

$$+2 \cdot 0,074 + 1,5 \cdot 0,074 + 1,5 \cdot 0,056 + 3 \cdot 0,111 + 1 \cdot 0,074 = 1,72.$$

$$V_1 = 1^{0,058} \cdot 0,75^{0,043} \cdot 1^{0,058} \cdot 1^{0,043} \cdot 1,33^{0,058} \cdot 1,5^{0,065} \cdot 1^{0,097} \cdot 1,5^{0,130} \cdot 1,5^{0,130} \cdot 1^{0,043} \cdot 1,5^{0,065} \cdot 2^{0,087} \cdot 2^{0,087} \times 0,5^{0,043} = 1,29;$$

$$V_2 = 1^{0,049} \cdot 0,75^{0,037} \cdot 1^{0,049} \cdot 1,33^{0,049} \cdot 1^{0,037} \cdot 3^{0,111} \cdot 1^{0,074} \cdot 1,5^{0,111} \cdot 1,5^{0,111} \cdot 2^{0,074} \cdot 1,5^{0,074} \cdot 1,5^{0,056} \cdot 3^{0,111} \times 1^{0,074} = 1,55.$$

Все значения комплексных показателей качества, как видно по результатам расчета, больше единицы. Это свидетельствует о том, что экологическая безопасность водно-дисперсионных красок (образцы №1 и №2) выше экологической безопасности базового образца краски водно-дисперсионной №3 (FLAGMAN 38).

*Этап 7.* В результате расчёта комплексных средних взвешенных арифметических и геометрических показателей качества наиболее экологически безопасной оказалась краска водно-дисперсионная FLAGMAN 35 белая (образец №2). Несколько меньше экологическая безопасность краски водно-дисперсионной FLAGMAN FARMA ВД-АК-2391 белой (образец №1). Краска водно-дисперсионная FLAGMAN 38 белая (образец №3) оказалась наименее экологически безопасной.

УДК 504.5:662.92/.95:662.93

## РЕЖИМНО-НАЛАДОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА – ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

*Нижников А.В.<sup>1</sup>, маг., Савенок В.Е.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.*

<sup>1</sup>*Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова  
Белорусского государственного университета,  
г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Проведение режимно-наладочных испытаний (РНИ) котлов является одним из эффективных малозатратных методов энергосбережения. Проведен анализ РНИ водогрейных котлов, работающих на твердых видах топлива Кохановского ЖКХ Витебской области за период 2005–2015 гг. По результатам исследований установлено, что эксплуатационные характеристики котельных установок на 25–50 % ниже заявленных изготовителями. Предлагается установить периодичность РНИ для котельных установок на твердых видах топлива аналогично существующей периодичности РНИ для котельных установок на других видах топлива.

Ключевые слова: выбросы, котельные установки, коэффициент, норма, режимная карта.

Одним из основных этапов ввода в эксплуатацию котельных установок, работающих на различных видах топлива, являются режимно-наладочные испытания. Режимно-наладочные испытания (РНИ, режимная наладка) – комплекс работ, включающий наладку топливоиспользующего оборудования в целях достижения проектного (паспортного) объема потребления топлива в диапазоне рабочих нагрузок, наладку средств автоматического регулирования процессов сжигания топлива и вспомогательного оборудования. По результатам проведения работ составляются технический отчет и режимные карты котлов.

Проведение РНИ котлов является одним из эффективных малозатратных методов энергосбережения. Наладка котлов позволяет выявить недостатки в их состоянии и эксплуатации, наметить и осуществить комплекс мероприятий, повышающих экономичность: оптимизировать уровни избытков воздуха в разных частях газового тракта, температуры уходящих газов и др., а также составить индивидуальную режимную карту котлоагрегата.

Режимная карта котла – документ, составленный на основании режимно-наладочных и балансовых испытаний, содержащий основные оперативные и контрольные параметры работы топок и котла, значение КПД, удельный расход топлива при различной производительности, предельные значения контролируемых параметров. Режимная карта

котла помогает грамотно его эксплуатировать.

Документ, регламентирующий сроки проведения РНИ – «Правила по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 бар) и водогрейных котлов с температурой нагрева воды не выше 1150С» [1]. Согласно [1], для котлов, работающих на твердом топливе, проводятся только пусконаладочные работы (гл. 51, п. 407 [1]). Проведение режимно-наладочных работ на действующих котлах должно проводиться не реже 1 раза в 3 года при работе котлов на газообразном топливе, и не реже 1 раза в 5 лет при работе котлов на жидком топливе (гл. 51, п. 416 [1]). Таким образом, действующим законодательством не предусматривается обязательств эксплуатирующих организаций по проведению режимно-наладочных работ котлов, работающих на местных видах топлива.

В качестве исследуемого объекта выбрано Кохановское унитарное производственное предприятие (КУПП) жилищно-коммунального хозяйства «Коханово-ЖКХ» Толочинского района Витебской области. Нами анализировалась документация – технические отчеты о проведенных на твердом топливе (дрова смешанные топливные) режимно-наладочных испытаниях водогрейных котлоагрегатов за период 2010–2015 гг. на балансе КУПП «Коханово-ЖКХ».

