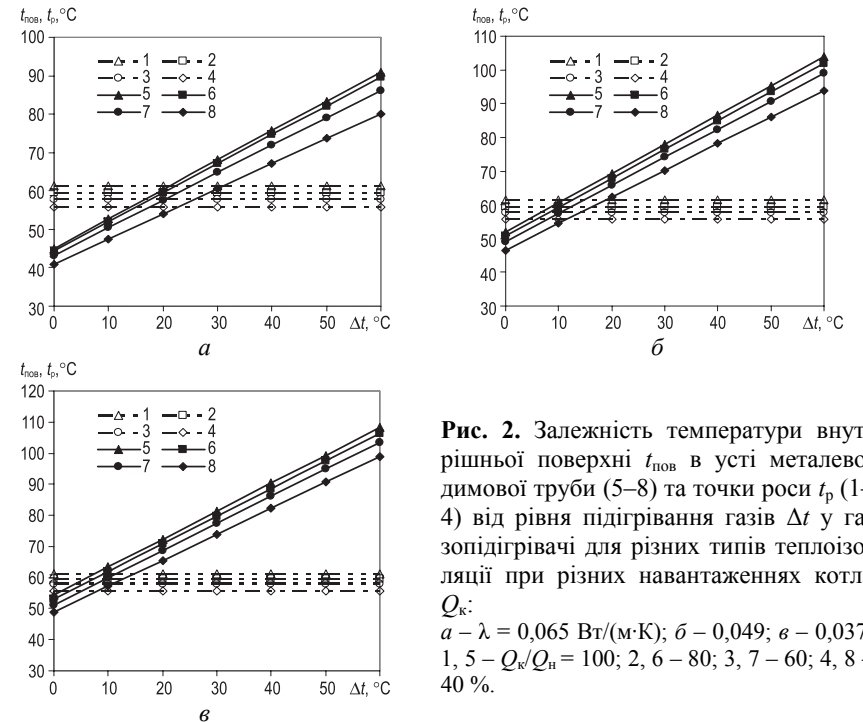


Рис. 2. Залежність температури внутрішньої поверхні $t_{\text{пов}}$ в усті металевої димової труби (5–8) та точки роси t_p (1–4) від рівня підігрівання газів Δt у газопідігрівачі для різних типів теплоізоляції при різних навантаженнях котла Q_k : $a - \lambda = 0,065$ Вт/(м·К); $b - 0,049$; $v - 0,037$; 1, 5 – $Q_k/Q_n = 100$; 2, 6 – 80; 3, 7 – 60; 4, 8 – 40 %.

Таблиця

Характеристики теплоутилізаційних матеріалів

Тип теплоізоляції	Щільність, кг/м ³	Довжина, м	Ширина, м	Товщина, м	Теплопровідність, Вт/(м·К)
Плити (рулони) мінерало-ватні Термолайф Техізол 75	60	1,0	0,6	0,04–0,15	0,037
Плита мінераловатна на синтетичному зв'язуючому марки 125 за ГОСТ 9573-96	125	від 1,0	0,5	0,05–0,20	0,049
Плита PAROC Fire Slab 90 AluCoat	90	від 1,2	0,6	0,03–0,10	0,065

Список використаної літератури

1. Сигал А. И. Влияние влаги в дутьевом воздухе на эффективность работы котлов промышленной и коммунальной энергетики // Теплоэнергетика. – 2004. – № 12. – С. 34–37.

2. Фиалко Н. М., Навродская Р. А., Шевчук С. И., Пресич Г. А., Гнедаш Г. А., Глушак О. Ю. Тепловые методы защиты газоотводящих трактов котельных установок с глубоким охлаждением дымовых газов // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – 2014. – № 2 (15). – С. 13–17.

УДК 66.074.2

І. А. Вольчин

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, м. Київ

МАЛОЗАТРАТНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ СІРКИ ПРИ СПАЛЮВАННІ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА

Вугільні котли, які встановлені на теплових електростанціях та котельнях України, відносяться до основних джерел викиди сірчистого ангідриду SO₂. На частку теплоенергетики України припадає більше 75 % загальнонаціональних викидів діоксиду сірки [1]. Вугілля українських родовищ має вміст сірки від 0,8 до 4,1 % [2]. Для зменшення шкідливого впливу SO₂ на довкілля вводяться обмеження його вмісту в димових газах.

В Україні наказом Мінприроди від 27.06.2006 № 309 було затверджено граничне значення вмісту SO₂ для стаціонарних джерел викиду 500 мг/м³, що є дуже жорсткою вимогою для вугільних котлів.

В Європейському Союзі підходить до завершального етапу підготовка Директиви щодо обмеження викидів від малих спалювальних установок номінальною тепловою потужністю від 1 до 50 МВт [3]. Згідно проекту Директиви при спалюванні вугілля граничне значення викиду SO₂ становитиме 1100 мг/м³ для котлів номінальною тепловою потужністю від 1 до 20 МВт та 400 мг/м³ – для котлів номінальною тепловою потужністю від 20 до 50 МВт. При спалюванні біомаси гранична концентрація діоксиду сірки буде 200 мг/м³, а при спалюванні соломи – 300 мг/м³.

Концентрація діоксиду сірки в димових газах, насамперед, залежить від характеристики палива. Її очікуване значення може бути розрахована за формулою [4]:

$$C_{SO_2} = \frac{1}{0,358} \frac{10^6}{Q_i^r} \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta),$$

де Q_i^r – нижча теплота згоряння на робочий стан палива, МДж/кг;
 S^r – вміст сірки на робочий стан палива, %;

η_I – ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом у установці спалювання;

η_{II} – ефективність очистки димових газів від оксидів сірки;

β – коефіцієнт роботи сіркоочисної установки.

Аналіз сертифікатів на вугільну товарну продукцію, що надходить в на електростанції з шахт та збагачувальних фабрик Донбасу, дозволив отримати квазілінійні емпіричні формули розрахунку очікуваної концентрації діоксиду сірки після котла, кривдженої до нормальних умов та стандартного вмісту кисню в сухому газі 6 %, за даними технічного аналізу палива вмісту сірки S^d та золи A^d на сухий стан палива) для марок вугілля різного ступеня метаморфізму та котлів з рідким та твердим (сухим) шлаковидаленням [4], які наведено в таблиці.

Таблиця

Емпіричні залежності концентрації SO₂ від вмісту сірки та золи

Шлаковидалення	Марка вугілля	Залежність
Рідке	А і П	$c_{SO_2} = S^d \cdot (1500 + 25 \times A^d)$
Рідке	Г, ДГ і Д	$c_{SO_2} = S^d \cdot (1500 + 35 \times A^d)$
Тверде	А і П	$c_{SO_2} = S^d \cdot (1400 + 24 \times A^d)$
Тверде	Г, ДГ і Д	$c_{SO_2} = S^d \cdot (1400 + 31 \times A^d)$

Попередні розрахунки показують, що для досягнення вихідної концентрації діоксиду сірки менше 1100 мг/м³ після котла без сіркоочищення, якщо зольність вугілля марки Г і ДГ A^d дорівнює 24 %, вміст сірки S^d не повинен перевищувати 0,47 %. Такого вугілля в Україні немає, тому на вугільних котлах потрібно застосовувати установки десульфуризації.

Європейська практика показує, що для малих спалювальних установок основним заходом зменшення викиду забруднюючої речовини є перехід на паливо, в результаті спалювання якого утворюється менше викидів (наприклад, біомасу, яка має низький вміст сірки), або на технологію спалювання з низькими викидами (наприклад, котли киплячого шару), або на вугілля з низьким вмістом сірки, коли застосування

малозатратних технологій з невисокою ефективністю достатньо для додержання природоохоронних вимог [5]. Критерії відбору потрібних технологій сіркоочищення, описаних в роботах [5] і [6], будуть такі:

- Необхідна ефективність сіркоочищення
- Низькі капітальні витрати
- Низькі експлуатаційні витрати
- Вартість і доступність сорбенту
- Утилізація отриманого субпродукту

Як приклад, на рисунку представлено принципіальну схему установки напівсухої амонійної десульфуризації з ефективністю до 96 % [7].

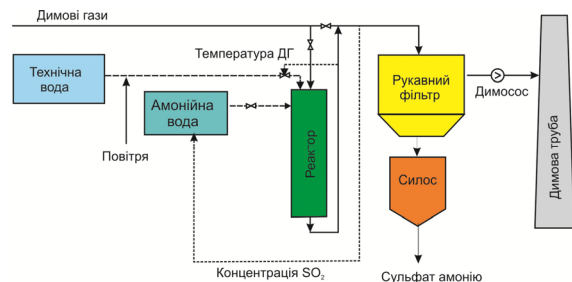


Рисунок. Принципіальна схема напівсухої амонійної десульфуризації.

В якості сорбенту використовуються краплі розчину гідроксиду амонію NH_4OH . Уся введена в реактор волога висихає за рахунок тепла димових газів, тому немає проблеми обробки стічних вод, а в рукавному фільтрі уловлюється порошок утвореного продукту – сульфату амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, який є мінеральним добривом.

Список використаної літератури

1. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України / І. А. Вольчин, Н. І. Дунаєвська, Л. С. Гапонич, М. В. Чернявський, О. І. Топал, Я. І. Засядько. – К.: Гнозіс, 2013. – 308 с.
2. Энергетическое топливо СССР (ископаемые угли, горючие сланцы, мазут и горючий природный газ): Справочник / В. С. Вдовченко, М. И. Мартынова, Н. В. Новицкий, Г. Д. Юшина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 184 с.
3. Proposal for a Directive of the of the European Parliament and of the Council on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants – on 05 December, 2014. www.europa.eu.
4. Вольчин И. А., Гапонич Л. С. Оценка концентрации диоксида серы на пылеугольных ТЭС, сжигающих донецкие угли // Электрические станции. – 2014. – № 3. – С. 25–28.

5. Integrated pollution prevention and control. Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. European Commission. Institute for Prospective Technological Studies (Seville). July 2006 – 607 p. (www.ipts.jrc.ec.europa.eu).

6. Вольчин І. Сухі методи десульфуризації та теплоенергетика України // Енергетика та електрифікація. – 2010. – № 1. – С. 14–23.

7. Сучасні розробки Інституту вугільних енерготехнологій Національної академії наук України для теплової енергетики / О. Ю. Майстренко, Ю. П. Корчєвой, О. І. Топал, М. В. Чернявський, І. А. Вольчин, Н. І. Дунаєвська, О. М. Дудник. – К.: Гнозіс, 2014. – 224 с.

УДК 621.928.93

С. В. Плашихін, М. В. Семенюк

*Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ,
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ*

ОЧИСТКА ГАЗОВИХ ВИКИДІВ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ В ЦИКЛОННОМУ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІ

Сушка шпалер на ПАТ «Слов'янські шпалери – КФТП» відбувається в сушильній установці BRUCKNER, яка має шість перемішуючих вентилятори з підігрівачами повітря. Підігрів здійснюється високотемпературним органічним теплоносієм. В процесі сушки виділяються вода та органічні з'єднання, що входять до складу фарб та покриттів, а також поліестеровий гліттер.

Для очистки газових викидів сушильної установки від твердих часток поліестерового гліттеру на замовлення ПАТ «Слов'янські шпалери – КФТП» було спроектовано та впроваджено у виробництво три циклонних пиловловлювача з діаметром внутрішнього корпусу 800 мм та з проектними витратами очисних газів 4 тис. $\text{m}^3/\text{год}$, причому два пиловловлювачі були обладнані водяним охолодженням зовнішнього корпусу. Обладнання циклонного пиловловлювача водяним охолодженням було проведено з метою зняття теплового навантаження з цехового приміщення.

Промислові випробування циклонного пиловловлювача виконувалися в системі аспірації сушильної машини шпалер шляхом підключення пиловловлювача в цю систему. Також в газоходах до та після циклонного пиловловлювача були врізані необхідні штуцера для відбору проб концентрації пилу, тиску та витрат.

В процесі промислових випробувань визначалися: аеродинамічний опір апарата, температура газового потоку на вході і виході з апарата, витрата газового потоку, концентрація пилу в газовому потоці на вході і виході з апарата.

Вимірювання тиску (розрядження) проводилося за допомогою пневмометричної трубки НДЮГАЗ та диференціального мікроманометра «TESTO 435». Вимірювання температури проводилося електронним міні термометром фірми «TESTO». Вимірювання концентрації пилу в газовому потоці проводилося за стандартною методикою МВВ-081/12-0161-05.

Результати промислових випробувань циклонного пиловловлювача в системі аспірації сушильної машини шпалер наведені в таблиці.

Таблиця

Результати промислових випробувань циклонного пиловловлювача в системі аспірації сушильної машини шпалер на ПАТ «Слов'янські шпалери – КФТП»

?	Без водяного охолодження (рис. 1, а)	З водяним охолодженням (рис. 1, б)
Витрата газового потоку Q , м ³ /год	3200	4056
Температура газового потоку на вході t , °С	101	130
Температура газового потоку на виході t , °С	87	120
Аеродинамічний опір апарата ΔP , Па	643	838
Концентрація пилу в газовому потоці на виході C , мг/м ³	2,4	2,42
Ефективність вловлювання пилу, %	94	94,2

В результаті промислових випробувань було встановлено, що ефективність вловлювання поліестерового гліттеру в циклонному пиловловлювачі склала 94 % (циклонний пиловловлювач без водяного охолодження) та 94,2 % (циклонний пиловловлювач з водяним охолодженням) при гідравлічному опорі 643 Па та 838 Па.

Необхідно відмітити, що до встановлення циклонного пиловловлювача в систему аспірації сушильної машини шпалер, в даній системі аспірації була відсутня будь-яка система пилоочищення.

В процесі роботи циклонного пиловловлювача було також зафіксовано розділення гетерогенного газового потоку на рідку (рис. 2,

а) і тверду (рис. 2, б) складову, причому, рідка фракція осаджувалася в зовнішньому бункері циклонного пиловловлювача, а тверда у внутрішньому. Причому, у випадку циклонного пиловловлювача з водяним охолодженням зовнішнього корпусу, вся рідка фаза осідає в зовнішньому бункері, а 99% твердої фази – у внутрішньому бункері.

Висновок

В результаті даної роботи на ПАТ «Слов'янські шпалери – КФТП» в систему аспірації сушильної камери шпалер було встановлено циклонний пиловловлювач з проектними витратами очисних газів 4 тис. м³/год. Коефіцієнт вловлювання твердих частинок пилу поліестерового гліттера в циклонному пиловловлювачі склав 94,2%, при аеродинамічному опорі 838 Па. Охолодження стінки зовнішнього корпусу на 10 °С призвело до утворення маслянистого конденсату з димових газів, що накопичується у зовнішньому бункері. У внутрішньому бункері осаджуються тверді частинки у сухому вигляді. Таким чином було досягнуто розділення фаз газового потоку.



а б

Рис. 1. Циклонний пиловловлювач, впроваджений на ПАТ «Слов'янські шпалери – КФТП»:

а – без водяного охолодження; б – з водяним охолодженням.



а б

Рис. 2. Розподіл вловленого поліестерового гліттеру і маслянистої рідини по бункерах циклонного пиловловлювача з водяним охолодженням:

а – розвантаження зовнішнього бункера; б – розвантаження внутрішнього бункера.

М. В. Семенюк, С. В. Плашихін, Д. О. Серебрянський

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ,
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛОВЛЮВАННЯ ТВЕРДИХ ЧАСТОК У ВІДЦЕНТРОВОМУ ФІЛЬТРІ

Необхідним етапом сучасних наукових досліджень є застосування новітніх комп'ютерних технологій, що забезпечують визначення необхідних характеристик апаратів на стадії проектування.

Метою комп'ютерного моделювання апарату є визначення ефективності вловлювання твердих часток різного матеріалу у восьмиканальному відцентровому фільтрі.

