

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 1811-1858

№ 4 (2019)

Павлодар

Тютебаева Г. М., Хабибуллина А. Ж., Талипов О. М. Көмірмен жұмыс істейтін отандық электр станциялардың экологиялық қауіпсіздігін жақсарту бойынша техникалық шараларды әзірлеу	399
Цыба Ю. А., Алмуратова Н. К., Кузьмин Ю. А. Қатты тұрмыс қалдықтарын жағудан электр энергиясын алудың энергетикалық тиімділік сұрақтары	407
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Дюсенов К. М., Марковский В. П., Ашимова А. К., Жумадилова А. К., Габдулов А. У., Говорун В. Ф. Карбонды жылытқыштардың тиімділігі	415
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Алимов Х. А., Юлдашев Б. А., Говорун В. Ф. Өндірістік және кеңсе желілерінің кедергілерінен қорғау әдістері. Желілердің техникалық ерекшеліктері ТТ, TN, TN-C, TN-S, TN-C-S жүйесінде	424
Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Ашимова А. К., Жумадилова А. К., Габдулов А. У., Говорун В. Ф. Қорғаныстық ажырату құрылғыларын таңдау үшін адам ағзасына қауіптілік дәрежесі бойынша токтарды бағалау	432
Авторларға арналған ережелер	439
Жарияланым этикасы	445

СОДЕРЖАНИЕ

Абишев К. К., Касенов А. Ж., Сарсембаев Д. Ж., Хамитова Г. Ж. Анализ и перспективы развития транспортной отрасли Казахстана	15
Айткенова Г. Т., Есбенбетова Ж. Х. Оценка и управление профессиональными рисками в Республике Казахстан на примере предприятия воздушного транспорта	22
Аканова А. С., Оспанова Н. Н. Алгоритм PIL используемый в нейронных сетях	28
Акимжанов Т. Б., Герасименко Т. С. Оценка качества электрической энергии в сельских электрических сетях Акмолинской области	37
Алибиев Д. Б., Хакимзянов Г. С., Кажикенова А. Ш., Сетимбетова А. Б. Распространение фронта пламени i по схеме предиктор-корректор	47
Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г. Перспективы применения энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии на Аксуском заводе ферросплавов – филиале АО «ТНК «Казхром»	54
Арынгазин К. Ш., Карпов В. И., Акишев К. М. Анализ существующих зарубежных и отечественных разработок применения имитационных моделей и методов математической статистики в отрасли строительства	64
Барукин А. С., Калтаев А. Г., Клецель М. Я. Совершенствование методики расчета надежности герконовых защит	75
Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картджанов Н. Р. Испытания вихревого горелочного устройства	83
Болатова А. Б., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К., Касенов А. Ж., Хусан Б. Параметры надежности конструкции подземных сооружений при обработке месторождения полезных ископаемых нисходящей слоевой системой	90
Герасименко Т. С. Комплекс мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях и трансформаторах напряжением 10/0,4 кВ	99
Глазырина Н. С., Фураева И. И., Нью В. В. Разработка аппаратно-программного комплекса для беспочвенного выращивания растений	108
Глазырина Н. С., Фураева И. И., Омаров Д. К. Разработка мобильного информационного приложения в соответствии со стандартом WCAG 2.0	119
Демьяненко А. В., Горькаева Е. Ю. Цифровизация электроэнергетической отрасли Казахстана. Концепция smart grid: предпосылки, перспективы, сложности	129

Демин В. Ф., Шонтаев Д. С., Демина Т. В., Балгабеков Т. К., Унайбаев Б. Б., Шонтаев А. Д., Сайдалин Е. Н., Ким Е. Е.
Напряженно-деформированное состояние пород вокруг выработок139

Дробинский А. В., Исупова Н. А., Саринова А. Ж.
Ветроэнергетическая установка с эффективным использованием энергии ветра147

Дюсенов К. М., Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Говорун В. Ф., Бексултанов А. Д.
Экономичность применения инверторных кондиционеров для климатических условий Казахстана156

Жунусов А. К., Быков П. О., Рыспаев Т., Касимгазинов А. Д., Тоқтар Д.
Разработка энергосберегающей технологии производства стальных помольных шаров V группы твердости в условиях ПФ ТОО «Кастинг»167

Зигангирова Е. В., Кибартене Ю. В., Кибартас В. В., Кислов А. П., Мельников В. Ю., Мухамедов Б. А., Умурзакова А. Д.
Организация функционирования энергоэффективных систем с ВИЭ-компонентами и технологиями173