По результатам исследований установлено, что максимальный эксплуатационный КПД, достигнутый в результате режимно-наладочных испытаний, ниже заявленных изготовителями, находится в диапазоне 66,0–73,1 %. Выйти на номинальную нагрузку, заявленную изготовителями, удалось только на котлах КВ-Дг-0,8-95. Фактическая теплопроизводительность остальных котлов оказалась ниже заявленной изготовителями и составила 50–68 % паспортной. Удельный расход условного топлива на выработку тепловой энергии составляет 195,4–216,6 кг.у.т/Гкал. Коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  находится в диапазоне 2,23–3,94. Конструктивные особенности топочных камер котлов не позволяют работать с меньшими избытками воздуха. При уменьшении количества подаваемого в топку воздуха резко замедляется горение и снижается теплопроизводительность. В свою очередь высокий коэффициент избытка воздуха приводит к химическому недожогу и повышенному содержанию оксида углерода (СО) в отходящих газах.

Действующим законодательством Республики Беларусь в области охраны атмосферного воздуха установлены нормы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании топлива в котельных установках теплопроизводительностью от 0,1 МВт, используемых для производства тепловой и электрической энергии, отопления и горячего водоснабжения.

Государственными стандартами СТБ 1626.1,2-2006 [2,3] установлены нормы выбросов для котельных установок, работающих на газообразном, жидком и твердом топливе и нормы выбросов для котельных установок, работающих на биомассе. Требования вышеуказанных стандартов распространяются на вновь изготавливаемые, эксплуатируемые, проектируемые, модернизируемые, реконструируемые котельные установки.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух не должны превышать нормы, установленные вышеуказанными стандартами, и должны учитываться при установлении и контроле предельно допустимых выбросов стационарных источников загрязнения атмосферы.

Приведенные в [2,3] нормы выбросов – предельный уровень содержания загрязняющего вещества в сухих отходящих газах мг/м<sup>3</sup> при нормальных условиях (температура 0 °С и давление 101,3 кПа) и пересчитанный на объемное содержание кислорода в отходящих газах 6 % (коэффициент избытка воздуха  $\alpha=1,4$ ). При установлении и контроле нормативов допустимых выбросов полученные в результате инструментальных замеров фактические значения концентраций загрязняющих веществ при измеренном коэффициенте избытка воздуха пересчитываются на объемное содержание кислорода в отходящих газах в соответствии с приложением А к [2]:

$$C_j = I_j \cdot \rho_j \cdot \frac{\alpha}{1,4}, \quad (1)$$

где  $C_j$  – концентрация нормируемого  $j$ -го загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>;  $I_j$  – измеренная объемная концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества, одна миллионная доля объема ( $ppm$ ) ( $1 ppm = 0,0001 \%об.$ );  $\rho_j$  – коэффициент перевода для  $j$ -го загрязняющего вещества

объемной концентрации к нормальным условиям, мг/м<sup>3</sup>, является величиной постоянной, равной для оксида углерода 1,25 мг/м<sup>3</sup>, для оксидов азота 2,05 мг/м<sup>3</sup>, для диоксида серы 2,86 мг/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  – фактический измеренный коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы.

Используя вышеприведенную формулу произведен расчет фактических значений выбросов углерода оксида по результатам проведенных РНИ, а также сравнение полученных результатов с нормами, установленными [2, 3] (табл. 1). Фактические значения выбросов оксида углерода в большинстве случаев значительно превышают нормы, установленные действующим законодательством. И это по результатам проведенных режимно-наладочных испытаний, при наилучших (оптимальных) параметрах работы анализируемых котельных установок.

Таблица 1 – Сравнительный анализ фактических концентраций по результатам РНИ и нормативов, установленных СТБ

Котельная	Котлоагрегат	Режимы работы по РНИ (нагрузки)	Кэфф. избытка воздуха факт.	Выбросы оксида углерода		Норма по СТБ 1626.2-2006, мг/м <sup>3</sup>
				СО, ppm	СО, мг/м <sup>3</sup>	
1. Котельная ЦТП-1	КВ-Дг-0,8-95 зав. №58	Минимальная	3,48	2489	7734	2000
		Номинальная	2,49	8713	19371	
	КВ-Дг-0,8-95 зав. №59	Минимальная	3,94	2611	9185	2000
		Номинальная	2,9	9123	23622	
	КВ-Дг-0,8-95 зав. №60	Минимальная	3,32	4566	13535	2000
		Номинальная	2,32	7713	15977	
2. Котельная д. Заднево	КВ-Дг-0,4-95 зав. №031	Минимальная	3,94	5386	18947	2000
		Номинальная	2,3	7831	16082	
	КВ-Дг-0,4-95 зав. №032	Минимальная	3,8	5432	18430	2000
		Номинальная	2,32	7654	15855	
3. Котельная д. Горщевщина	КВр-0,63К зав. №1455	Минимальная	3,37	7856	23638	1000
		Номинальная	2,82	8174	20581	
4. Котельная д. Рацево	КВр-1,0 зав. №231	Минимальная	2,96	1120	2960	1000
		Номинальная	2,84	1230	3119	
	КВр-1,0 зав. №412	Минимальная	2,44	210	458	1000
		Номинальная	2,84	131	332	
5. Котельная ЦТП-2	КВр-1,16КД зав. №2075	Минимальная	2,86	8812	22502	1000
		Номинальная	2,23	8644	17211	
	КВр-1,16КД зав. №2077	Минимальная	2,86	8455	21590	1000
		Номинальная	2,27	8034	16283	