В якості граничних умов аеродинамічних характеристик відцентрового фільтра на вході задавалися витрати повітря $Q_{\text{вх}}$, м³/год, температура газового потоку t , °С, густина газового потоку ρ , кг/м³, динамічна в'язкість газового потоку $\mu \cdot 10^{-5}$, Па·с, а на виході задавався статичний тиск $P_{\text{ст.вих}}$, МПа. Вихідні умови до розрахунків наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні умови до розрахунку аеродинамічних характеристик апарата

$Q_{\text{вх}}$, м ³ /год	t , °С	$\rho_{\text{газу}}$, кг/м ³	$\mu_{\text{газу}} \cdot 10^{-5}$, Па·с	$P_{\text{ст.вих}}$, Па
200	20	1,9	1,32	101 325

При проведенні досліджень через апарат пропускався потік повітря з витратою 200 м³/год та подачею твердих часток 300 г/хв. Дослідження проводились при стаціонарній концентрації суміші 100 г/м³. Вловлювання часток відбувалося в 4 парах каналів різного радіуса кривизни.

В якості матеріалів в моделюванні були використані тверді частинки коксу, каоліну, вапна, цементу, лігніну та піску. Матеріали, що використовувались при проведенні комп'ютерного моделювання, мають діапазон медіанного діаметра (d_{50}) 12–50 мкм і густини (ρ_n) 1800–3450 кг/м³. В табл. 2 показано характеристики матеріалів та наведені результати комп'ютерного моделювання ефективності вловлювання часток.

Характеристики матеріалів та результати комп'ютерного моделювання ефективності вловлювання часток

Параметри	Матеріал					
	кокс	каолін	вапно	цемент	лігнін	пісок
Густина (ρ_n), кг/м ³	3450	3300	3260	3200	2300	1800
Медіанний діаметр часток (d_{50}), мкм	12	15	17	20	30	50
Ефективність вловлювання, %	87,4	90,3	95,8	97	98,5	99,9

З таблиці 2 видно, що при збільшенні медіанного діаметра часток від 12 до 50 мкм і густини від 1800 до 3450 кг/м³, ефективність вловлювання твердих часток зростає від 87,4 % до 99,9 %. Висока ефективність вловлювання часток відбувається за рахунок розвиненої площі осадження в сепараційній камері та рециркуляція матеріалу між каналами відцентрового фільтра.

На рисунку показано міграція та швидкість руху твердих часток в об'ємі восьмиканального відцентрового фільтра.

З рисунку можна помітити, що швидкість руху твердих часток вапна в сепараційній камері майже не змінюється і складає 18–25 м/с. Досягаючи бункеру, частинки різко втрачають швидкість до 5–10 м/с і осідають під дією сили тяжіння. На виході частинки розкручуються і мають швидкість 30–40 м/с.

Висновки

1. Було проведено комп'ютерне моделювання твердих часток різного матеріалу та визначено ефективність їх вловлювання у восьмиканальному відцентровому фільтрі.

2. Виявлено, що при збільшенні медіанного діаметра часток від 12 до 50 мкм і густини від 1800 до 3450 кг/м³, ефективність вловлювання твердих часток зростає від 87,4 % до 99,9 %.

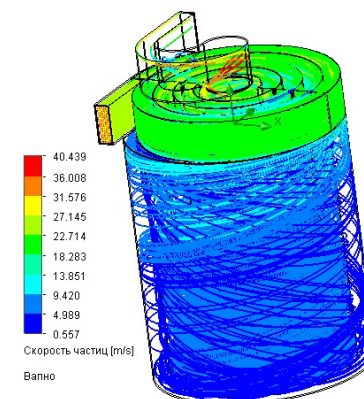


Рисунок. Міграція та швидкість руху часток вапна в об'ємі апарата.

ОДО «Первомайскдизельмаш», г. Первомайск, Николаевская область

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КГУ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА ПРОИЗВОДСТВА ОДО «ПЕРВОМАЙСКДИЗЕЛЬМАШ»

ОДО «Первомайскдизельмаш» машиностроительное предприятие, более 100 лет специализирующееся на производстве двигателей внутреннего сгорания, а в последние годы на их базе энергоэффективных когенерационных установок (КГУ) с использованием в качестве моторного топлива природного и попутного нефтяного газа, шахтного газа метана, пиролизного газа, топлив из масел растительного происхождения, биогаза и других альтернативных его видов, в том числе из местных возобновляемых источников энергоресурсов.

Предприятие имеет практический опыт их применения и эксплуатации:

- в Украине на одной из шахт электрической мощностью 400 кВт эксплуатируется на шахтном газе метане, получаемом в процессе дегазации подземных выработок;
- в Латвии 5 шт. электрической мощностью по 490 кВт с использованием пиролизного газа, получаемого в процессе газификации древесных отходов от лесозаготовок;
- в Италии 4 шт. электрической мощностью от 320 до 900 кВт с использованием пальмового масла, и параллельно заказчиком ведутся работы, по получению биодизельного топлива из водорослей. Для ускорения воспроизводства микроводорослей будет использоваться углекислый газ, содержащийся в отработанных выхлопных газах от тех же КГУ;
- во Вьетнаме 50 шт. по 500 кВт с использованием попутного нефтяного газа;
- на судах неограниченного района плавания с использованием тяжелых видов моторных топлив.

По результатам одной из последних разработок на предприятии создан типоразмерный ряд биогазовых когенерационных установок с использованием биогаза, получаемого в процессе переработки биомассы, для комплексной выработки электроэнергии, мощностью: 500, 630

и 800 кВт и тепловой энергии соответственно: 0,62; 0,77 и 0,90 Гкал/час, которая образуется в процессе утилизации теплоты охлаждения двигателя и выхлопных газов.

При создании данных КГУ были применены новые технические решения, позволяющие использовать биогаз с низким давлением от 0,1 кгс/см² и с минимальной концентрацией содержания в нем метана до 50 %, предварительно формировать рабочую смесь и обеспечить ее подачу в камеру сгорания. Данные задачи обеспечивались благодаря применению системы автоматического управления соотношением воздух–топливо, гибко реагирующего на переменные параметры поступающего топлива и встроенного электронно-цифрового регулятора частоты вращения. Установленная на двигатель-генераторе усовершенствованная электронная система зажигания повысила полноту сгорания топлива на частичных и номинальной нагрузках, что позволило на 10 % снизить его удельный расход. А за счет форсировки двигателя по частоте вращения коленчатого вала, оптимизации рабочего процесса двигателя и применения новой конструкции теплоутилизатора выхлопных газов, достигнуто повышение агрегатной мощности КГУ на 20 %.

В конструкции КГУ применены базовые детали с использованием прогрессивных методов поверхностного упрочнения по повышению механических свойств. К примеру, новые технологии обработки поверхностей шеек коленчатого вала и поршней сложной формы позволили повысить надежность и ресурс работы двигателя до капремонта до 80 тысяч часов. Внедрение современных технических решений в конструкцию КГУ в целом обеспечило высокоэффективное использование топлива и позволило довести КПД установки до 92 %. По всем перечисленным показателям КГУ не уступают лучшим мировым аналогам.

По результатам выполненной опытно-конструкторской работы зарегистрирован патент на полезную модель.

В целом продукция предприятия получила положительное заключение санитарно-эпидемиологической экспертизы в Украине и выпускается по ТУ, зарегистрированными в Госпотребстандарте Украины, а также сертифицирована в России и Республике Беларусь на соответствие стандартам по безопасности.

В 2012 году решением Государственного агентства по энергоэффективности и энергосбережения Украины выпускаемые предприятием когенерационные установки отнесены к энергосберегающему товару, по коду товара в соответствии с утвержденным национальным отраслевым классификатором.

Как известно необходимость использования альтернативных видов топлив продиктована ограниченностью запасов ископаемого топлива и резким скачком цен на энергоносители.

Согласно Национальному плану действий в области возобновляемой энергетики на период до 2020 года [1] в Украине производство электроэнергии с использованием биогаза к 2020 г. должно составить 1270 ГВт·ч (или 0,58 % к общему объему ее производства, что должно быть в 100 раз больше чем это было произведено в 2013 году), а установленная мощность биогазовых электростанций должна быть доведена до 290 МВт, в том числе и с применением мини электростанций на базе когенерационных установок.

Наиболее перспективной сферой для строительства и использования когенерационных установок производства ОДО «Первомайскдизельмаш» является агропромышленный комплекс (в частности, животноводство, сахароварение и спиртовая промышленность), поскольку эти предприятия являются и «производителями» сырья для биогаза, и потребителями энергии. Кроме того, многие объекты агропромышленного комплекса строятся вдалеке от газопроводов и линий электропередач, а следовательно нередко нуждаются в автономном источнике энергоснабжения, которыми должны стать выпускаемые предприятием когенерационные установки.

Применение биогаза имеет ряд преимуществ перед природным газом, а именно:

1. Биогаз производится из биологического сырья, следовательно, производство и сжигание является частью естественного цикла углерода, и не приводит к его накоплению в атмосфере и к парниковому эффекту.

2. Биогаз – возобновляемый источник энергии, то есть он никогда не иссякает и Украина обладает значительным потенциалом для его производства.

3. Биогаз производится в непосредственной близости к потребителю, сырье для его производства также находится рядом, и нет необходимости транспортировать газ на большие расстояния.

4. И еще один фактор. Украина имеет обязательства перед Европейским Энергетическим Сообществом увеличить долю ВИЭ в энергобалансе к 2020 году до 11 % (по итогам 2013 года только 0,64 %), это обязывает вести развитие альтернативной энергетики более интенсивнее, чем традиционную.

Практический опыт внедрения и расчетные данные свидетельствуют, что окупаемость капитальных затрат на внедрение когенерацион-

ного оборудования составляет до 5 лет, а с учетом существующих преференций:

- «зеленого» тарифа (согласно ст. 17-1 ЗУ «Об электроэнергетике» $k = 2,3$);
- льготного налогообложения прибыли (50 % на 5 лет – от деятельности при внедрении и использовании энергоэффективных технологий согласно ст. 158.2 НКУ);
- льгот по налогу на землю (25 % от установленного- для предприятий возобновляемой энергетики согласно ст. 276.6 НКУ);
- целевой надбавки к тарифу (согласно ст. 9 ЗУ «О когенерации»), срок окупаемости будет еще меньше.

Экологический эффект оценивается в снижении выбросов парниковых газов.

Утилизация биогаза в количестве 1 млн. м³ в год дает снижение выбросов парниковых газов на 8,3 тыс. т в CO₂-экв., а замещение традиционной выработки электроэнергии на когенерацию с 1 МВт установленной мощности позволяет снизить еще дополнительно до 3,3 тыс. т CO₂-экв. в год.

На рынке торговли квотами на выброс парниковых газов в рамках механизмов Киотского протокола, такое сокращение выбросов оценивается минимум в 10–20 тыс. долл. США.

Социальный эффект определяется количеством созданных новых рабочих мест, как связанных с обслуживанием биогазовых когенерационных установок так и с выращиванием, переработкой биосырья. В итоге получаем товар с высокой добавленной стоимостью в виде электроэнергии и тепла, а в аграрном секторе дополнительная занятость свободной рабочей силы и наполнение бюджетов, а также сокращение зависимости от внешнего сектора энергетики. К примеру, в Германии сектор биоэнергетики позволил создать 122 тыс. рабочих мест.

Проверенные практикой когенерационные установки производства ОДО «Первомайскдизельмаш», благодаря высоким показателям надежности, простоте в обслуживании, техническими усовершенствованиям к требованиям рынка и приспособленные к работе на различных видах топлива, сегодня могут широко применяться:

- в районах угледобычи с использованием шахтного газа метана;
- на объектах нефтедобычи с использованием попутного нефтяного газа;
- при эксплуатации малодобитных месторождений газа не имеющих промышленного значения;

- на металлургических предприятиях с использованием ферросплавного, коксового, доменного газов;
- в агропромышленном комплексе, по производству животноводства и птицеводства, жиркомбинатах и перерабатывающих предприятиях пищевой промышленности, при производстве биогаза из биомассы;
- на предприятиях, располагающих биодизельным топливом из масел растительного происхождения;
- на предприятиях, располагающими углеводородосодержащими отходами за счет их газификации (древесина, бытового свалочный мусор, уголь, торф, отходы энергетических растений), с использованием пиролизного, синтез газа, биогаза.

Имея многолетний опыт, квалифицированные кадры, различное технологическое оборудование, опытно-конструкторские наработки ОДО «Первомайскдизельмаш» открыто для взаимовыгодного сотрудничества в области поставок когенерационных установок в требуемой комплектности и исполнения, и готово найти для каждого потребителя оптимальное решение в области обеспечения энергией и теплом.

Список використаної літератури

1. Распоряжение КМУ от 01.10.2014 г. № 902-р.

УДК 33.013.6

В. Я. Меллер

ПКФ «Экопрон-Юг» г. Днепропетровск

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТБО

В последние годы термические методы переработки ТБО получили новый импульс для развития, связанный с тем, что сжигание отходов с выработкой энергии позволяет не только экономить органическое топливо, но и снижать выбросы парниковых газов. Ежегодно только в Европе сжигается 58,2 млн. т коммунальных отходов с выработкой 23,4 млрд. кВт·ч электроэнергии и 58,5 млрд. кВт·ч тепловой энергии. При этом ежегодно экономится 6–32 млн. т органического топлива и снижаются выбросы CO₂ на 16–32 млн. т.

В этой связи мировая тенденция роста количества предприятий и объемов сжигаемых на них отходов остается неизменной. Общее количество сжигаемых отходов за период с 2007 по 2012 год в целом по странам ЕС увеличилось на 12,6 млн. т в год (построено около 100 заводов).

В последнее время намечено строительство новых современных заводов и в США (планируется ввод 4 новых объектов с увеличением количества сжигаемых ТБО на 1 млн. т). В Форт Мейерсе (штат Флорида) в 2007 г. пущена в эксплуатацию новая установка, производительностью более 600 т отходов в сутки, первая установка за последние 11 лет. В конце 2006 г. компания «Covanta» получила разрешение от графства Хилсборо (штат Флорида) на расширение своего завода Тампа путем ввода в эксплуатацию дополнительной линии производительностью около 540 т ТБО в сутки.

Наиболее динамично развивающейся страной в мире на сегодняшний день является Китай. Ниже приведем данные, как планируют решать проблемы ТБО в этой стране.

Китай собирается увеличить объем ежедневной обработки отходов на 400 000 т за пятилетний период. Планируются новые инвестиции в сектор в размере 140 миллиардов юаней (\$ 22 US миллиарда), принося полные расходы на вывоз отходов к 260 миллиардам юаней (\$ 41 US миллиард).

В СССР термическая переработка ТБО началась в 1972 г. с вводом в Москве первого спецзавода МСЗ № 1. В дальнейшем в Москве были введены в эксплуатацию еще два мусоросжигательных предприятия. Мусоросжигательный завод № 2 производительностью 73 тыс. т в год был построен в 1974 году. Он имел две технологические линии, включающие в себя оборудование французской фирмы «KNIM». В 1984 году введен в эксплуатацию в Москве самый крупный на тот период мусоросжигательный спецзавод № 3, основное технологическое оборудование для которого поставила фирма «Volund» (Дания). Производительность каждой из четырех технологических линий составляла 12,5 т сжигаемых отходов в час. Отличительная особенность каждой линии – дожигательный барабан, установленный за каскадом наклонно-переталкивающих колосниковых решеток.

Значительным событием в развитии мусоросжигания в СССР было приобретение в 1973 году предприятием «ЧКД–Дукла» (Чехословакия) у фирмы «Дойче–Бабкок» (ФРГ) лицензию на изготовление мусоросжигательного котла с валковой колосниковой решеткой. Это позво-

лило принять решение о широкомасштабном строительстве в странах СЭВ мусоросжигательных заводов. В СССР были построены и введены в эксплуатацию мусоросжигательные заводы в крупных городах (Москве, Киеве, Днепропетровске, Харькове), курортных городах с дефицитом площадей под свалки (Сочи, Пятигорске, Севастополе – для Большой Ялты) и в районах крайнего Севера, где естественное биоразложение отходов на полигонах из-за низких температур затруднено (Мурманске). Были планы строительства также заводов в Донецке, Ростове, Кишиневе, Куйбышеве (Самаре), однако по ряду причин, в основном из-за несовершенства предлагаемого газоочистного оборудования – электрофильтр, построены не были. По этой же причине часть уже построенных заводов к середине 90-х годов прошлого века была закрыта. Дело в том, что все договора о закупке заводов и соответственно поставляемое оборудование заключались в конце 70-х начале 80-х годов. Предполагалось, что на этих заводах будет сжигаться мусор с морфологическим составом, который имели твердые бытовые отходы на тот период времени.

