

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ КВГМ-100-150 НА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

**Дрюков В.В., к.т.н., доц., Котов А.А., асс., Кузьменков С.М., асс.,
Мовсесян В.Ю., ст. преп.**

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В работе рассматриваются вопросы, связанные с теоретическим обоснованием выбора теплоизоляционного материала, обеспечивающего максимальный ресурсосберегающий эффект при эксплуатации водогрейных котлов на промышленных котельных.

Ключевые слова: водогрейные котлы, ограждающие поверхности, тепловая изоляция, тепловые потери.

В настоящее время в Республике Беларусь большую актуальность имеет проблема модернизации водогрейных котлов на промышленных котельных. Снижение тепловых потерь, и как следствие, затрат топливных ресурсов, является важнейшим направлением этой модернизации.

Водогрейные стационарные котлы КВГМ-100 теплопроизводительностью 116,3 МВт предназначены для получения горячей воды с номинальной температурой 150 °С. Для оценки эффективности существующей тепловой изоляции котлов КВГМ-100-150 на котельной «Южная» ОАО «Витязь» проведен термографический анализ состояния ограждающих конструкций с помощью тепловизионной камеры Testo 875-1.

Результаты тепловизионного исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения температуры в точках замера

Зона измерения	Температура в точках замера, °С					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Ограждающие конструкции газохода	62,6	53,6	50,8	66,6	43,9	70,3
Ограждающие конструкции левого бокового экрана	65,0	60,4	60,2	57,9	31,3	55,4
Ограждающие конструкции правого бокового экрана	31,9	52,4	120,7	57,1	–	–
Ограждающие конструкции фронтального экрана	70,6	71,9	62,2	48,0	–	–

Из представленных данных видно, что состояние ограждающих конструкций котла КВГМ-100-150 оценивается как не удовлетворяющее нормативным требованиям ТКП 053 – 2007 (05300) [5]. Участки элементов котлов и трубопроводов с повышенной температурой, с которыми возможно непосредственное соприкосновение обслуживающего персонала, должны иметь тепловую изоляцию, обеспечивающую температуру наружной поверхности не более 45 °С при температуре окружающей среды не более 25 °С.

Для обеспечения эффективной тепловой изоляции котельного агрегата предлагается применение современных теплоизолирующих материалов для термоизоляции котла [2].

Традиционно используемая до настоящего времени обмуровка котлов типа КВГМ-100 состоит из трёх слоёв: огнеупорного слоя, теплоизоляционного слоя, уплотнительного и защитного слоя. Огнеупорный слой выполняется из шамотобетона на глиноземистом цементе и наносится на экраны котла по металлической сетке, толщина слоя – 30 мм. Теплоизоляционный слой состоит из минераловатных матов, устанавливаемых поверх огнеупорного слоя, толщина слоя – 80 мм. Защитный слой выполняется из уплотнительной магнезиальной обмазки (штукатурки), которая также наносится по металлической сетке и клеивается снаружи тканью, толщина слоя – 12 мм.

Интенсивность переноса тепла через стенку котельного агрегата [1] может быть определена согласно уравнению теплопередачи:

$$q = k \cdot (t_{ж1} - t_{ж2}), \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

где $t_{ж1}$, $t_{ж2}$ – температура соответственно горячей и холодной среды, °С; k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·град:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (2)$$

где α_1 , α_2 – в общем случае суммарные коэффициенты теплоотдачи с внутренней и наружной стороны стенки, Вт/м²·град; δ_i – толщина каждого из слоев, составляющих стенку, м; λ_i – коэффициент теплопроводности материала данного слоя, Вт/м·град.

Температура на внутренней поверхности стенки котельного агрегата и интенсивность теплоотдачи от топочных газов к ней от конструкции стенки практически не зависят и могут считаться постоянными. Величина коэффициента теплоотдачи α_1 определяется согласно номограммам [3].

Для нахождения значения коэффициента теплоотдачи конвекцией с наружной поверхности котельного агрегата $\alpha_{к1}$ необходимо использовать критериальные уравнения. При расчете конвективного теплообмена от вертикальной поверхности для случая турбулентного режима движения критериальное уравнение принимает вид [4]

$$Nu = 0,15 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,33}. \quad (3)$$

В этом уравнении: Nu – число Нуссельта

$$Nu = \frac{\alpha_k \cdot l}{\lambda_{ж}}; \quad (4)$$

Gr – критерий Грасгофа,

$$Gr = \frac{l^3}{\nu_{ж}^2} \cdot \beta \cdot g \cdot \Delta t; \quad (5)$$

где Pr – критерий Прандтля. Здесь l – определяющий размер тела, $\lambda_{ж}$ – коэффициент теплопроводности среды, $\nu_{ж}$ – коэффициент кинематической вязкости среды, β – коэффициент объемного температурного расширения среды, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, Δt – температурный напор между поверхностью тела и окружающей средой.