Соответственно эксплуатация котельных установок на твердом топливе без проведения РНИ приводит к еще более значительным выбросам в атмосферный воздух и худшим технико-экономическим показателям эффективности. С учетом того, что действующим законодательством не предусмотрено обязательств по проведению РНИ котельных установок на твердом топливе, большинство эксплуатирующих организаций игнорируют проведение режимно-наладочных работ для снижения текущих эксплуатационных затрат.

Вместе с тем, действующим природоохранным законодательством предусматривается возможность установления временных норм выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на уровне выше указанного в СТБ при соответствующем обосновании их результатами режимно-наладочных работ и разработке плана мероприятий по достижению технически возможной нормы выбросов для данной установки.

#### Список использованных источников

1. Правила по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 бар) и водогрейных котлов с температурой нагрева воды не выше 11500 С: утв. Пост. МЧС РБ от 31.12.2013 № 79, в ред. Пост. МЧС РБ от 10.03.2015 № 4.
2. СТБ 1626.1-2006. Установки котельные. Установки, работающие на газообразном,

жидком и твердом топливе / Нормы выбросов загрязняющих веществ. – Введ. 19.04.2006. – Минск: Госстандарт. – 2006. – 11 с.

3. СТБ 1626.2-2006. Установки котельные. Установки, работающие на биомассе. Нормы выбросов загрязняющих веществ. Минск: Госстандарт, 2006 – 7 с.

УДК 504.06: 697.341: 644.62

## **К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАСЧЁТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ЗАМЕНЕ КОЖУХОТРУБНЫХ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ НА ПЛАСТИНЧАТЫЕ**

*Нияковский А.М., ст. преп., Москалёнок Ф.И., студ., Сидорова А.Ю., студ.*

*Полоцкий государственный университет,*

*г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены критерии выбора величины расчётной производительности системы горячего водоснабжения и её влияние на последующую работу системы при замене кожухотрубных водоподогревателей на пластинчатые. Установлено, что в реальных условиях эксплуатации действующих систем горячего водоснабжения имеются резервы, позволяющие повысить качество эксплуатации водоподогревателей и индивидуальных тепловых пунктов. Сформулированы подходы, позволяющие в конечном итоге повысить эффективность сжигания первичного топлива при выработке энергии и снизить выброс загрязняющих веществ в атмосферу.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, горячее водоснабжение, тепловая сеть, пластинчатые теплообменники, эффективность сжигания топлива, внутреннее водоснабжение, оптимизация.

Эффективность использования первичного топлива при выработке энергии зависит от правильно определённой величины расчётного теплового потребления, в полной мере определяющей размеры и все прочие конструктивные параметры системы горячего водоснабжения. Одним из самых востребованных энергосберегающих мероприятий сейчас является замена морально и физически устаревших кожухотрубчатых подогревателей горячего водоснабжения на пластинчатые, отличающиеся высокой эффективностью. Такая замена позволяет снизить потребление тепловой энергии на 7...10 тонн условного топлива в год в расчёте на один индивидуальный тепловой пункт (ИТП). Снижение потребления топлива имеет важное экологическое значение. Однако при выполнении такой замены остаётся не выясненным вопрос о том, какую величину расчётной тепловой производительности следует принимать для подбора пластинчатого водоподогревателя: исходя из нормативного или фактического потребления нагреваемой воды. Неучёт этого обстоятельства может привести к нарушению нормальной работы систем автоматизации тепловых пунктов, что повлечёт за собой снижение эффективности сжигания топлива на источнике теплоты и рост выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Цель настоящей работы состоит в проведении анализа данных об особенностях теплового потребления и водопотребления в существующих эксплуатируемых системах горячего водоснабжения (ГВ), а также в исследовании влияния этих показателей на эксплуатационные характеристики ИТП. Исследование проводилось на натуральных объектах предприятия жилищно-коммунального хозяйства по заказу КУП «Жилищно-коммунальное хозяйство г. Полоцка». Настоящая работа является продолжением серии работ выполненных авторами ранее, результаты которых были опубликованы в [3–6].

Потребление воды и теплоты в системах ГВ зданий носит стохастический (случайный, вероятностный) характер, определяемый числом потребителей воды, числом и видом водоразборных приборов, степенью благоустройства зданий, суточными и часовыми нормами потребления воды, часовыми и секундными расходами воды водоразборными устройствами, конструктивными особенностями системы ГВ. При проектировании водоподогревателей ГВ и подборе оборудования индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) может быть использована методика, изложенная в [1 и 2]. Данная методика основывается на использовании нормативных показателей водопотребления на нужды горячего