Следует отметить, что в дальнейшем развитие мусоросжигание получило только в Москве. В 2000 г. проведена реконструкция (а по сути, новое строительство на старой площадке) спецзавода № 2 с увеличением мощности завода до 130 тыс. т отходов в год. В 2003 г. был построен новый спецзавод № 4, на котором была реализована новая для СНГ технология сжигания твердых бытовых отходов в кипящем слое (поставщик оборудования – немецкая фирма «Helter»). В 2008 году в Москве введен в эксплуатацию мусоросжигательный завод мощностью 360 тыс. т/год (генподрядчик – австрийская фирма EVN).

Следует подчеркнуть, что твердые бытовые отходы (ТБО) – это топливо, которое не будет исчерпано до тех пор, пока существует человечество. Общеизвестно, что ТБО по своим характеристикам вписывается в обобщенную диаграмму естественных видов твердого топлива.

При среднем количестве бытового мусора, выбрасываемого каждым жителем Украины, равном примерно 0,25–0,30 т/год, ежегодное поступление бытовых отходов составляет более 10 млн. т.

Если принять среднюю теплоту сгорания ТБО равной 1550 ккал/кг, то общее количество тепла, которое можно получить при их сжигании, составит около 15 млн. Гкал/год.

Если же часть тепла в виде пара направить в паровые турбины, то дополнительно можно получить электроэнергию. Сошлемся на опыт

развитых стран. Так, например, завод в юго-восточной части Лондона при сжигании 450 тыс. т отходов в год на мусоросжигательном заводе вырабатывает 32 МВт энергии, которая поступает в национальную энергосистему.

Иллюстрацией этого тезиса может служить система переработки отходов, действующая в Стокгольме, получившем в 2010 году звание экологической столицы Европы. О ней рассказала менеджер по стратегическим проектам «Фортум» Олеся Говорина. Мусоросжигательный завод Ходгалена не только перерабатывает отходы, но и занимается комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии. Жители Стокгольма производят в год порядка 450 тыс. т бытового мусора, 55 % твердых бытовых отходов (ТБО) поступает на мусоросжигание, остальное используется как вторичное сырье. За счет сжигания отходов в Ходгалене в 2009 году было выработано 1380 ГВт·ч электроэнергии (135 млн. литров в нефтяном эквиваленте). Подобного количества нефти достаточно, к примеру, для того, чтобы заправлять дизельным топливом 80 тыс. автомобилей в течение года. Производственная деятельность на мусоросжигательном заводе регулируется большим количеством нормативных актов, в частности Директивой по мусоросжиганию Натурвардсверкет (шведское Агентство по защите окружающей среды), которая основана на Директиве ЕС по мусоросжиганию. Фактически объемы вредных выбросов в атмосферу в Ходгалене являются гораздо меньше нормативных. Так, нормативное предельное значение выбросов NO_x в ЕС составляет 45 мг/МДж, в России – 52 мг/МДж, фактически же мусоросжигательный завод выбрасывает 38 мг/МДж.

Отходы как топливо используют во всем мире. Например, Швейцария (80 %), Дания (80 %), Япония (90 %), Франция (65 %), Германия (60 %) и т. д.

Энергетические аспекты сжигания

Теплотворная способность бытовых отходов сравнима с аналогичными показателями, а в развитых странах почти равна, таких топлив как бурый уголь, торф. Она всего в 3,0–3,5 раза ниже, чем у природного газа. В условиях дефицита топливных ресурсов и высоких цен на газ и нефтепродукты не использовать «дармовое», многотоннажное, непрерывно возобновляемое топливо, по меньшей мере, не разумно.

Экономические аспекты сжигания

Сжигание мусора исключительно эффективно в экономическом плане. Прием отходов в переработку оплачивается. Извлекаемый метал-

лолом продается. При этом нельзя забывать, что твердые углеродистые промышленно-бытовые отходы, составляющие около половины всех твердых отходов в Украине, – это еще и вторичное сырье, запасы которого очень велики и обладают большим энергохимическим потенциалом, и его важно использовать как можно полнее и с экономической выгодой. В связи с этим возможна продажа электроэнергии и тепла.

Таблица 1

Теплота сгорания различного вида топлива

Топливо	Теплота сгорания, МДж/кг
Природный газ	~ 36
Мазут	~ 40
Кузнецкий уголь	~ 18–25
Подмосковный уголь	10,5–11,7
ТБО	5,2–16,5

При сжигании отходов необходимо учитывать, что уже в настоящее время твердые бытовые отходы по теплоте сгорания сопоставимы с низкосортными видами топлив, например, фрезерным торфом (2030 ккал/кг), сланцем (2300 ккал/кг) и многими другими. Из года в год растут количество отходов и теплота их сгорания. Поэтому широкое распространение получают мусоросжигательные установки с утилизацией тепла уходящих газов, выделяемых при сжигании городских отходов, что позволяет экономить значительное количество энергетического топлива. Так, французские специалисты оценивают долю тепла, которую можно получить при сжигании городских отходов, примерно в 8 % теплопотребления на отопление. Примерно такая же доля топлива может быть сэкономлена в результате сокращения его расхода на производство электрической энергии.

Мусоросжигательный завод может непосредственно покрывать тепловые нагрузки потребителей отдельного района. В этом случае другие источники тепла используются для резервирования нагрузки. В качестве доказательства вышесказанному, приведем расчет возможного эффекта в виде количества сэкономленного органического топлива от сжигания ТБО для г. Киева.

Учитывая, что количество отходов производства и потребления, приходящееся в год на одного жителя, составляет примерно 300 кг/чел. год,

рассмотрим несколько вариантов расчета с низшей теплотой сгорания Q_n^p ТБО = 7,5 МДж/кг и Q_n^p ТБО = 8,4 МДж/кг, в зависимости от способа утилизации отходов. Полученные результаты приведем в табл. 2.

Таблица 2

Экономия органического топлива при сжигании ТБО, приходящаяся на одного жителя города Киева

Показатель	Вар. 1	Вар. 2
Кол-во жителей г. Киеве, млн. чел.	4	4
Кол-во отходов на 1 человека в г. Киеве, кг/чел. год	300	300
Расход топлива на 1 человек на отопление, вентиляцию, ГВС, (Киев) кг у. т./год	1540	1540
Низшая теплота сгорания ТБО, (Ккал/кг)	1600	2 000
Теплота сгорания условного топлива, Ккал/кг у. т.	7 000	7 000
Низшая теплотворная способность природного газа, ккал/нм ³	8 000	8 000
Тепло от сжигания ТБО, приходящееся на одного жителя, ГДж/чел. год	2,01	2,51
Экономия условного топлива в год на 1 человека, кг у. т. чел. год	68,81	86,01
Процент тепла от ТБО в потребном количестве на отопление, вентиляцию, ГВС на 1 чел.	4,45	5,56
Количество тепла в год от сжигания ТБО, т у. т./г	428 800	536 000
Экономия природного газа, млн. нм ³ /г	374,5	469,0

Выводы

На фоне сегодняшних цен на энергоносители имеет смысл обратить внимание на мнение ряда европейских экономистов: «С тех пор, как цена на нефть перевалила за 40 долларов за баррель, все другие методы переработки ТБО, кроме сжигания с утилизацией тепла, стали неконкурентны».

Н. Ю. Павлюк, А. И. Сигал

Институт промышленной экологии, г. Киев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТБО ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ УКРАИНЫ

Твердые бытовые отходы являются доступным, постоянно растущим возобновляемым источником энергии, по калорийности соответствующим бурому углю, торфу, древесине. Термическая утилизация несортированных ТБО из жилого фонда с использованием энергии для выработки тепла и электроэнергии приобретает все большую привлекательность для Украины в связи с потерей значительного количества источников добычи угля.

В Японии, США, странах ЕС практически на всех современных мусоросжигательных предприятиях тепловая энергия, выделяемая в процессе термической переработки ТБО, обязательно отпускается потребителю или используется для выработки электроэнергии. Значительная часть предприятий для сжигания отходов принадлежит ведущим энергетическим компаниям, и интерес энергетиков к этому источнику энергии продолжает расти. ТБО уже давно и практически во всех промышленно развитых странах рассматриваются как один из перспективных возобновляемых источников получения тепла и электроэнергии. Ведется строительство новых ТЭЦ на ТБО, причем, как правило, со значительной долей капитальных вложений со стороны энергетических компаний. Несмотря на то, что стоимость строительства таких заводов высока, они составляют конкуренцию рециклингу и захоронению отходов на полигонах. Причина этому – низкое качество сортировки ТПВ и введение высоких налогов на захоронение отходов.

Степень очистки выбросов на современных мусоросжигательных заводах соответствует Директиве 2010/75/ЕС про промышленные отходы¹, что сделало ТЭЦ на ТПВ более привлекательными с позиции экологии, чем выработка того же количества энергии на обычной ТЭЦ при сжигании ископаемого топлива плюс переработка или захоронение эквивалентного количества отходов.

¹ Заменяла Директиву 2000/76/ЕС «Про сжигание отходов»

Для Украины энергетическое использование ТБО приобретает стратегическое значение. Украине необходимо около 80 млн. Гкал тепловой энергии для нужд населения. Суммарный энергетический потенциал отходов составляет 20–28 % от этой величины, в зависимости от калорийности ТБО.

Однако в проекте «Общегосударственной программы обращения с отходами на 2013–2020 годы» энергетическое использование ТБО даже не рассматривается. Приоритетным направлением названо использование отходов в качестве вторичного сырья и внедрение систем заготовки, сбора и переработки ТБО.

Доходность отрасли переработки отходов как вторичного сырья определяется, помимо прочего, морфологией ТБО, которая, по оценке Мирового Банка, зависит от уровня доходов населения (табл. 1).

Таблица 1

Морфология ТБО в странах с различным уровнем доходов

Уровень доходов населения стран в 2012 г.	Морфология ТБО, %					
	Органика	Бумага	Пластик	Стекло	Металл	Инертные материалы
Высокий ²	28	31	11	7	6	17
Максимальное значение среднего уровня ³	54	14	11	5	3	13
Украина ⁴ , г. Киев	40,6	14,2	9,3	13	1,1	21,8
Минимальное значение среднего уровня ⁵	59	12	9	3	2	15
Низкий ⁶	64	5	8	3	3	17

В Украине до кризиса 2014 г. уровень доходов населения и удельный уровень генерирования отходов соответствовали среднему уровню доходов населения других стран мира. После кризиса 2014 г., к сожалению, уровень доходов населения Украины значительно снизился,

² Более 10,726 тыс. долл. США ВВП на душу населения

³ 3,466–10,726 тыс. долл. США ВВП на душу населения

⁴ 3,96 тыс. долл. США ВВП на душу населения

⁵ 876 долл. США ВВП на душу населения – 3,466 тыс. долл. США ВВП на душу населения

⁶ Меньше, чем 876 долл. США ВВП на душу населения

ВНД ППС уже составлял 3,049 тыс. долл. США. В 2015 г. статистика по доходам населения еще ухудшится, в частности, из-за снижения курса национальной валюты и беспрецедентного роста коммунальных тарифов. К сожалению, Украина перешла в категорию стран с минимальным значением среднего уровня доходов населения, а значит, в отходах снизится объем бумаги, пластика и стекла, а возрастет объем органики и инертных материалов, что затруднит раздельный сбор и использование отходов в качестве вторичного сырья.

Необходимо срочно пересмотреть Общегосударственную программу обращения с отходами, изменив приоритет с использования отходов в качестве вторичного сырья на утилизацию энергетического потенциала ТБО.

Система обращения в ТБО в Украине в докризисное время

Основное количество ТБО Украины (43 %) генерируется в 5 областях Украины: Киевской (11,7 %), Донецкой (14,9 %), Одесской (6,6 %), Днепропетровской (5 %) и Харьковской (4,9 %) (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика управления ТБО в областях, генерирующих основной объем ТБО в Украине

	Населенный пункт	Объем собранных ТБО, %	Вторсырье, %	Рециклинг, %	Компостирование, %	МСЗ, %	Полигон, свалка, %
1	Киев	7,3	0,50	10,600	0	10,1	78,7
	Киевская обл.	4,4	0,70	4,600	0	0	94,8
2	Донецкая обл.	14,9	0,02	0,001	0	0	100,0
3	Одесская обл.	6,6	0	0	0	0	100,0
4	Днепропетровская обл.	5,0	0	0	0		85,0
5	Харьковская обл.	4,9	0	0	0	0,1	99,9

В соответствие с табл. 2, система обращения с отходами в этих областях еще только формируется. Проанализируем, целесообразно ли переориентировать ее приоритеты с рециклинга на термическую утилизацию ТБО.

Концепция внедрения ТЭЦ на ТБО в Украине

Рассмотрим потенциал городов Украины с разной численностью населения по замещению тепловой энергии, производимой при сжигании природного газа, на тепловую энергию, производимую при сжигании неотсортированных ТБО.

По данным Минстата за 2013 г., численность населения Украины превышала 100 тыс. человек в 34 городах, из которых можно выделить 3 основные группы городов по численности жителей:

- Численность населения около 500–600 тыс. человек: г. Кривой Рог Днепропетровской обл., г. Мариуполь Донецкой обл., г. Николаев.
- Численность населения 700–900 тыс. человек: г. Днепропетровск, г. Донецк, г. Запорожье, г. Львов;
- Численность населения превышает 1 млн. человек: г. Киев, г. Харьков, г. Одесса.

Согласно данным Госкомстата, в 2013 г. в Украине собиралось 319 кг ТБО в расчете на одного человека. Соответственно, в 3 городах Украины первой группы было собрано около 500 тыс. т ТБО, в крупных городах второй группы – 1,1 млн. т ТБО, а в городах третьей группы собрали около 2 млн. т ТБО. Средняя калорийность ТБО в Украине меняется от 1,2 до 1,7 ккал/кг в зависимости от сезонности.

При сжигании всех ТБО, образующихся в городах первой группы с численностью населения около 600 человек, можно произвести от 0,5 до 0,7 млн. Гкал, что составляет 5,8–8,2% потенциальной доли ТБО в тепловой энергии, отпущенной предприятиями теплокоммунэнерго (ТКЭ) населению. В городах второй группы – от 1,1 до 1,5 млн. Гкал, что составляет 6,7–9,5 %. В городах третьей группы – от 1,9 до 2,7 млн. Гкал, что составляет 5,1–7,2 %. Следовательно, использование ТБО для производства тепловой энергии предприятиями ТКЭ для нужд населения может заместить около 400–600 млн. м³ природного газа, или 5–8 % от потребностей ТКЭ.

Для населенных пунктов первоочередной задачей решения проблемы обращения с ТБО является нахождение наиболее простого, экономически целесообразного пути полного устранения отходов с выработкой максимально возможного количества тепловой и электрической энергии.

Считаем целесообразным внедрение ТЭЦ на ТБО для городов с численностью населения более 700 тыс. человек, а для городов с численностью населения более 100 тыс. человек – установление когенерационных мусоросжигательных модулей, произведенных на отечест-

венном оборудовании, с производством тепловой энергии в отопительный сезон и электрической энергии в неотапливаемый сезон.

Для реализации этой концепции необходимо:

- Привлечь инвесторов на приобретение ТЭЦ на ТБО лучших мировых практик, система очистки выбросов которых должна соответствовать Директиве 2010/75/ЕС.
- Создать в стране подотрасль, способную разработать технологию и организовать производство на отечественных предприятиях мусоросжигательных модулей, утилизационного и газоочистного оборудования для небольших и средних населенных пунктов для комплексной переработки ТБО и утилизации их энергетического потенциала, что, в частности, не только решит проблему утилизации отходов, но и создаст новые рабочие места.