Зигангирова Е. В., Кибартене Ю. В., Кибартас В. В., Кислов А. П., Мельников В. Ю., Мухамедов Б. А., Умурзакова А. Д.
Возможности применения новых энергетических компонентов и технологий для энергоэффективной модернизации энергосистем184

Исаева Ж. Р., Шоланов К. С.
Управляемая поплавокная волновая электростанция195

Исупова Н. А., Қамариден С. Қ.
Разработка автоматизированной системы учета электроэнергии207

Камбаров Ж., Миков А. Г., Серьянова А. С., Бекмагамбетова Б. М.
Технико-экономическое обоснование применения стационарных установок по выделению микросферы из водно-зольного потока ТЭС213

Каспакбаев К. С., Устемирова Р. С., Карпов А. П.
Станция достық в роли логистического оператора международных перевозок219

Кибартене Ю. В., Мельников В. Ю., Кибартас В. В.
Устройство контроля частоты вращения асинхронного электродвигателя с функцией самодиагностики225

Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Исабеков Д. Д.
Схемы максимальной токовой защиты на герконах с диагностикой неисправности234

Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В., Тюлюгенова Л. Б., Говорун В. Ф., Олейник С. И.
Вопросы безопасности систем постоянного тока городского государственного транспорта241

Калмагамбетова А. Ш., Богоявленская Т. А.
Эффект адгезии полиуретановой теплоизоляции для сетей горячего водоснабжения252

Малыбаев Н. С., Карбаев Н. К., Шонтаев Д. С., Оразалиев Б. Т., Сайдалин Е. Н., Қоңқыбаева А. Н., Унайбаев Б. Б.
Вопросы исследования колебаний самоходного бетоносмесителя259

Мендыбаев С. А., Садуакасова Г. Б., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е.
Система автоматизации централизованного теплоснабжения города Павлодара266

Мергалимова А. К., Умирзаков Р. А., Онгар Б., Талипов О. М.
Растопка котлоагрегатов и обеспечение устойчивого воспламенения пылеугольного факела с использованием сжатого природного газа272

Миков А. Г., Камбаров Ж.
Теоретическое обоснование способа подключения опытной установки по выделению микросферы из водно-зольного потока без арматуры на трубе гидрозолоудаления тепловых электростанций279

Несмеянова Р. М., Ковтарева С. Ю., Калиев Т. А.
Роль процесса изомеризации и его перспективы для казахстанской нефтепереработки286

Никифоров А. С., Приходько Е. В., Кинжибекова А. К., Карманов А. Е., Шупеева Ш. М.
Анализ тепловых потерь в окружающую среду высокотемпературными агрегатами299

Оразова Г. О., Кислов А. П., Кибартас В. В.
Автоматизированная интеллектуальная система управления движением железнодорожным транспортом306

Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Абильдинова Г. М., Токжигитова Н. К., Фалихайдар И. А., Найманова Д. С.
Проектирование сети доступа по технологии GPON314

Приходько Е. В., Оришевская Е. В., Беркетов С. С.
Анализ инфильтрационных потерь административных зданий327

Саввин Е. В., Муканова Д. Б., Шорманов С. Т., Куанышбаев С. Т., Ибраева А. Б.
Актуальность исследования истории внедрения системы управления охраной труда337

Саканов К. Т., Акимханов Н. Ж., Жукенова Г. А., Шагиева Р. А.
Состояние придорожного сервиса автомобильной дороги Павлодар- Семей352

Саканов К. Т., Акимханов Н. Ж., Кудерин М. К., Шагиева Р. А.
Устойчивость откосов природного сложения берега р. Иртыш363

Саканов Д. К., Аспанбетов Д. А.
Экономическая эффективность улучшенных цементобетонных покрытий375

Танабаева А. Е., Есбенбетова Ж. Х., Серимбетов Б. А.
Оценка риска заболеваемости работников в горнодобывающей отрасли386

Туркебаева З. Т., Асаинов Г. Ж., Алдиеров С.
Методы компенсации реактивной мощности393

Каталитикалық крекингтің және риформингтің бензин фракциялары жоғары октанды санға ие, алайда хош иісті көмірсутектердің құрамындағы шектеулер экологиялық таза бензинді құрудағы бензиннің қайта құрылымдау үлесін азайтады. Осыған байланысты бензиннің изомеризация процесі хош иісті көмірсутектер, бензол және олефиндер мөлшері аз бензиннің жоғары октанды компонентін алуда маңызды болады.