Лучистая составляющая теплового потока рассчитываются в соответствии с законом Стефана-Больцмана.

Поскольку интенсивность теплоотдачи с наружной поверхности котельного агрегата зависит от температуры этой поверхности, определить которую заранее невозможно, расчет проводится методом последовательного приближения до максимального совпадения принимаемой предварительно температуры $t_{см2}$ с получаемой в результате вычислений.

Для уменьшения тепловых потерь котельного агрегата предлагается при неизменной конструкции обмуровки в качестве материала теплоизоляционного слоя вместо минераловатных матов использовать современные материалы типа «Изобокс Экстралайт» или «Изорок Изовент» с более низким коэффициентом теплопроводности [2].

Согласно проведенным расчетам, для обеспечения температуры $t_{см2}$ не выше 45 °С в соответствии с требованиями ТКП 053–2007 (02300) [5], необходимо увеличить толщину слоя теплоизоляции из материала «Изорок Изовент» до 110 мм.

Результаты расчета для исходного и предлагаемого вариантов исполнения тепловой изоляции котельного агрегата КВГМ-100 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные результаты расчетов исходного и предлагаемых вариантов исполнения тепловой изоляции котельного агрегата КВГМ-100

Параметры	Исходный вариант исполнения	Предлагаемый варианты исполнения
Коэффициент теплоотдачи α_2 , Вт/м ² ·град	12,316	10,603
Коэффициент теплопередачи k , Вт/м ² ·град	0,663	0,304
Плотность теплового потока q , Вт/м ²	543,65	249,62
Температура наружной поверхности стенки $t_{ст2}$, °С	64,1	43,5

Расчеты показывают, что предлагаемый вариант исполнения тепловой изоляции обеспечивает значительное улучшение энергоэффективности котельного агрегата. Величина теплового потока с поверхности изоляции котла уменьшается с 213,111 кВт до 97,851 кВт, что дает экономию условного топлива в размере 118,96 тонн в год. При этом ожидаемый годовой экономический эффект по состоянию на декабрь 2021 г. составляет 63597,62 руб., что подтверждается соответствующим актом внедрения.

Список использованных источников

1. Нияковский, А. М. К выбору плотности теплового потока при проектировании тепловой изоляции / А. М. Нияковский, Э. И. Гончаров, О. И. Мишутко. // Вестник Полоцкого государственного университета, 2017. – № 8. – С.147.
2. Кинжибекова, А. К. Современные теплоизоляционные материалы для обмуровки тепловых установок в теплоэнергетике / А. К. Кинжибекова. // Вестник инновационного евразийского университета, 2018. – № 4 – С.118 – 122.
3. Лебедев, В. М. Тепловой расчет котельных агрегатов средней паропроизводительности / В. М. Лебедев. – Москва. – 208 с.
4. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Москва. – 440 с.
5. ТКП 053–2007 (02300). Введ. 01.05.2007. – Минск. – 2007. – 22 с.

УДК 620 (075.8)

УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ»

Коронкевич Д.А., студ., Жерносек С.В., к.т.н., доц., Игнатьев С.А., ст. преп.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены основные тенденции развития солнечной энергетики. Отмечены перспективы и показатели эффективности использования солнечной энергии в Республике Беларусь. Разработана и представлена структурная схема учебного стенда, предназначенного для изучения процесса фотогенерации в лабораторных условиях.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, солнечная электростанция, излучение, перспективы, коэффициент использования установленной мощности, стенд.

Солнечная энергетика – важное направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Среди безусловных достоинств солнечной энергии отмечаются ее высокий теоретический потенциал и неисчерпаемость. Повышение эффективности использования объектов солнечной энергетики является важной научно-практической задачей для специалистов во всем мире. За последние десять лет производство и потребление солнечной энергии выросло в 50 раз; специалисты прогнозируют дальнейшее динамическое развитие этого направления альтернативной энергетики. За 50 лет стоимость производства электроэнергии на солнечных установках снизилась более чем в 1000 раз [1–5].