Для реализации этого решения необходимо определить ТБО как альтернативный источник энергии и внести соответствующие изменения в закон Украины «Об альтернативных источниках энергии». Очевидно, что предоставление «зеленого» тарифа на тепловую энергию и внесения соответствующих изменений в закон Украины «О теплоснабжении» будет способствовать привлечению инвестиций и стимулированию субъектов хозяйствования использовать ТБО для производства тепловой энергии.

Необходимо срочно пересмотреть «Общегосударственную программу обращения с отходами на 2013–2020 годы», изменив приоритет с использования отходов в качестве вторичного сырья на утилизацию энергетического потенциала ТБО с внедрением ТЭЦ на ТБО, а также ускорить принятие закона Украины «Об утверждении Общегосударственной программы обращения с отходами на 2013–2020 годы», согласно которому в стране должна быть создана инфраструктура обращения с отходами, приближенная к требованиям законодательства Европейского Союза.

УДК 658.576.1

Н. Ю. Павлюк

Институт промышленной экологии, г. Киев

ПОДХОДЫ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТБО В МИРЕ. ОСОБЕННОСТИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ

Обращение с твердыми бытовыми отходами (ТБО) превратилось в глобальную проблему нашего времени. Рост образования ТБО в мире неразрывно связан с уровнем доходов и темпами урбанизации населения (табл. 1).

Таблица 1

Распределение ТБО в зависимости от уровня доходов и урбанизации населения [1]

	Уровень доходов населения	Количество городского населения, млн.	Генерирование ТБО, млн. т	Удельное генерирование ТБО, кг/чел./год	Зависимость генерирования ТБО, %	
					от уровня доходов населения	от численности городского населения
I	Высокий ¹ (60 стран)	774	602	778	46,7	26
II	Максимальное значение среднего уровня ² (57 стран)	572	243	425	18,8	19,2
	Украина³	31	13	319		
III	Минимальное значение среднего уровня ⁴ (48 стран)	1 293	369	285	28,7	43,4
I V	Низкий ⁵ (33 стран)	343	75	219	5,8	11,5
	Итого:	2 982				

¹ Более, чем 10,726 тыс. долл. США ВВП на душу населения

² 3,466–10,726 тыс. долл. США ВВП на душу населения

³ 3,960 тыс. долл. США ВВП на душу населения (2013 г.)

⁴ 876 долл. США – 3,466 тыс. долл. США ВВП на душу населения

⁵ Менее, чем 876 долл. США ВВП на душу населения

Подходы к системе управления ТБО в зависимости от уровня доходов населения

Уровень доходов населения в стране	Системы управления ТБО, %					
	Захоронение		Утилизация			
	Свалки	Полигоны	Компостирование	Рециклинг	Сжигание	Другие методы
Высокий	0,009	43	11	22	21*	3,6
Максимальное значение среднего уровня	32	59	1	1,4	0,1*	6
Минимальное значение среднего уровня	49	11	2	5	0,2	33
Низкий	59	13	1,3	0,5	1,3	26
Украина	74	24	0	0	1,2*	0

* – ТЭЦ на ТБО.

Переориентировать финансовые потоки в системе управления ТБО помогло принятие нескольких директив, направленных на организацию экологически безвредных и экономически выгодных подходов к управлению ТБО (прежде всего, Рамочная директива 2008/98/ЕС «Про отходы...», которая рассматривает отходы как вторичный энергоресурс, и Директива 2010/75/ЕС, направленная на интегрированное предотвращение и контроль за загрязнениями), а также принятие налогов, стимулирующее выполнение этих директив.

В статье представлены особенности налогообложения в отдельных странах ЕС.

Великобритания

В Великобритании налог на захоронение ТБО на полигонах был введен в 1996 г. и являлся первым экологическим налогом. Сумма налога рассчитывалась в зависимости от веса и качества вывозимого материала (ТБО разделялись на «активные» или «инертные»). Активные ТБО включали в себя все биоразлагаемые отходы.

Величина налога для «активных» и «инертных» отходов изначально резко отличалась. В 1996 г. налоговые ставки составляли для «активных» отходов GBP 7/т и GBP 2/т – для «инертных».

Данные табл. 1 показывают, что на генерирование ТБО более влияет уровень доходов, чем количество городского населения. Около половины ТБО генерируют страны с высоким уровнем доходов, хотя городское население в них составляет лишь четвертую часть от общего количества городского населения планеты. Удельное генерирование мусора в этих странах почти в четыре раза превышает удельные показатели стран с низким уровнем доходов. Зато страны третьей группы, которые имеют 43 % урбанизированного населения планеты, генерируют только 29 % ТБО.

Подходы к системе управления отходами в различных странах мира варьируются от простейших мероприятий – захоронения на свалках и полигонах, до утилизации материального и энергетического потенциала ТБО. Выбор страны определяется, главным образом, возможностью инвестировать в организацию системы восстановления и утилизации отходов (табл. 2, 3).

Таблица 2

Зависимость расходов на систему управления ТБО в странах от доходов населения

Системы управления ТБО, %	Уровень доходов населения в стране			
	Низкий	Минимальное значение среднего уровня	Максимальное значение среднего уровня	Высокий
	Расходы на сбор и управление, дол. США/т ТБО			
Сбор ТБО	20–50	30–75	40–90	85–250
Полигоны	10–30	15–40	20–65	40–100
Открытые свалки	2–8	3–10	–	–
Компостирование	5–30	10–40	20–75	35–90
ТЭЦ на ТБО	–	10–100	60–150	70–200
Анаэробная переработка	–	20–80	50–100	65–150

Анализ таблиц показывает, что главные инвестиции в систему обращения с ТБО в странах с высоким уровнем доходов направлены на организацию сбора отходов, использование их энергетического потенциала, а также организацию рециклинга ТБО. Количество отходов, которые вывозятся на организованные полигоны (неорганизованные свалки в этих странах просто не существуют!) стремительно сокращается.

С целью дать местным органам власти и бизнесу стабильный фундамент для долгосрочных инвестиционных решений в систему обращения с ТБО была принята концепция налогообложения «эскалатор» (годовой шаг изменения налога). Цель такого налогообложения в том, чтобы дать сильный экономический стимул для уменьшения количества биоразлагаемых отходов на полигонах и устранить опасные экологические последствия, возникающие при разложении на полигонах этого вида отходов.

До 2004 г. налог не увеличивался более, чем на 1 GBP за тонну в год. «Эскалатор» был увеличен до 3 фунтов стерлингов за тонну в год с 2005 г. и до 8 GBP/т в год с 2007 г.

Изменение налоговых ставок для «активных» отходов между 2001 г. и 2009 г., а также тенденция доли ТБО, которые вывозились на полигон, представлены на рис. 1.

На рис. 1 видна сильная корреляция между повышением налоговых ставок на ТБО и вывозом ТБО на полигоны. Эта корреляция несколько снижается после 2008 г., несмотря на увеличение эскалатора.

К 2012 г. ставка налога для «активных» отходов была увеличена до 64 фунтов стерлингов, в то время как для «инертных» отходов ставка увеличивается только на коэффициент инфляции и составляет GBP 2,50. В 2014 г. ставка налога для «активных» отходов достигла 80 фунтов стерлингов за тонну ТБО.

Налог на полигоны оказал наибольшее влияние на рециклинг и утилизацию органических отходов. Развитие переработки ТБО и утилизации органики (компоста и других видов переработки) в Великобритании показано на рис. 2.

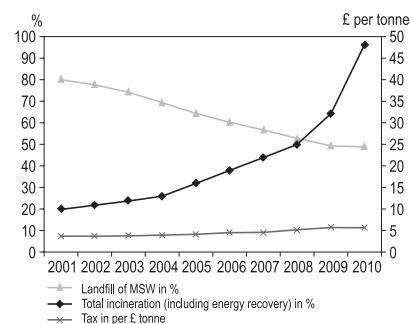


Рис. 1. Динамика развития захоронения на полигонах и термической утилизации ТБО, а также налога на захоронение в Великобритании.

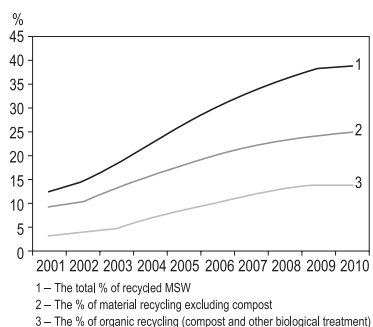


Рис. 2. Динамика развития рециклинга ТБО в Великобритании.

Степень утилизации увеличилась с 12 % в 2001 г. до 39 % в 2010 г. Более 8 млн т ТБО в 2010 г. были отправлены для рекуперации материалов, переработка органических отходов составила значительно меньшее значение (4,5 млн. т). Термическая утилизация ТБО за тот же период увеличилась на 60%. Рост обоих направлений замедлился после 2008/9 гг.

Швеция

В 1999 г. в Швеции был введен налог на захоронение отходов на свалках, который был введен в действие в начале 2000 г. Он был равен 250 шведским кронам (SEK) в расчете на тонну отходов, вывозимых на свалку. Впоследствии уровень налогообложения был увеличен от 288 крон/тонну (прибл. 31,7 евро) в 2002 году, до 370 крон/тонну (ок. EUR 40,7) в 2003 году и достиг 435 SEK/т (ок. Евро 47,9) в 2006 году, т. е. увеличился на 74 % с момента введения налога в 2000 году. В соответствии с Законом о налоге на отходы, все ТБО, вывозимые на полигоны облагаются налогом, в то время как ТБО, удаляемое с полигона имеет право на снижение налога. Налог уплачивается владельцем полигона на основе веса отходов.

На рис. 3 видно, что налог на полигоны оказал значительное влияние на количество ТБО, которые вывозились на полигоны, что привело к постепенному снижению доли захоронения с 22 % в 2001 г. до 1 % в 2010 г.

За этот период налог увеличился на 74 %.

Наблюдаемое снижение не может быть отнесено исключительно к налогообложению, поскольку в то же время были введены дополнительные меры для того, чтобы минимизировать вывоз на полигоны.

В 2000 г. был введен запрет на вывоз на полигоны горючих отходов. В период с 2001 по 2004 гг. вывоз мусора на полигоны снизился более чем на 12 % от числа генерируемых ТБО. В 2005 г. был введен запрет на вывоз на полигоны органических отходов. Через год налог на полигоны вырос до 435 крон/тонну (прибл. 47,9 евро). Этих объединенных мер оказалось достаточно для того, чтоб вдвое сократить количество захоронений.

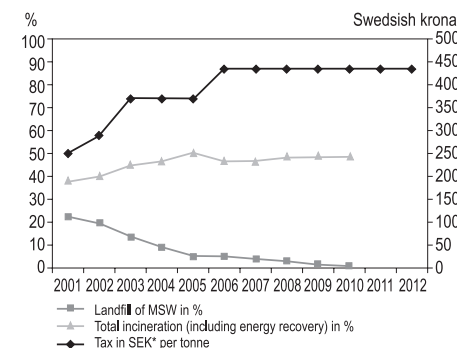


Рис. 3. Соотношение развития захоронения ТБО на полигонах и термической утилизации ТБО в Швеции.

Тем не менее, без дополнительных мер в последующие годы, уровень захоронения уменьшался только на 1 % каждый год до 2008 г., когда он достигла 3 % от общего ТБО.

В 2009 г. все полигоны, не соответствующие требованиям Указа о полигонах Ordinance (2001:512) были закрыты, и в результате количество действующих полигонов сократилось почти вдвое (рис. 3). Как показано на рисунке, захоронение ТБО было сокращено на 50 % в период между 2008–2009 гг.

В Дании налог на захоронение ТБО составляет 63,3 Евро/т, во Франции – 40 Евро/т. Несколько ниже налоги в странах бывшего соц. лагеря: в Польше – 26,6 Евро/т, в Чехии – 20 Евро/т, в Эстонии – 12 Евро/т, в Латвии – 9,96 Евро/т, т. к. эти страны еще только формируют свою систему обращения с отходами.

В Украине в настоящее время вывозом мусора охвачено только 76% населения, отходы на полигоны принимают не по весу, а по объему и средний тариф на захоронение составляет 11 грн./м³. Этот тариф не включает в себя расходов на переоборудование свалок в закрытые для окружающей среды полигоны, а также содержание полигонов на протяжении 30 лет после его закрытия в соответствии с требованиями ст. 12 и 13 Директивы 1999/31/ЕС «Про захоронение отходов»

Если срочно не внести изменения в налогообложение системы управления отходами в Украине, повысив налог на захоронение ТБО и предоставив налоговые льготы и другие экономические стимулы в организацию системы использования энергетического и материального потенциала ТБО, Украина не выполнит требования Соглашения об ассоциации Украины и ЕС.

УДК 662.7

Д. М. Корінчук, М. М. Безгін

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА БІОСИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

Україна активно впроваджує в теплоенергетичному секторі проекти заміщення природного газу твердим біопаливом. На світовому ринку біоенергоресурсів представлені пелети та брикети з різної сировини,

© Д. М. Корінчук, М. М. Безгін, 2015

вироблені за різними технологіями і які, відповідно, мають різні характеристики та якості. Достатньо новим продуктом є вдосконалене висококалорійне термічно оброблене біопаливо. В технології виробництва термічно обробленого біопалива на якісні характеристики кінцевого продукту суттєво впливають температура та час обробки, початкова вологість сировини, її щільність та інші характеристики. Використання єдиного режиму температурної обробки (ТО) для різної за характеристиками чи видом біомаси призведе до отримання продукції різної чи невідповідної якості.

Основною метою дослідження є визначення впливу температури обробки на процеси, що протікають під час ТО. В подальшому результати досліджень дозволять розробити оптимальні режими термообробки для різної біосировини, налагодити технології виготовлення ТО біопалива.

Для досліджень ТО біосировини створено дослідний стенд (рис. 1), який складається з трьох основних частин: блоків термообробки, вимірювання та збору **інформації обробки**

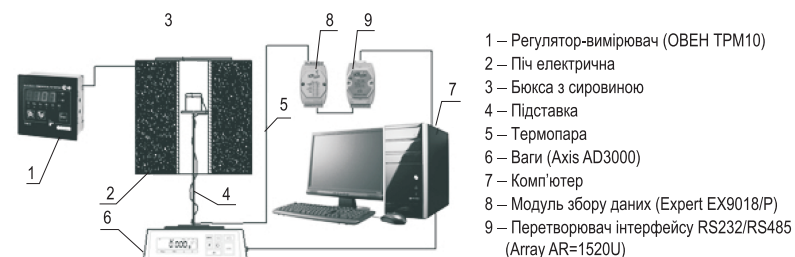


Рис. 1. Дослідний стенд експериментальних досліджень температурної обробки.

Проведена серія досліджень при температурах обробки 250 °С, 270 °С та 300 °С. Дослідні зразки сировини складали деревинні гранули різної вологості, деревинно-торф'яні гранули, брикети з деревини та насіння соняшника. Отримані залежності впливу температури обробки на швидкість термічного розкладання біосировини. На графіках представлені (рис. 2) зміна температури та маси зразків під час термічної обробки при температурах 250 °С та 270 °С. Графіки відображають ділянки прогріву, сушіння та термічного розкладання сировини (рис. 2), які відрізняються швидкістю втрати маси зразків. При підвищенні температури від 250 °С до 270 °С швидкість втрати маси зразка зростає в 1,7–1,9 рази, а загальні масові втрати зростають у 1,5 рази. На

рис. 2 виділені ділянки графіків за температури обробки 250 °С та 270 °С, на яких виявлено підвищення температури сировини вище температури проведення експерименту. Явище перегріву сировини обумовлене наявністю екзотермічного ефекту розкладання. При температурі обробки 300 °С і вище виявлено неконтрольований перегрів сировини, початок процесу коксування, який супроводжується значними втратами калорійної складової.