Мақалада Қазақстан Республикасының мұнай өңдеу зауыттарындағы процестің ағымдағы жай-күйі мен оның даму беталысы берілген.

Of particular importance at the present stage of one of the main sectors of the economy, the oil industry, is the integrated development of the oil refining sector and, in particular, the issues of obtaining environmentally friendly marketable gasolines that meet modern international requirements.

Gasoline fractions of catalytic cracking and reforming have high octane numbers, however, restrictions on the content of aromatic hydrocarbons reduces the proportion of reforming gasoline in the creation of environmentally friendly gasoline. In this regard, the process of gasoline isomerization becomes important in obtaining the high-octane component of gasoline with a low content of aromatic hydrocarbons, benzene and olefins.

The article provides an overview of the current state of the process at oil refineries of the Republic of Kazakhstan and its development trends.

ГРНТИ 44.31.35

**А. С. Никифоров¹, Е. В. Приходько², А. К. Кинжибекова³,
А. Е. Карманов⁴, Ш. М. Шупеева⁵**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴PhD, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹aleke4599@mail.ru; ²john1380@mail.ru; ³akmaral70@mail.ru;

⁴man270685@mail.ru; ⁵sholpan_shupeeva@mail.ru

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ АГРЕГАТАМИ

Тепловой КПД многих объектов металлургических предприятий составляет примерно 25–30 % и редко достигает 50–60 %. Наиболее энергоемкими являются процессы в черной металлургии. Потребление энергоресурсов в этих процессах составляет до 70 % всего потребления энергии в высокотемпературных технологиях.

В работе проводится анализ тепловых потерь высокотемпературными агрегатами. Для определения количества тепла, теряемого печами в окружающую среду, было проведено тепловизионное обследование агрегатов.

Выявлены зоны с высокими температурами поверхности агрегатов, что приводит к значительным тепловым потерям. Ориентировочно эта величина составляет 5–6 % от расходной части теплового баланса печей.

Ключевые слова: тепловые потери, печь, энергоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Важность и необходимость повышения энергоэффективности работы технологического оборудования в настоящий момент является общемировой задачей. Для повышения эффективности ее необходима реализация целого комплекса мероприятий.

В качестве объектов исследования была выбрана тепловая работа печей спекания и кальцинации.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Немаловажным фактором, влияющим на к.п.д. печи, является количество теплоты, передаваемой в единицу времени от горячей поверхности в окружающую среду. При этом тепловые потоки с поверхности распределены по всей поверхности печи неравномерно. Для более детального изучения тепловых потоков через футеровку разобьем всю поверхность ограждающей конструкции на зоны. Для каждой из этих зон рассчитаем тепловые потери с поверхности агрегата по формуле

$$Q = \alpha_n \cdot F \cdot (t_n - t_{oc}) \tag{1}$$

где F – площадь поверхности теплообмена, м².

Как известно, поток теплоты через теплоограждающие конструкции складывается из конвективной и радиационной составляющих. Поэтому плотность теплового потока через поверхность печи определяется помимо ее наружной температуры t_n и температуры окружающей среды t_{oc} также коэффициентом теплового излучения, размерами поверхности теплообмена и ее ориентацией в пространстве.

Согласно методике [1] для стационарного теплового состояния коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности в окружающую среду α_n в диапазоне $t_n = 25 \div 260$ °С будем определять по формуле

$$\alpha_n = \alpha_0 + \alpha_1 (t_n - 10) - \alpha_2 (t_n - 10)^2 + \alpha_3 (t_n - 10)^3, \tag{2}$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – постоянные величины, которые для различно ориентированных в пространстве поверхностей имеют значения, приведенные в [1].

Для определения количества тепла, теряемого печами в окружающую среду, необходимо знать температуры поверхности ВТА. С этой целью было проведено тепловизионное обследование агрегатов.

Визуализация тепловых полей и измерение температуры при тепловизионном обследовании наружных ограждающих конструкций печей выполнялось с применением тепловизора Testo 730-2. Температура окружающей среды в момент исследования составляла 10°С.

Результаты измерений по печи № 1 представлены на рисунках и на термографических изображениях (Рисунок 1).