Проведена серія досліджень при температурах обробки 250 °С, 270 °С та 300 °С. Дослідні зразки сировини складали деревинні гранули різної вологості, деревинно-торф'яні гранули, брикети з деревини та насіння сояшника. Отримані залежності впливу температури обробки на швидкість термічного розкладання біосировини. На графіках представлені (рис. 2) зміна температури та маси зразків під час термічної обробки при температурах 250 °С та 270 °С. Графіки відображають ділянки прогріву, сушіння та термічного розкладання сировини (рис. 2), які відрізняються швидкістю втрати маси зразків. При підвищенні температури від 250 °С до 270 °С швидкість втрати маси зразка зростає в 1,7–1,9 рази, а загальні масові втрати зростають у 1,5 рази. На рис. 2 виділені ділянки графіків за температури обробки 250 °С та 270 °С, на яких виявлено підвищення температури сировини вище температури проведення експерименту. Явище перегріву сировини обумовлене наявністю екзотермічного ефекту розкладання. При температурі обробки 300 °С і вище виявлено неконтрольований перегрів сировини, початок процесу коксування, який супроводжується значними втратами калорійної складової.

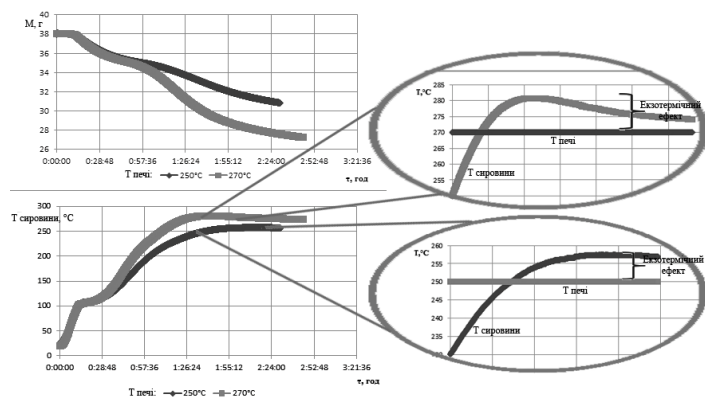


Рис. 2. Вплив температури на протікання процесу ТО.

До складу сировини для біопалива [4] входять геміцелюлоза, лігнін та целюлоза (табл. 1). Серед цих складових лише геміцелюлоза розкладається в температурному інтервалі 200–320 °С і має найменшу калорійність. Процес розкладання геміцелюлози є екзотермічним, тобто супроводжується суттєвим виділенням теплоти. Так для деревини [1–2] виділення теплоти складають 8,0–8,5 МДж/кг втраченої маси. Можна припустити, що серед основних складових в досліджуваному температурному діапазоні (250–290 °С) розкладанню піддалася переважно геміцелюлоза.

Таблиця 1

Основні складові сировини для біопалива

Компонент	Склад сировини для біопалива (середні значення), % (мас.)							Теплота згоряння, МДж/кг	Інтервал термічного розкладання, °С
	Вільха, дуб	Сосна, піхта	Міскантус	Солома	Лушпиння сояшника	Лушпиння гречки	Торф		
Лігнін	21	26	16	12	21	19	15	25	280–430
Целюлоза	46	50	44	41	52	33,9	10	17,5	300–380
Геміцелюлоза	22	17	24	17	24	40	18	13	200–320

Пресована біосировина може мати різну вологість (6–30 %). Для спрощення аналізу процесів ТО запропоновано представити залежності втрати маси зразків відносно сухої речовини (рис. 3). Від'ємні значення вертикальної шкали показують втрати вологи матеріалом (W, %), а додатні – характеризують втрати маси відносно сухого матеріалу (K, %) під час термообробки.

Криві незалежно від виду та властивостей сировини характеризуються зменшенням швидкості втрати маси на ділянці сушіння, та зростанням швидкості термічного розкладання сухого матеріалу. Перехідною ланкою, що єднає ці процеси нижче вісі абсцис, є ділянка видалення зв'язаної вологи.

В результаті проведення ТО в сухій біомасі зберігається близько 70 % маси і 90 % енергії. За розрахунковими залежностями [3] теплота згоряння термічно обробленої сировини підвищиться на 12–23 % в порівнянні з необробленою. Низький вміст баластних газів при спалю-

ванні термічно обробленого біопалива робить його енергоефективним паливом, яке може використовуватися для газогенераторного обладнання та є перспективною сировиною для виробництва рідких палив методом швидкого піролізу. Після термообробки висококалорійне паливо характеризується рівномірністю горіння, високою жаропродуктивністю (вище 2200 °C). В процесі ТО спостерігається зміна структурно-механічних властивостей зразків. Виявлено розтріскування, відшолушування та втрата циліндричної форми гранул, що свідчить про руйнування зв'язків між частками, які були утворені при пресуванні. Оскільки складові біосировини можна віднести до природних біополімерів вказані вище явища можна пояснити тим, що частки гранульованого палива під час ТО повертають свою попередню форму (реформування) та властивості, які вони мали перед пресуванням. Особливо схильні до зворотніх деформацій пересушені (<8 %) гранули та брикети (табл. 2) через руйнування занадто слабких зв'язків між частками матеріалу виникаючими пружними напруженнями. Процес реформування пересушених зразків призводить до збільшення їх об'єму до 3 разів, підвищення крихкості чи навіть руйнування виробу. Гранули та брикети з більшим вмістом води (8–10 %) залишились міцними, але деформувалися локальними розпушеннями.

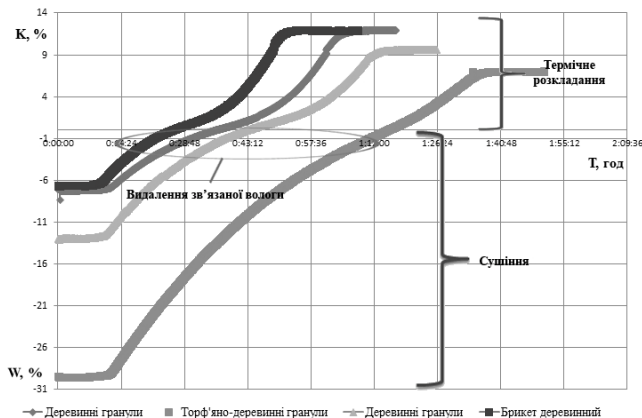


Рис. 3. Термообробка зразків різної біосировини за температури печі 300 °C.

В процесі ТО спостерігається інтенсивне газовиділення (пари та продукти розкладання), що також може викликати деформації. Варто зазначити, що порушення оптимальних технологічних режимів вироб-

ництва твердого біопалива та виготовлення брикетів і гранул з пересушеної сировини може призводити до передчасного їх руйнування, порушення режимів спалювання, суттєвого недопалу неякісної продукції, виносу часток з камери горіння, що загалом зменшує ККД котельного обладнання та може стати причиною пожежі. Відповідно при виготовленні твердого біопалива відхилення вологості сировини від оптимального її значення в меншу сторону не допустиме.

Висновки

При підвищенні температури обробки в діапазоні 250–300 °C в досліджуваному інтервалі температур швидкість втрати маси зразка зростає в 1,7–1,9 рази, а загальні масові втрати зростають у 1,5 рази. Теплота згорання палива зростає на 12–23 %.

Незалежно від виду та характеристики сировини криві зміни маси зразків можна розділити на ділянки прогріву-сушіння та термічного розкладання сухої сировини. Ділянка сушіння характеризується зменшенням швидкості, а ділянка термічного розкладання зростанням швидкості втрати маси.

Встановлено факт збільшення об'єму пересушених зразків брикетів та гранул до 3 разів. Відповідно при виготовленні твердого біопалива відхилення вологості сировини від оптимального її значення в меншу сторону не припустиме.

Список використаної літератури

1. Никитин В. М., Оболенская А. В., Щеголев В. П. Химия древесины и целлюлозы. – М., Лесная промышленность, 1978. – 176 с
2. Гомонай М. В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы // Московский государственный университет леса. – 2006. – С. 65.
3. Равич М. Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. – М: Наука, 1966. – 403 с.
4. Гупало О. П., Тушницький О. П. Хімія деревини. – Львів: Лісохімічні виробництва, 1997. – 197 с.
5. Katarina Håkansson. Torrefaction and Gasification of Hydrolysis Residue from the Wood to Ethanol Pilot Plant in Örnsköldsvik // Master of Science Thesis in Energy Engineering // Umeå Institute of Technology. – Örnsköldsvik 29 may 2007. – 49 p.
6. Alligno Maschinenexport GmbH Практическое руководство по созданию пеллетного производства (по материалам западных публикаций). – Австрия, 2006. – 18 с.



- **Утилізатори теплоти: конденсаційні, контактні, контактні-поверхневі**
Heat recovery equipment: condensing, contact, surface-contact
- **Повітряпідігрівачі**
Air heaters
- **Модернізовані подові випромінюючі пальникові пристрої**
Modern hearth radiative burners
- **Інтенсифікація топкового теплообміну**
Intensification of fire-chamber heat exchange
- **Пальникові пристрої двостадійного спалювання**
Gas burners for two-stage combustion
- **Мазутопідігрівачі**
Fuel oil heaters
- **Сміттеспалювальні модулі потужністю 2 т ТПВ/год**
Waste incineration units (2 t per hour capacity)
- **Пило- та газоочищення**
Dust and gas cleaning
- **Зменшення утворення NO_x**
Reduction of NO_x formation
- **Допалення газових органічних викидів**
Afterburning of organic gas pollutants
- **Поліпшення екологічного стану та зменшення використання пального**
Improving of environmental situation and reduction of fuel consumption
- **Розрахунок базової лінії викидів парникових газів та підготовка звітів з моніторингу зниження викидів парникових газів**
Projects for reduction of greenhouse gas emissions

Україна, 03057, Київ, вул. Желябова, 2а
Тел.: (044) 453 2862, тел./факс: (044) 456 9262

2a Zheliabova str., Kyiv 03057 Ukraine
Tel.: (+ 038 044) 453 2862, Tel./fax: (+ 038 044) 456 9262

e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

Институт промышленной экологии, образованный в 1992 году, представляет собой независимую профессиональную организацию.

Основные направления деятельности Института:

- разработка, производство и внедрение различного природоохранного и энергосберегающего оборудования;
- разработка и внедрение улучшенных технологий и оборудования для сжигания топлив;
- расчет базовой линии выбросов парниковых газов предприятием и подготовка отчетов по мониторингу сокращения выбросов парниковых газов;
- проведение экологических исследований и экспертиз, а также энергетического и экологического обследования (аудита) промышленных предприятий с выдачей соответствующих рекомендаций.

Институт промышленной экологии предлагает следующие разработки, направленные на экономию топливно-энергетических ресурсов и улучшение экологической ситуации:

1. Комбинированная технология для снижения образования оксидов азота, газоочистки и утилизации теплоты уходящих газов топливосжигающего оборудования.

2. Модернизированные подовые горелки с повышенным КПД и пониженным образованием оксидов азота для котлов производительностью до 10 Гкал/час.

3. Горелочные устройства двустадийного сжигания с пониженным образованием оксидов азота для котлов типов ПТВМ, КВГМ и др.

4. Технология рециркуляции продуктов сгорания в воздух и топливо для снижения образования оксидов азота.

5. Технология повышения КПД котлов с одновременным снижением образования оксидов азота путем интенсификации топочного теплообмена с использованием вторичных излучателей.

6. Технология подогрева дутьевого воздуха для горелок котлов и печей с использованием вторичных энергоресурсов.

7. Технология подогрева топочных мазутов с использованием теплоты продуктов сгорания.

8. Скрубберы тонкой очистки от пыли в промышленности и энергетике.

9. Системы золоулавливания для промышленных и отопительных котлов.

10. Системы пылеочистки для технологических процессов с улавливанием и возвратом материала в цикл.

11. Технология нейтрализации выбросов паров органических веществ, в том числе с использованием энергетического потенциала нейтрализуемых веществ.

12. Мусоросжигательные модули производительностью 2 т ТБО в час.

13. Горелки для сжигания биогаза, в том числе двухтопливные комбинированные.

14. Подогрев приточного вентиляционного воздуха за счет теплоты обратной теплосетевой воды.

15. Высокоэффективные, в том числе конденсационные, теплообменники из труб с кольцевыми канавками.

Ежегодно Институт проводит международную конференцию «Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики».

Институтом на базе энерго-экологического обследования промышленных предприятий разрабатывается, и для каждого конкретного случая в зависимости от возможностей и целесообразности вложений совместно с предприятием-заказчиком индивидуально подбирается комплекс мероприятий, технологий и оборудования, способствующих снижению удельных энергозатрат и защите окружающей среды. Возможна комплектация, поставка «под ключ» и наладка установленного оборудования.

Использование предлагаемых Институтом промышленной экологии энерго-сберегающих технологий и оборудования дает конкретный экологический, энергетический и экономический эффект.

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ:

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел. (38 044) 453-28-62, тел./факс (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

КОТЕЛ ВОДОГРЕЙНЫЙ ВОДОТРУБНЫЙ, РАБОТАЮЩИЙ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ, ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 2,0 МВт (КВВ-2,0 Гн)

Котел типа КВВ-2,0 Гн предназначен для применения в системах отопления и горячего водоснабжения.

Котел имеет П-образную компоновку и состоит из топки, экраны которой набраны из труб диаметром 51x3,5 мм, сваренных между собой плавниками, и конвективной части, выполненной из U-образных труб диаметром 28x3 мм, которые, в свою очередь, сварены в стояки, а те – в коллектора. Изготавливается в виде сварного газоплотного моноблока в легкой изоляции и декоративном кожухе, комплектуется блочной газовой горелкой низкого давления с системой автоматики.

Основные технические характеристики

Номинальная теплопроизводительность, МВт	2,0
Диапазон регулирования, %	40–100
Коэффициент полезного действия, %, не менее	92 (фактически на номинальной нагрузке – 93 %, на 50 % – 95 %)
Удельный расход топлива, м ³ /МВт, не более	110
Удельное потребление электроэнергии, кВт/МВт	2,0
Содержание оксидов азота (в пересчете на NO ₂) в сухих продуктах сгорания (приведенное к $\alpha = 1$), мг/м ³	96–130
Рабочее давление воды в котле, МПа	0,6
Температура воды на выходе из котла, °С	95
Расход воды, м ³ /час	70
Температура уходящих газов, °С	90–180
Габаритные размеры, мм, не более:	
длина с горелкой	4000
ширина	1500
высота	3000
Масса котла, кг	3700
Удельная металлоемкость, т/МВт	1,8

Внедрение котла позволит заменить устаревшие котлы типа «Минск-1», «НИИСТУ-5», «Универсал», «Энергия» и др., увеличить в 3–5 раз тепловую мощность котельных без изменения их строительных объемов, резко повысить экономичность и надежность источников теплоснабжения.

Котел разработан Институтом промышленной экологии совместно с ИТТФ НАН Украины.

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

КОТЕЛ ВОДОГРЕЙНЫЙ ВОДОТРУБНО-ДЫМОГАРНЫЙ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 0,63 МВт (КВВД-0,63 Гн)

Комбинированный водотрубно-дымогарный котел КВВД-0,63Гн теплопроизводительностью 630 кВт с принудительной циркуляцией теплоносителя через котел рассчитан для работы на природном газе или легком жидком топливе и предназначен для выработки тепловой энергии в виде воды с температурой до 95 °С и давлением до 0,6 МПа для отопления, технологических нужд и горячего водоснабжения.

Котел состоит из следующих деталей и узлов:

- корпуса котла овальной формы;
- приваренных к корпусу передней и задней трубных досок;
- дымогарных труб, сваренных в верхние части передней и задней трубных досок;
- топочной камеры, включающей в себя жаровую трубу и экранную систему с кольцевыми трубными досками. В топочной камере между задней и передней водяными кольцевыми камерами сварены 36 экранных труб, разделенных на 12 трехходовых пучков. Вода подается в заднюю камеру, проходит в переднюю камеру, назад в заднюю и снова в переднюю (т. е. 3 хода), где через 12 отверстий поступает в водяной объем корпуса котла.
- дверцы котла, в которой находится поворотная камера дымовых газов с огнеупорной футеровкой;
- теплоизоляции и декоративного кожуха;
- горелки, которая крепится к фланцу дверцы котла.