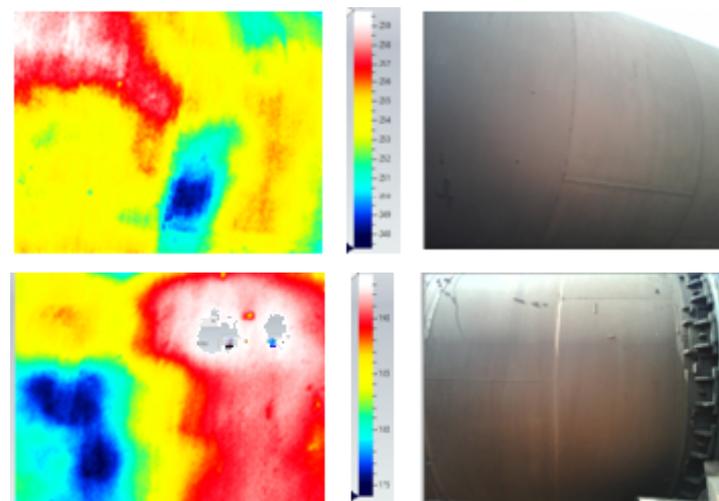


Рисунок 1 – Результаты тепловизионного обследования

На термограммах выявлены зоны с высокими температурами поверхности агрегатов, что приводит к значительным тепловым потерям.

Значения температур поверхности агрегатов, определенные в результате вышеописанного тепловизионного обследования, представлены в Таблице 1.

Таблица 3.1 – Результаты тепловизионного обследования

№ печи	Средняя температура поверхности печи по зонам, °С			
	1 зона (длина 30 метров)	2 зона (длина 33 метра)	3 зона (длина 25 метров)	4 зона (длина 12 метров)
1	170	190	160	85
2	240	180	135	80
3	225	215	180	70
4	-	-	-	-
5	220	170	140	75
6	-	-	-	-
7	230	180	150	80
8	260	185	160	80

Результаты расчетов тепловых потоков приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Тепловые потоки с поверхности печей кальцинации

Область	Длина × диаметр, м	Ср. температура поверхности печи t_p , °C	Коэф-т теплоотдачи α_p , Вт/(м ² ·°C)	Плотность теплового потока q , Вт/м ²	Площадь поверхности, м ²	Тепловой поток Q, кВт
Печь №1						
1 зона	30×5	170 (новый огнеупор)	19,9	3182,2	471,0	1498,8
2 зона	24,5×5	190	21,2	3819,6	384,7	1469,4
конус	3,5	190	21,2	3819,6	52,2	199,4
3 зона	30×4,5	160	19,3	2893,3	423,9	1226,5
4 зона	12×4,5	85	15,3	1145,8	169,6	194,3
Всего по печи						4588,4
Печь №2						
1 зона	30×5	240	25,7	5908,9	471,0	2783,1
2 зона	24,5×5	180	20,5	3490,1	384,7	1342,6
конус	3,5	180	20,5	3490,1	52,2	182,2
3 зона	30×4,5	135	17,9	2239,4	423,9	949,3
4 зона	12×4,5	80	15,0	1049,5	169,6	178,0
Всего по печи						5435,2
Печь №3						
1 зона	30×5	225	24,1	5189,9	471,0	2444,4
2 зона	24,5×5	215	23,2	4758,7	384,7	1830,7
конус	3,5	215	23,2	4758,7	52,2	248,4
3 зона	30×4,5	180	20,5	3490,1	423,9	1479,4
4 зона	12×4,5	70	14,4	863,8	169,6	146,5
Всего по печи						6149,4
Печь №5						
1 зона	30×5	220	23,7	4969,9	471,0	2340,8
2 зона	24,5×5	170	19,9	3182,2	384,7	1224,2
конус	3,5	170	19,9	3182,2	52,2	166,1
3 зона	30×4,5	140	18,2	2363,3	423,9	1001,8
4 зона	12×4,5	75	14,7	955,4	169,6	162,0
Всего по печи						4894,9
Печь №7						
1 зона	30×5	230	24,6	5419,4	471,0	2552,5
2 зона	33×5	180	20,5	3490,1	518,1	1808,2
3 зона	25×5	150	18,7	2621,0	392,5	1028,8
4 зона	12×5	80	15,1	1049,5	188,4	197,7
Всего по печи						5587,2
Печь №8						
1 зона	30×5	260	28,1	7026,6	471,0	3309,5
2 зона	33×5	185	20,9	3651,9	518,1	1892,1
3 зона	25×5	160	19,3	2893,3	392,5	1135,6
4 зона	12×5	80	15,1	1049,5	188,4	197,7
Всего по печи						6534,9

Среднее значение теплового потока с поверхности агрегатов составило величину 5531,667 кВт. Это ориентировочно составляет 6 % от расходной части теплового баланса печи кальцинации.