Пламя горелки поступает в кольцевую экранную камеру, которая закрыта в донной части. Камера работает с избыточным давлением дымовых газов, которые поступают в 2 огневые трубы, затем в поворотную камеру и по дымогарным трубам в дымовую коробку, расположенную в задней части котла. Из дымовой коробки газы поступают в дымовую трубу и в атмосферу.

Газовый тракт котла находится при работе горелки под избыточным давлением по отношению к атмосфере. В дымогарные трубы котла вставляются пластинчатые турбулизаторы (завихрители), которые придают потоку газов в трубах турбулентность и повышают коэффициент теплопередачи.

Котел комплектуется блочной газовой вентиляционной горелкой RS-70 и электронной автоматикой RB/т производства фирмы Riello S.p.A (Италия), сертифицированными в Украине. Автоматика выполняет полный цикл розжига, пуск на первой ступени, переход на вторую ступень, остановку котла при достижении установленной температуры воды на выходе котла с последующей продувкой дымоходного тракта и защитное отключение подачи газа при аварийных ситуациях.

Пульт управления котлом обеспечивает возможность подключения электронного устройства для ведения режима котла с учетом температуры наружного воздуха, и позволяет эксплуатировать котел в автоматическом режиме без дежурного персонала.

Основные технические характеристики

Номинальная теплопроизводительность, МВт	0,63
Диапазон регулирования, %	40–100
Коэффициент полезного действия, %, не менее	92
Номинальный расход топлива (природного газа при $Q_n^p = 35600$ кДж/м ³), м ³ /ч	70 ± 5%
Удельный расход топлива, м ³ /МВт, не более	115,5
Удельное потребление электроэнергии, кВт/МВт, не более ...	2,22
Содержание оксидов азота (в пересчете на NO ₂) в сухих продуктах сгорания (приведенное к $\alpha = 1$), мг/м ³ , не более	200
Рабочее давление воды в котле, МПа	0,6
Температура воды на выходе из котла, °С	95
Расчетный перепад температур воды, °С	25
Расчетный расход воды, м ³ /час	22
Расчетная температура уходящих газов, °С.....	160
Габаритные размеры, мм, не более:	
длина с горелкой	3260
длина без горелки	2400
ширина	900
высота	1600
Масса котла, кг, не более	1700

Внедрение котла позволит заменить устаревшие котлы типа «Минск-1», «НИИСТУ-5», «Универсал», «Энергия» и др., резко повысить экономичность и надежность источников теплоснабжения.

Котел разработан Институтом промышленной экологии совместно с ИТТФ НАН Украины, производится ПАО «Киевэнерго».

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ И СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА КОТЛАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТАКТНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Комбинированная контактная теплоутилизационная установка предназначена для снижения выбросов оксидов азота, понижения температуры и утилизации теплоты уходящих газов агрегатов, сжигающих газообразное топливо.

Основу системы составляет комбинированный теплообменник, который включает в себя контактный экономайзер и контактный воздухоподогреватель, объединенные в общий водяной циркуляционный контур с циркуляционным насосом и промежуточным теплообменником.

Технология предусматривает снижение образования оксидов азота за счет подачи в топочную камеру увлажненного и подогретого в контактом воздухоподогревателе дутьевого воздуха. Дальнейшая очистка происходит за счет промывания продуктов сгорания в контактном водяном экономайзере (абсорбере) и выведения из цикла CO₂ в декарбонизационной колонне. В процессе утилизируется как явная теплота продуктов сгорания, так и скрытая теплота конденсации содержащегося в них водяного пара.

Работает система следующим образом. Уходящие продукты сгорания подаются в контактную камеру экономайзера, где при непосредственном контакте с нагреваемой водой охлаждаются и через каплеуловитель дымососом удаляются в дымовую трубу. Часть продуктов сгорания проходит по байпасному газоходу мимо экономайзера для поддержания «сухого» режима дымовой трубы.

Нагретая в экономайзере вода собирается в поддоне и насосом подается частично на водораспределитель контактного воздухоподогревателя, откуда поступает на насадку контактной камеры, где при непосредственном контакте с холодным воздухом охлаждается и стекает в поддон. Остальная часть нагретой воды насосом подается через промежуточный теплообменник на систему защиты от обмерзания, а оттуда сливается в поддон. В теплообменнике происходит нагрев воды, подаваемой на внешние потребители (химводоочистку, систему горячего водоснабжения и т.п.). Охлажденная вода из поддона воздухоподогревателя через патрубки с гидрозатворами, соединенными с водораспределителем, подается для нагрева на насадку контактной камеры экономайзера.

Нагретый и увлажненный в контактном воздухоподогревателе воздух подается через каплеуловитель на всос дутьевого вентилятора. Для подсушки насыщенного влагой нагретого воздуха может подмешиваться воздух из верхней зоны котельной. Увлажнение дутьевого воздуха позволяет в 2,0–2,5 раза снизить выбросы оксидов азота.

Применяемое как один из возможных вариантов конструктивное исполнение контактных аппаратов (экономайзера и воздухоподогревателя) один над другим уменьшает площадь, требуемую для их установки. Монтаж аппаратов производится блоками квадратного сечения, что позволяет по условиям компоновки изменять расположение газовых и воздушных патрубков с шагом 90°.

Тепловая схема установки и конструктивное исполнение теплообменника разрабатываются конкретно для каждого объекта.

Внедрение этой технологии позволяет снизить выбросы оксидов азота в атмосферу не менее чем на 50–60 %, уменьшить на 8–10 % расход топлива (природного газа) и получить конденсат, пригодный для подпитки теплосети.

В качестве примера приведены технические характеристики контактной комбинированной теплоутилизационной установки, смонтированной за котлоагрегатом ДКВР-10/13:

паропроизводительность котлоагрегата, т/ч.....	9,8
доля уходящих газов, проходящих через экономайзер, %.....	50
коэффициент разбавления продуктов сгорания перед установкой.....	1,64
температура уходящих газов, °С	
– перед экономайзером.....	110
– после экономайзера.....	38
температура нагреваемого воздуха, °С	
– перед воздухоподогревателем.....	–10
– после воздухоподогревателя.....	+33
температура нагретой циркуляционной воды, °С.....	46
сопротивление экономайзера, Па.....	230
сопротивление воздухоподогревателя, Па.....	320
снижение выбросов оксидов азота, кг/сутки.....	15,4
экономия природного газа,.....	5,33

Весь комплекс работ «под ключ» по проектированию, изготовлению, монтажу и наладке систем теплоутилизации с контактным комбинированным теплообменником производит Институт промышленной экологии.

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ ПОДОВЫЕ ГОРЕЛКИ ТИПА МПИГ ДЛЯ КОТЛОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 10 ГКАЛ/ЧАС

Модернизированные подовые (щелевые) горелки нового поколения с увеличенной лучистой составляющей типа МПИГ предназначены для котлов производительностью до 10 Гкал/час (типа НИИСТУ-5, ТВГ-1; 2,5; 4; 8; КВ-ГМ-4,65-150, КВ-Г-7,56-150 и др.) и могут применяться вместо форкамерных, подовых и других горелок.

Горелочные устройства МПИГ работают на вентиляторном дутье. В котлах НИИСТУ-5 разрешается их эксплуатация и без дутьевого вентилятора.

Установка горелок МПИГ осуществляется с использованием рамы стандартных габаритов и посадочных размеров, что не требует специальной переделки котла. На раме монтируются элементы горелочного устройства - коллектора горелок, кирпичи щелевого смесителя, подгорелочный лист и шибера, регулирующие подачу воздуха.

Коллектор горелки изготавливается из цельнотянутой трубы и снабжается сменными соплами-форсунками, изготавливаемыми из латуни, что позволяет избежать окисления стенок отверстия и сохранить требуемый расход при длительной эксплуатации горелок (в течение не менее 10 лет).

Горелки МПИГ практически бесшумны, легко обеспечивают устойчивую работу на пониженных нагрузках (регулируемость в пределах 24–100 %), а также форсировку котла. Наличие сменных калиброванных сопел обеспечивает возможность поддержания номинальной производительности котла и устойчивой работы при давлении природного газа в сети в диапазоне от 20 до 150 мм вод. ст.

С целью дополнительного повышения эффективности использования топлива и соответственно КПД котла, а также снижения выбросов токсичных веществ в атмосферу, горелки МПИГ могут быть оснащены промежуточными (вторичными) излучателями в виде подвесных гирлянд из легковесного теплостойкого кремнеземистого материала или стержней из огнеупорного материала на основе карбида кремния.

Установка промежуточных излучателей в топочной камере котла обеспечивает интенсификацию лучистого теплообмена, за счет чего увеличивается теплоотдача в топке и соответственно повышается КПД котлов и уменьшается расход топлива. Кроме того, введение в зону факела промежуточных излучателей позволяет снизить максимальные температуры в ядре зоны горения, за счет чего уменьшаются образование и соответственно выбросы токсичных веществ, в первую очередь оксидов азота. В результате снижения как максимальных температур в зоне горения, так и температур на выходе из топки и за котлом, облегчаются условия работы, повышается надежность и увеличивается срок эксплуатации котла.

Использование модернизированных подовых горелок с промежуточными излучателями позволяет:

- увеличить теплоотдачу в топке котла на 10–30 %;
- повысить КПД котла и соответственно уменьшить расход топлива (природного газа) на 3–5 %, в результате достичь величин КПД не менее 90 %;

- снизить образование оксидов азота на 30–50 %; в результате достичь среднего уровня концентраций NO_x в продуктах сгорания порядка 100 мг/м³;
 - снизить температуру уходящих газов на 40–80 °С;
 - повысить надежность эксплуатации и увеличить срок службы котлов (на 10–20 %, или на 3–5 лет) за счет снижения максимальных температур в зоне горения на 40–70 °С;
 - уменьшить расход огнеупорного кирпича на выкладку горелок и пода котла на 50% (по сравнению с форкамерными горелками).
- Описанные промежуточные (вторичные) излучатели могут также быть применены и с установленными на котле горелками других типов.

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТОПОЧНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КОТЛАХ ПУТЕМ УСТАНОВКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ (ВТОРИЧНЫХ) ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Технология предназначена для повышения эффективности сжигания газообразного топлива в котлах и снижения токсичных выбросов в атмосферу.

Недостатком многих находящихся в эксплуатации водогрейных и паровых котлов является малоэффективная теплоотдача в топке и обусловленные этим высокая температура уходящих газов (до 200–250 °С) и низкий КПД (до 85–87 %).

Одним из возможных и реальных путей повышения эффективности использования топлива в котлах, и соответственно повышения их КПД и уменьшения газовых выбросов в атмосферу (включая CO₂, NO_x и др.), является интенсификация теплообмена и соответственно теплоотдачи в топочной камере.

При сжигании природного газа в относительно небольших топочных объемах котлов с развитым экранированием стенок, с точки зрения интенсификации теплообмена и надежной стабилизации факела целесообразна установка промежуточных (вторичных) излучателей – твердых нагретых до высоких температур тел, являющихся как бы «тепловыми зеркалами», передающими излучение к поверхностям нагрева.

Действие промежуточных излучателей основано на том, что они воспринимают тепло селективным излучением и конвекцией от продуктов сгорания и передают его полным спектром излучения к водоохлаждаемым поверхностям, расположенным в топке. Находясь в стационарном режиме при неизменной температуре, промежуточные излучатели весь падающий на них тепловой поток переизлучают на поверхности экрана в виде отраженного тепла и собственного излучения.

Установка промежуточных излучателей в топочной камере котла обеспечивает интенсификацию лучистого теплообмена, за счет чего увеличивается теплоотдача в топке и соответственно повышается КПД котлов и уменьшается расход топлива. Кроме того, введение в зону факела промежуточных излучателей позволяет снизить максимальные температуры в ядре зоны горения, за счет чего уменьшаются образование и соответственно выбросы токсичных веществ, в первую очередь оксидов азота. В результате снижения как максимальных температур в зоне горения, так и температур на выходе из топки и за котлом, облегчаются условия работы, повышается надежность и увеличивается срок эксплуатации котла.

Использование промежуточных излучателей позволяет:

- увеличить теплоотдачу в топке котла на 10–30 %;
- уменьшить расход топлива (природного газа) в котлах:
 - производительностью до 1 Гкал – на 3–5 %,
 - производительностью 1–6 Гкал – на 1–3 %,
 - производительностью 6–30 Гкал – на 0,6–1 %;
- снизить образование оксидов азота на 20–30 %;
- снизить температуру уходящих газов на 60–90 °С;

- повысить надежность эксплуатации и увеличить срок службы котлов (на 10–20 %, или на 3–5 лет) за счет снижения максимальных температур в зоне горения на 30–70 °С.

Технология не требует больших капитальных вложений и эксплуатационных расходов, срок окупаемости составляет 1–2 года в зависимости от типа котла.

Для изготовления излучателей используются огнеупорные материалы на основе оксидов или тугоплавких соединений, обеспечивающие возможность длительной эксплуатации в условиях высоких температур в окислительно-восстановительной среде при возможности реализации достаточно большого числа теплосмен.

Разработаны технические решения по применению промежуточных излучателей в котлах НИИСТУ различных модификаций, а также в котлах ТВГ, ДКВР, КВ-ГМ и других производительностью до 30 Гкал/ч (до 50 т/ч пара).

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел. (38 044) 453-28-62, тел./факс (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

РЕЦИРКУЛЯЦІЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНІЯ

Призначена для зниження токсичних викидів в атмосферу при сжиганні газообразного или жидкого топлива в котлах.

Рециркуляція продуктів сгорання представляє собою найбільш ефективний метод подавлення утворення оксидів азота (NO_x) при сжиганні як газу, так і мазута, дозволяючий знизити вміст NO_x в уходящих газах на 60–70 %. Метод оснований на отборі частини продуктів сгорання за котлом і подачі їх в зону горіння.

Реалізація пропонованої технології рециркуляції продуктів сгорання на котлі не потребує підвищення продуктивності димососів, необхідно тільки виготовлення системи перепускних трубопроводів для продуктів сгорання.

Практично тільки за рахунок даного методу при невеликих затратах може досягатися значительний екологічний ефект.

Крім цього, зменшується ймовірність перегріву екранних поверхностей топку, забезпечується вирівнювання полів температур в топочної камері, що дозволяє збільшити міжремонтні періоди.

Пропонований метод цілесообразно застосовувати для наступних парових і водогрейних котлів:

КВ-ГМ-100; 50; 30; 20; 10;
ДКВР-4; 10; 20;
ДЕ-16; 25;
ПТВМ-30; 50; 100;
ТВГ-4; 8; ТВГМ-30; КВГ-6,5.

Возможна розробка індивідуальних рішень і для інших котлів.