Аналогичное обследование проведено по печам спекания. Проанализируем тепловой баланс печи спекания по результатам термоаудита. Тепловой баланс отражен в таблице 3.

Таблица 3 – Тепловой баланс печи спекания

Наименование статей расхода	кДж	%	Наименование статей прихода	кДж	%
На испарение воды и перегрев водяных паров до температуры отходящих газов	2572,27 · 103	50,2	физического с шихтой	35,24 · 103	0,73
с углекислотой от разложения карбонатов в процессе спекания	108,53 · 103	2,1	физического с топливом	8,92 · 103	0,18
на эндотермические реакции	394,73 · 103	7,7	физического с оборотной пылью	70,2 · 103	1,45
с выходящим из печи спеком	1170 · 103	22,9	физического с подогретым воздухом	494,78 · 103	10,22
тепло с оборотной пылью	100,74 · 103	1,96	за счет сгорания топлива	3314,04	68,5
тепло с безвозвратной пылью	2,69 · 103	0,05	за счет экзотермических реакций	913,83 · 103	18,9
тепло с отходящими газами от сжигания топлива при температуре отходящих газов	506,93	9,9			
потери в окружающую среду	265,52 · 103	5,2			
Итого	5121,41 · 103	100	Итого	4837,01 · 103	100

ВЫВОДЫ

Таким образом, исходя из проведенного обследования и приведенного баланса, на долю потерь в окружающую среду приходится более пяти процентов, т.е. реальные потери оказались значительно меньше, чем принимаемые априори. Это можно объяснить тем, что за определяющий параметр принимается теплота сгорания топлива. Для теплотехнологических установок это не совсем объективный показатель, так как в приходной части имеется существенная доля (почти двадцать процентов) поступающая за счет экзотермических реакций технологических материалов [2]. Таким образом такой важный показатель как удельный расход топлива также будет меняться.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Троянкин, Ю. В., Куликова, О. В.** Методика расчета теплопотерь от наружных поверхностей ограждений тепловых установок // Промышленная энергетика. – 2000. – № 10. – С. 50–51.

2 **Никифоров, А. С., Приходько, Е. В., Кинжибекова, А. К., Карманов, А. Е.** Энергетическая эффективность эксплуатации печей спекания // Материалы VI Международного Балтийского морского форума. – Калининград, 2018. – С. 313–316.

Материал поступил в редакцию 29.11.19.

А. С. Никифоров¹, Е. В. Приходько², А. К. Кинжибекова³, А. Е. Карманов⁴, Ш. М. Шупеева⁵

Жоғары температуралы агрегаттардың қоршаған ортаға жылулық шығындарды талдау

^{1,2,3,4,5}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 29.11.19 баспаға түсті.

A. S. Nikiforov¹, E. V. Prikhod'ko², A. K. Kinzhibekova³, A. E. Karmanov⁴, S. M. Shupeeva⁵

Analysis of thermal losses into the environment by high-temperature units

^{1,2,3,4,5}Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 29.11.19.

Металлургиялық кәсіпорындар көптеген объектілерінің жылулық ПӘК ішімен 25–30 % құрайды және өте сирек 50–60 % дейін жетеді. Қара металлургиядағы процесстер едәуір энергосыйымды болып табылады. Бұл процесстердегі энергоресурстарды тұтыну жоғары температуралық технологиялардағы энергияны барлық тұтынудың 70 % дейін құрайды.

Жұмыста жоғары температуралы агрегаттардың жылулық жоғалтуларына анализ жүргізілген. Пештермен қоршаған ортаға жоғалатын жылулық мөлшерін анықтау үшін агрегаттардың жылуға ден қоюшы зерттеулер жүргізілді.

Елеулі жылулық жоғалтуларға әкелетін, агрегаттар беттерінің жоғары температуралары бар зоналар анықталды. Шамамен бұл шама пештердің жылулық балансы шығындық бөлімінің 5–6 % құрайды.

The thermal efficiency of metallurgical facilities is about 25–30 %, it rarely reaches 50–60 %. The most energy intensive processes are in the steel industry. Energy consumption in these processes is up to 70 % of all energy consumption of high-temperature technologies.

Thermal losses are analyzed by high-temperature units. Thermo vision survey of the units was conducted to determine the amount of heat lost by the furnaces to the environment.

Areas resulting in significant heat losses with high surface temperatures of the units have been identified. Heat losses' value is approximately 5–6 % of expenditure part of the furnaces' heat balance.