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Україна, 03057, Київ, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com



МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЛІВ ПТВМ-50

Стандартний котел
ПТВМ-50

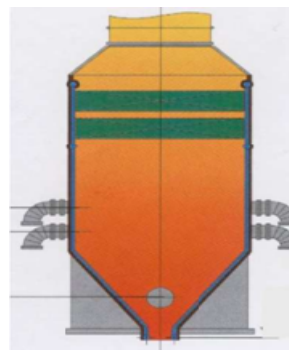
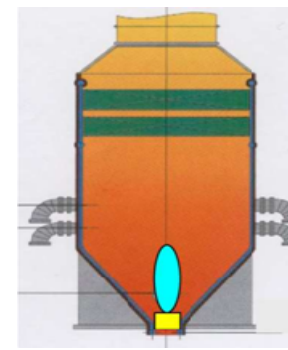


Схема модернізації
ПЕ+ПГ



Встановлення додаткового подового щільного пальника



Схема модернізації
ВАТ «Дорогобужкотломаш»

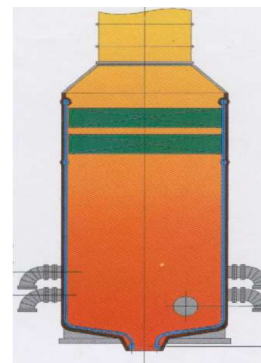
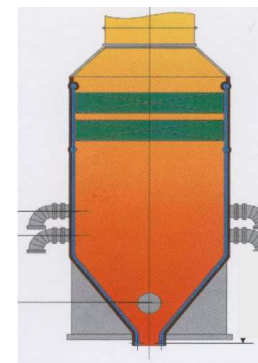


Схема модернізації
фірми SAACKE (ФРГ)



– Заміна пальників

– Реконструкція каркаса котла зі зміною його форми та збільшенням висоти

– Заміна пальників

Параметр	Стандарт-ний котел	ШЕ+ПГ	Економія
Мінімальне навантаження, %	30	6	24
Час роботи на мінімальному навантаженні, год/рік	700	700	–
Витрати палива на номінальному навантаженні, м ³ /год	6700	6700	–
Витрати палива на мінімальному навантаженні, м/год	2010	402	1608
Вартість витрат природного газу, тис. грн./год (при вартості газу 960 грн./1000 м ³)	1,930	0,386	1,544
Вартість витрат природного газу, тис. грн./рік (при вартості газу 960 грн./1000 м ³)	1351,0	270,2	1125,6

Параметр	Стандарт-ний котел	Модернізація за схемою		
		ШЕ+ПГ	Дорогобужкот-ломаш	SAACKE
Теплопродуктивність номінальна, МВт	58,2	69,8	69,8	58,2
Теплопродуктивність мінімальна, %	30	6	30	30
ККД котла, %	91	~93	91,6	~93
Термін окупності (кількість опалювальних сезонів в цінах 2009 р.)	–	0,5		2

Керівник робіт:
д.т.н., проф. І. Я. Сігал
Тел./факс: +380 44 456 6259



ЭКОНОМИЯ ГАЗА И ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА КОТЛОВ ТВГ-8, ТВГ-8М, КВГ-7,56

Опыт эксплуатации котлов ТВГ-8 и ТВГ-8М показал, что их, соответствующий действительности, срок службы (при нормальных показателях эксплуатации) существенно превышает заводской срок (14 лет) и ограничивается состоянием не топочной, а конвективной поверхности нагрева и горелок.

Модернизация котлов с заменой горелок и конвективной поверхности нагрева позволяет повысить КПД, в среднем, на 5% до уровня лучших мировых образцов и продлить срок эксплуатации на 15 лет.

Для повышения эффективности использования газа и уменьшения энергозатрат в котле устанавливаются подовые щелевые горелки 3-го поколения МПИГ-3 (модернизированная подовая излучающая горелка, разработанная Институтами газа НАНУ и Промышленной экологии, г. Киев). Горелки снабжены специальными газовыми соплами и направляющими для воздуха, которые обеспечивают улучшение процессов смешения газа с воздухом, работают с малыми избытками воздуха и интенсифицируют теплообмен в топках.

Конвективная поверхность нагрева заменяется на новую из труб Ø32×3, (вместо заводской Ø28×3), которая имеет больший проходной диаметр для воды и более развитую поверхность теплообмена для котлов ТВГ-8 и ТВГ-8М и др. (Разработка Института газа НАНУ).

На котле КП «Жилтеплоэнерго Киевэнерго» ТВГ-8М, где проведена модернизация (замена горелок и замена конвективной поверхности нагрева), температура уходящих газов снижена на 70-80°C, КПД котла повышен на 4,3–5,0% до 94–96% (испытания проведены службой наладки КП «Жилтеплоэнерго Киевэнерго»). Модернизация обеспечивает экономический эффект на одном котле 253,8 тыс. грн./год (экономия газа составляет 172 тыс. м³/год или за 15 лет 2,6 млн. м³) по сравнению с закупкой и установкой нового котла ТВГ-8М.

Затраты на модернизацию одного котла ТВГ-8 (ТВГ-8М) составляют 320 тыс. грн. Окупаемость 1,5 года.

Руководитель работ:
д.т.н., проф. И. Я. Сигал
Тел./факс: +380 44 456 62 59



ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГОРЕЛОК КОТЛОВ ТИПА ДЕ И ДКВР С ЦЕЛЮ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА (ОСОБЕННО В ОСЕННЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД)

Котлы ДЕ оснащены одной мощной горелкой с ограниченным диапазоном устойчивого регулирования, имеют на некоторых режимах вибрации, для избегания которых увеличивают нагрузку котлов до стабильной работы и, как следствие, это приводит к перерасходам топлива на 10–15 %, особенно в весенне-осенний период.

Разработаны специальные двухколлекторные горелочные устройства, позволяющие эксплуатировать котел в широком диапазоне нагрузок от 5 до 120 % с высокими технико-экономическими и экологическими показателями. Эти газовые горелки могут быть установлены при ремонтах или модернизации существующих горелок котлов ДЕ. Замена горелок не требует переоборудования котла – горелки устанавливаются в ту же амбразуру, которая имеется в котле. Основным преимуществом такой горелки является наличие 2-х газовых коллекторов (фактически двух газовых горелок, одна на 30 %, а другая на 70 % производительности), что позволяет эксплуатировать малую горелку на режимах до 30 % производительности не подавая газ в основной газовый коллектор, а основную – на режимах от 30 до 100%. Горелочное устройство такого типа успешно прошло 2-х годовичную промышленную эксплуатацию в котле ДЕ-16 (г. Лужаны Черновицкой обл.), где обеспечило высокий КПД котла на различных режимах производительности и регулирование длины факела в широких пределах. Возможна реконструкция существующих горелочных устройств.

По сравнению с существующими горелками котлов ДЕ, реконструированные на двухколлекторные горелки ГМ-7Р, ГМ-10Р, ГМП-16Р (котёл ДЕ-25) дают возможность при эксплуатации котлов:

- Обеспечить работу котлов без пульсаций и срыва пламени в широких пределах.
- Обеспечить экономию природного газа до 6 - 10 % в осенне-весенний период и 1–3 % на номинальной нагрузке.
- Повысить надежность эксплуатации (регулирование длины факела и др. параметров при постоянной нагрузке).
- Снизить выбросы оксидов азота на 30 %.

Экономия газа в осенне-весенний период составит до 6–10 %, а в зимний до 2–3 %. Срок окупаемости – в среднем 6 мес.

Руководитель работ:

д.т. н., проф. И. Я. Сигал

Тел./факс: +380 44 456 62 59



<p>КОНДЕНСАЦІЙНИЙ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОР УТКП-0,7</p>	<p>КОНТАКТНА КОМБІНОВАНА ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНА УСТАНОВКА</p>
 <p>ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД КОНДЕНСАЦІЙНОГО ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА УТКП-0,7</p> <p>1-теплообмінник 2-байпасний газодіод 3-смотрове вікно 4-конденсатозбірник 5-бронзові труби 6-взривний клапан</p>	<p>Технічні характеристики контактної комбінованої теплоутилізаційної установки, змонтованої за котлоагрегатом ДКВР-10/13</p>
<p>Паропродуктивність котлоагрегату, т/г</p>	<p>9,8</p>
<p>Частка димових газів, що проходять через еконо- майзер, %</p>	<p>50</p>
<p>Коефіцієнт розбавлення продуктів згоряння перед установкою</p>	<p>1,64</p>
<p>Температура димових газів, °С: – перед економайзером – після економайзера</p>	<p>110 38</p>
<p>Температура повітря, що нагрівається, °С: – перед повітряпідігрівачем – після повітряпідігрівача – температура нагрітої циркуляційної води, °С – опір економайзера, Па – опір повітря підігрівача, Па</p>	<p>–10 33 46 230 320</p>
<p>– зниження викидів оксидів азоту, кг/доба – економія природного газу, %</p>	<p>15,4 5,33</p>

Технічні характеристики теплоутилізатора УТКП- 0,7	
Теплова продуктивність номінальна, МВт	0,7
Підвищення коефіцієнту використання палива, %	8
Температура димових газів на вході ТУ, °С	183
Температура димових газів на виході ТУ, °С	90
Максимальні витрати відхідних газів, кг/сек	3,15
Температура води на вході ТУ, °С	10
Температура води на виході, °С	22,5
Максимальні витрати води, т/год°	50
Максимальний об'єм виникаючого конденсату, кг/сек	0,13
рН конденсату	5,0
Аеродинамічний опір, Па	250
Гідравлічний опір, кПа	30
Габаритні розміри, мм	2250/ 1100/ 1700
маса ТУ, кг	750



Контактна комбінована теплоутилізаційна установка

АР Крим, м. Сімферополь

Впровадження цієї технології дозволяє знизити викиди оксидів азоту в атмосферу не менше ніж на 50–60 %, зменшити на 8–10 % витрату палива (природного газу) і одержати конденсат, придатний для підживлення тепломережі



Теплоутилізатор УТКП-0,7 м. Чернігів

Україна, 03057, Київ
вул. Желябова, 2а
www.engecology.com

Тел.: (044) 453-2862
Тел./факс: (044) 456-9262
E-mail: office@engecology.com



Україна, 04215, г. Киев
пр-т. Гонгадзе, 20
Tel/F: +38-044 239-19-64
http://www.nvfganza.com.ua
E-mail:nvfganza@gmail.com

Сокращение потребления природного газа в ЖКХ за счет утилизации теплоты дымовых газов

- Объем потребления природного газа в ЖКХ - более 8500 млн м³ в год
- Сокращение потребления природного газа в ЖКХ за счет утилизации теплоты - до 780 млн м³ в год
- Гарантия повышения КПД топливоиспользующего оборудования за счет утилизации теплоты на 3-5%

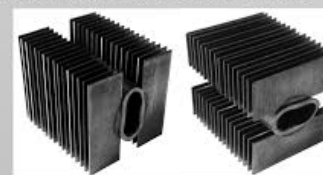


Рис. 1 - Основной элемент утилизатора - плоскоовальные трубы с неполным оребрением

- Преимущества:
- высокая технологичность, простота конструкции;
 - компактность и малая металлоемкость;
 - низкое аэродинамическое сопротивление и связанные с этим низкие эксплуатационные затраты;

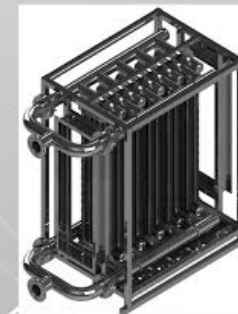


Рис. 2 - Типовая модульная конструкция утилизатора

Окупаемость составляет до двух отопительных сезонов, включая стоимость оборудования, проекта, строительно-монтажных и пусконаладочных работ

Тип теплоутилизатора	Котел	Тепловая мощность утилизатора, кВт	Повышение КПД котла, %	Объем экономии*		Окупаемость, лет
				газа, тыс м ³	денежных средств, тыс. грн.	
Т/У-1	Колви-3000, КСВ-2,9Г	200	4,5	60	378	1,5
Т/У-2	ДКВР-10-13, КВГ 6,5	400	4,8	200	1260	0,7
Т/У-3	ТВГ-8М, ДЕ-16-14	500	5,5	220	1386	0,8
Т/У-4	ПТВМ-30М, КВ-ГМ-30	1200	4,7	420	2646	0,6
Т/У-5	КВ-ГМ-50, ПТВМ-50	1600	3,2	600	3780	0,5

* Объем экономии на один котел рассчитан, исходя из 4000 часов работы котла в отопительный сезон при цене газа 6300 грн за тыс м³

СКРУББЕРЫ ИНТЕНСИВНОЙ ПРОМЫВКИ (СИП)

Новые мокрые пылеуловители – скрубберы интенсивной промывки (СИП) – представляют собой низконапорные скрубберы второго класса по эффективности улавливания пылей третьей и четвертой групп дисперсности (по ГОСТ 12.2.043-80) со средним медианным диаметром менее 10 мкм.

Высокая эффективность очистки достигается за счет интенсификации улавливания наиболее мелких фракций пыли специальными устройствами.

Основные преимущества СИП в сравнении, например, с наиболее универсальным скруббером Вентури при условии обеспечения одинаковой эффективности очистки следующие:

- значительно (в 1,5–2,0 раза) меньше величина гидравлического сопротивления, в связи с чем в ряде случаев не требуется установка дополнительного дымососа;
- обеспечена возможность работы при высоких концентрациях распыливаемой рабочей суспензии (до 14 % сухих веществ),
- обеспечена возможность концентрирования и возвращения в производство улавливаемого продукта, поскольку распылитель не имеет мелких отверстий или щелей, обычно используемых для получения тонкого распыления жидкости.

Область применения СИП – те случаи, когда требуется высокая степень очистки газов от аэрозолей с медианным диаметром менее 10 мкм при уровнях энергозатрат 1500–2500 кДж/1000 м³.

Примеры конструкций скрубберов интенсивной промывки (СИП)

1. Мокрый пылеуловитель с вращающимся веерным распылителем (МПВ)

МПВ предназначен для очистки технологических газовых выбросов от мелкодисперсной пыли, для санитарной очистки газовых выбросов, например, распылительных сушилок в пищевой промышленности (аэрозоли сухих кормовых дрожжей, сухой молочной пыли, сахара и т. д.), в микробиологической (пыль лигнита, кормовых дрожжей, ферментов, комбикормов и др.), в химической (при производстве СМС, удобрений), в энергетике (на ТЭС – в качестве альтернативы скрубберам Вентури), а также в других отраслях промышленности.

Требуемая степень очистки от пыли достигается за счет обеспечения необходимых: скорости газа в зоне промывки его факелом распыленной жидкости, частоты вращения распылителя, величины удельного орошения, величины степени турбулентности (регулируемой) газового потока.

Техническая характеристика МПВ

Расход очищаемого газа, тыс. м ³ /ч	80–300
Гидравлическое сопротивление кПа	1,0–1,3
Удельное орошение газов, л/м ³	0,3–1,0
Эффективность пылеулавливания, %	более 95 %
Общий уд. расход эл.энергии на очистку газов, кВт ч/1000м ³	0,6–0,7

2. Скруббер центробежный прямоточный (СЦП)

СЦП – форсуночный скруббер с прямоточным циклоном – каплеуловителем и устройством для создания повышенной степени турбулентности в зоне контакта аэрозоля с каплями жидкости.

Основной механизм улавливания аэрозолей в СЦП – инерционный, в поле центробежных сил на каплях при высокой степени турбулентности газового потока $T < 50$ % вместо имеющих место в обычных условиях $T \cong 5$ %.

Опыт работы СЦП, например, на дрожжерастительных аппаратах объемом 320, 600 м³ типа ДРА показал, что высокие значения степени улавливания высокодисперсного микробиологического капельного аэрозоля (медианным диаметром $d_{50} < 11$ мкм) достигаются при умеренных уровнях гидравлического сопротивления (до 1,0–1,5 кПа); при этом не требуется установка дополнительного вентилятора и обеспечиваются требования ПДВ (менее $5 \cdot 10^3$ микробных частиц в 1 м³ очищенного воздуха).

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЖИДКОГО ТОПЛИВА НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ КОТЕЛЬНОЙ ЗА СЧЕТ ПОДОГРЕВА ТОПЛИВА УХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ

В котельных, работающих на жидком топливе (как основном, так и резервном), на разогрев этого топлива (мазут М100, М40) используется более 15 % теплоты его сгорания. Для мазута марки М200 и «Компонент» эта величина еще больше. Положение ухудшается тем, что большинство котелов с водогрейными котлами не имеют пара, необходимого для обычной схемы разогрева мазута. Целевое установление небольших паровых котлов требует больших затрат и нецелесообразно.

Институтом разработана система подогрева мазута уходящими дымовыми газами с использованием части штатного котлового экономайзера. Проводятся перерасчеты фактически нужной поверхности теплообмена котлового экономайзера с учетом фактически максимальной нагрузки котла. Учитывая, что котлы, как правило, не новые, фактически допустимая нагрузка обычно на 15–20 % ниже, чем расчетная. Таким образом, возможно (уточняется расчетами) использование 15–20 % поверхности штатного экономайзера для подогрева в них мазута. Такая реконструкция котла не требует больших затрат средств, но предусматривает установку дренажной системы для очистки трубных пучков от мазута при остановке работы системы и перед ее загрузкой.

Использование такой системы подогрева позволяет обеспечить экономию не менее 15 % мазута за счет уменьшения затрат на собственные нужды.

Срок окупаемости необходимого переоборудования составляет не более одного года.

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел. (38 044) 453-28-62, тел./факс (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

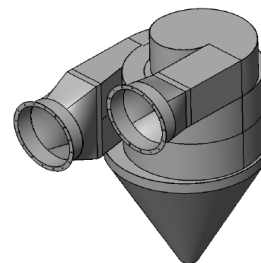
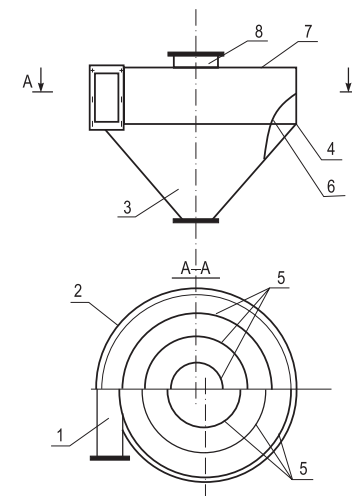
ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ФИЛЬТР

Значительного увеличения эффективности очистки запыленных газовых потоков в аппаратах центробежного типа можно достичь путем совмещения в одном аппарате двух методов очистки – центробежной сепарации и фильтрации.

Аппарат предназначен для очистки промышленных выбросов в атмосферу от пыли, он состоит из сепарационной камеры, выполненной в виде соединенных с крышкой (7) и дном (6) полуцилиндров (5) и корпуса (2), входного (1) и выходного (8) патрубков, бункера – пылесборника (3).

Разработанная сотрудниками Одесского национального политехнического университета система последовательно соединенных криволинейных каналов с замкнутыми контурами легла в основу пылеулавливающего аппарата нового поколения – «Центробежный фильтр» (Патент Украины № 78157 от 15.02.2007 г.)

Количество сепарационных камер и каналов в них может изменяться в зависимости от условий конкретных производств (расхода газового потока, дисперсного состава пыли, требуемой степени очистки и др.).



Общие виды центробежных фильтров

Модули центробежных фильтров могут компоноваться как в блоки заданной производительности, так и в виде многоступенчатых систем очистки.

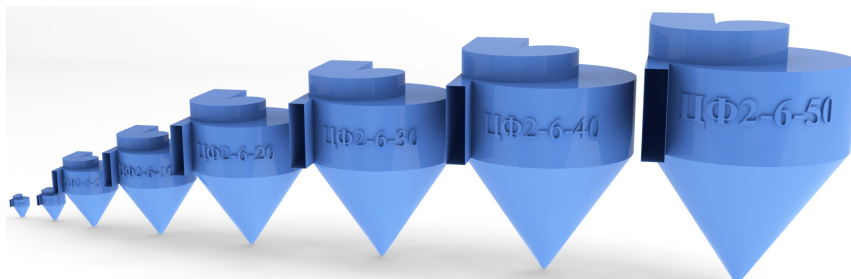
Эффективность улавливания в зависимости от количества каналов в центробежном фильтре при улавливании пыли начиная с медианного диаметра 5 мкм приведена в таблице.

Таблица

Число каналов в центробежном фильтре, n							
1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент улавливания, %							
50	67	80	89	94	97	98	99

Адекватность приведенных данных многократно подтверждена промышленными испытаниями центробежных фильтров в различных отраслях промышленности.

Наряду с высокой эффективностью улавливания и небольшими энергозатратами, центробежный фильтр обладает также возможностью позиционного регулирования объема очищаемого газа на 50 % и 100 % расчетного расхода без потери эффективности очистки.



Типоряд аппаратов единичной производительностью от 0,1 до 50 тыс. м³/ч

Принцип работы центробежных фильтров можно посмотреть на сайте www.ecologenergy.com и в www.youtube.com канал MrSerebryanskiy.

Адрес для запроса дополнительной информации:

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03680, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

ЦИКЛОФИЛЬТР

Циклофильтр – высокоэффективный пылеуловитель, сочетающий в себе преимущества циклона и рукавного фильтра.

Работа циклофильтра основана на трех ступенчатой очистке:

Первая ступень – центробежная в сепарационном канале, из которого уловленная пыль сразу отводится в отдельный бункер-пылесборник. Такая предварительная очистка позволяет уменьшить начальную запыленность газового потока, поступающего на фильтровальные рукава. Далее поток поступает на вторую ступень очистки.

Вторая ступень – центробежная в цилиндрической камере, в которой расположены фильтровальные рукава. Далее поток поступает на третью ступень очистки.

Третья ступень – в фильтровальных рукавах позволяющих улавливать мелкодисперсные частицы пыли. Фильтровальные рукава оборудованы системой импульсной регенерации.

Циклофильтр предназначен для:

- высокоэффективной очистки запыленного воздуха (газа) от твердых частиц пыли в вытяжных, напорных и аспирационных системах до требований санитарных норм.

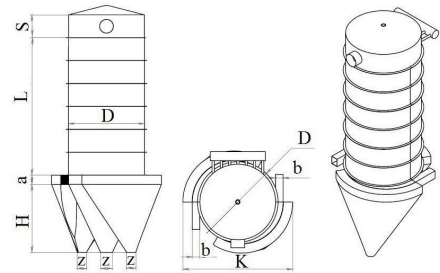
Циклофильтр применяется в различных отраслях промышленности:

- металлургической, химической, энергетической, деревообрабатывающей, строительной индустрии и т.д
- системах аспирации узлов пересыпок сыпучих материалов;
- системах газоочистки сушильных барабанов, дробилок, зачистных станков и др.;
- аспирации литейных дворов, цементных мельниц, холодильников клинкера;
- золоочистки твердотопливных котлов.

Основные преимущества циклофильтра:

- высокая эффективность очистки, отвечающая европейским стандартам;
- высокая эффективность очистки мелкодисперсных и абразивных частиц;
- трех ступенчатая очистка газового потока, реализованная в одном аппарате;
- срок службы циклофильтра выше, чем у аналогичного оборудования благодаря особенностям конструкции аппарата, что приводит к значительному уменьшению абразивного износа;
- экономия энергоресурсов благодаря уменьшению пылевой нагрузки на фильтровальные рукава за счет предварительной очистки в сепарационном канале аппарата;
- удобный доступ к отдельным элементам циклофильтра, облегчающий сервисное обслуживание;
- снижение эксплуатационных расходов благодаря автоматизации процесса регенерации;
- минимальная занимаемая площадь.

Марка аппарата	Диаметр аппарата, D, мм	Кол-во рукавов, шт.	Патрубок входа газа, мм	Выход пыли, d, мм	Высота конуса, мм	Высота цилиндрической части аппарата, мм	Ширина аппарата, мм	Высота камеры чистого газа, мм	Длина рукава, мм	Площадь рукавов, м ²	Расход очищаемого газа, тыс. м ³ /ч
ЦкФ-1	600	4	min 30×60 max 70×100	150	1,5...2D	2000–6000	min 720 max 880	1500	2000–6000	3...11	0,2...1
ЦкФ-2	800	1	min 50×100 max 110×120	150	1,5...2D	2000–6000	min 1000 max 1240	1500	2000–6000	10...30	0,6...3
ЦкФ-3	1050	21	min 60×120 max 150×300	200	1,5...2D	3000–6000	min 1290 max 1650	1500	3000–6000	27...54	0,8...5
ЦкФ-4	1250	25	min 90×180 max 160×320	200	1,5...2D	3000–6000	min 1610 max 1890	2000	3000–6000	32...64	2...6
ЦкФ-5	1450	37	min 110×230 max 200×400	300	1,5...2D	3000–6000	min 1890 max 2250	2000	3000–6000	48...96	3...9
ЦкФ-6	1650	45	min 120×250 max 220×440	300	1,5...2D	3000–6000	min 2130 max 2530	2000	3000–6000	58...116	4...10
ЦкФ-7	1850	61	min 140×280 max 250×500	300	1,5...2D	3000–6000	min 2410 max 2850	3000	3000–6000	79...158	5...14
ЦкФ-8	2050	69	min 150×300 max 270×540	300	1,5...2D	3000–6000	min 2650 max 3130	3000	3000–6000	89...178	5...16
ЦкФ-9	2250	89	min 170×340 max 310×620	300	1,5...2D	3000–6000	min 2930 max 3490	3000	3000–6000	115...230	7...21
ЦкФ-10	2450	109	min 200×400 max 340×680	300	1,5...2D	3000–6000	min 3250 max 3810	3000	3000–6000	141...281	9...25
ЦкФ-11	2650	137	min 220×440 max 380×760	300	1,5...2D	3000–6000	min 3530 max 4170	3000	3000–6000	177...354	11...31
ЦкФ-12	2850	145	min 220×440 max 390×780	300	1,5...2D	3000–6000	min 3730 max 4410	3000	3000–6000	187...374	11...34
ЦкФ-13	3050	177	min 250×500 max 440×880	300	1,5...2D	3000–7000	min 4050 max 4810	3000	3000–7000	228...457	14...41
ЦкФ-14	3250	185	min 260×520 max 480×960	300	1,5...2D	3000–7000	min 4290 max 5170	3000	3000–7000	239...555	14...50
ЦкФ-15	3450	221	min 280×560 max 520×1040	300	1,5...2D	3000–7000	min 4570 max 5530	3000	3000–7000	285...663	17...60
ЦкФ-16	3650	249	min 300×600 max 550×1110	300	1,5...2D	3000–7000	min 4850 max 5850	3000	3000–7000	321...747	19...67
ЦкФ-17	3850	277	min 310×620 max 580×1180	300	1,5...2D	3000–7000	min 5090 max 6170	3000	3000–7000	357...831	21...75
ЦкФ-18	4050	313	min 330×660 max 620×1240	300	1,5...2D	3000–7000	min 5370 max 6530	3000	3000–7000	403...939	24...84



Адрес для запроса дополнительной информации:

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03680, Киев, ул. Желябова, 2а

Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62

e-mail: office@engecology.com

www.engecology.com

ЦИКЛОННЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ

Работа циклонного пылеуловителя основана на двухступенчатой очистке.

Первая ступень – центробежная очистка высококонцентрированного потока в пристенной области аппарата с отводом твердых частиц в отдельный бункер-пылесборник.

Вторая ступень – центробежная очистка в цилиндрической и конической частях циклонного пылеуловителя.



Циклонный пылеуловитель предназначен для:

- очистки запыленного воздуха (газа) от твердых частиц пыли и жидких аэрозолей в вытяжных, напорных и аспирационных системах;
- в мокрых системах газоочистки в качестве каплеуловителей.

Циклонный пылеуловитель применяется в различных отраслях промышленности:

- металлургической, химической, энергетической, деревообрабатывающей, строительной индустрии и т. д.
- системах аспирации узлов пересыпок сыпучих материалов;
- системах газоочистки сушильных барабанов, дробилок, зачистных станков и др.;
- аспирации литейных дворов, цементных мельниц, холодильников клинкера;
- золоочистки твердотопливных котлов.

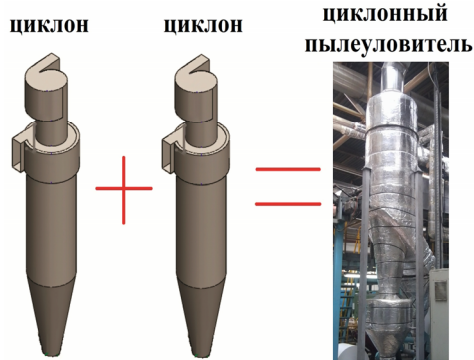
Основные преимущества циклонного пылеуловителя:

- унос частиц пыли из циклонного пылеуловителя в 2–4 раза меньше чем у стандартного циклона;
- двухступенчатая очистка газового потока;
- увеличение срока службы циклонного пылеуловителя достигается отводом концентрированного твердыми частицами пристенного потока в отдельный бункер-пылесборник, в результате чего достигается уменьшение абразивного износа корпуса аппарата;
- удобный доступ к отдельным элементам циклонного пылеуловителя, облегчающий сервисное обслуживание;
- минимальная занимаемая площадь.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНДАРТНОГО ЦИКЛОНА В НОВЫЙ АППАРАТ ЦИКЛОННЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ

Разработанный метод модернизации стандартных циклонов различных типов (ЦН, СИОТ, ЛИОТ, РИСИ, СКЦН и др.), основанный на принципе конструкции циклонного пылеуловителя (новой конструкции), позволяет модернизировать стандартный (типовой) циклон без существенных капитальных затрат, при этом выбросы твердых частиц пыли из циклона уменьшаются в 2–4 раза без возрастания энергозатрат на очистку.

ДВА ЦИКЛОНА В ОДНОМ КОРПУСЕ = ЦИКЛОННЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ



Адрес для запроса дополнительной информации:

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Украина, 03680, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 453-28-62, тел./факс: (38 044) 456-92-62
e-mail: office@engecology.com
www.engecology.com

ВИПРОБУВАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ІТТФ НАН УКРАЇНИ

В Інституті технічної теплофізики НАН України працює випробувальна лабораторія. Лабораторія була атестована у 2010 році на підставі закону України «про метрологію та метрологічну діяльність», укомплектована устаткуванням, розробленим в ІТТФ НАН України. Лабораторія може проводити наступні роботи:

◆ Контактне та безконтактне обстеження огорджувальних будівельних конструкцій, визначення опору теплопередачі в лабораторних та натурних умовах, а також виявлення дефектів теплоізоляції будівель з метою визначення енергоефективності будівель.



◆ Ефективну термомодернізацію існуючого житлового фонду за рахунок використання якісних сучасних теплоізоляційних матеріалів.

◆ Визначати теплоту гідратації бетонів, що використовуються при будівництві фундаментів багатоповерхових споруд, та проводити моніторинг розподілу температурних полів при заливці бетонних фундаментів.

◆ Визначати інтегральні тепловтрати на ділянках теплотрас та тепловий опір ізоляції попередньо ізольованих труб.

◆ Визначати об'ємну кількість неагресивних газів в установках комунальних та промислових підприємств (теплообмінні установки, генератори вологого газу).

◆ Проводити вимірювання реальних параметрів вживаного палива.

◆ Визначати ефективність обладнання енергетичних об'єктів ЖКГ (котельні, теплопункти та тепломереж).

◆ Вимірювати енерговитрати у тепломережах та будівлях.

◆ Визначати теплозахисні властивості матеріалів для нового будівництва та термомодернізації вже існуючих споруд.

Спеціалістами ІТТФ НАН України розроблені та виробляються прилади для контролю параметрів енергогенеруючих об'єктів та тепломереж комунальної енергетики:

1. Портативні цифрові вимірювачі, прилади та інформаційно-вимірювальні комплекси для контролю теплових потоків і температур обмурівки котлоагрегатів і теплоізоляції трубопроводів. Впроваджено 14 приладів.

2. Термоелектричні приймачі теплового випромінювання для забезпечення надійності та ефективності роботи радіаційних екранних поверхонь нагріву в топковому просторі котла. Впроваджено 11 приладів.

3. Прилади вимірювального та індикаторного позначення для забезпечення мінімальних втрат при передачі виробленої теплоти споживачеві. Впроваджено 9 приладів.

ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ НАН УКРАИНЫ

Украина, 03057, Киев, ул. Желябова, 2а
Тел.: (38 044) 456-60-91

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали учасників XXIV міжнародної конференції

(4–5 грудня 2014 р., м. Київ)

(рос., укр. мовами)

Відповідальний редактор	О. І. Сігал
Редактори	Н. Ю. Павлюк Д. Ю. Падерно
Комп'ютерна верстка	О. В. Авдєєнко

*Редакційна колегія не несе відповідальності
за зміст наданих матеріалів*

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. ____.
Обл.-вид. арк. ____ Тираж 150 екз. Зам. № ____.

Підготовлено до друку та виготовлено в
Державному підприємстві «Інженерно-Виробничий Центр АЛКОН» НАН України
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2, тел./факс: (044) 430-82-47

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ДК № 987 від 22.07.2002 р.*