

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 4 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
Вестник Торайғыров университета

Энергетическая серия  
выходит 4 раза в год

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.  
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., доктор PhD

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., доктор PhD

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., д.т.н., профессор  
Новожилов А. Н., д.т.н., профессор  
Никитин К. И., д.т.н., профессор (Россия)  
Никифоров А. С., д.т.н., профессор  
Новожилов Т. А., д.т.н., профессор  
Алиферов А.И., д.т.н., профессор (Россия)  
Кошеков К.Т., д.т.н., профессор  
Приходько Е.В., к.т.н., профессор  
Оспанова Н. Н., к.п.н., доцент  
Нефтисов А. В., доктор PhD  
Омарова А.Р., технический редактор

**МАЗМҰНЫ**

**Адамова А. Д., Оралбекова Ж. О., Жартыбаева М. Г.,  
Ұзаққызы Н., Садуақасова Қ. Ж.**  
Ақпаратты кодтау әдістері – Ідрс мен блоктық кодтарды  
зерттеу және салыстыру .....12

**Акимжанов Т. Б., Жумажанов С. К., Исабеков Ж. Б.,  
Амир Е. К.**  
Электр энергиясының электр желісінде тартылу кезіндегі  
қосымша шығалары.....23

**Аманкельдин Ш. А., Калинин А. А.**  
Биомассаны газдандыруды жетілдіру: тұрақты энергия өндіру үшін негізгі  
параметрлерін талдау .....35

**Ашимова А. К, Бектасова А. А., Шакенов К. Б.,  
Е. А Сарсенбаев**  
Электр энергиясын жинақтау жүйелері .....46

**Байдилдина А. Т., Алибекқызы К., Бельгинова С. А.,  
Увалиева И. М., Рақышева М. А.**  
Тұрғын үйлердің микроклиматын (температурасын)  
бақылау және басқару жүйесінің оңтайландыру .....56

**Барукин А. С.**  
Екінші гармоника бойынша құлыптылығы бар геркондарда түрлендіргіш  
қондырғылардың дифференциалдық қорғанысы .....72

**Бижанов Н. У., Утебаев Д. Н., Глуценко Т. И.**  
Күн батареяларын қолданудың  
техникалық-экономикалық негіздемесі .....85

**Боргеков Д. Б., Козловский А. Л., Шлимас Д. И. Бергузинов А. Н.**  
Магнетронды бүрку әдісімен алынған Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-MoN-AlN негізіндегі жұқа  
қабықшалы жабындардың синтезі және сипаттамасы .....94

**Ерболқызы Г., Уахитова А. Б.**  
Анық емес қатынастар теориясын пайдалана отырып, релелік  
құрылғылардың дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін  
анықтау моделін әзірлеу.....107

**Есимова Д. Д., Белый А. В., Фаурат А. А., Есім А. Қ.,  
Джанаргалиева М. Р.**  
Саланы декарбонизациялауға үлес ретінде туризм объектілерінің  
энергия тиімділігін арттыру .....121

**Жакупов А. Н., Жакупова А. Т.**  
Болат бұйымдарының магниттік және механикалық қасиеттерінің  
корреляция дәлдігіне тәуелділік теңдеуі түрінің өсері .....133

**Жумалиева А. К., Бахтияр Б. Т., Турсынбаева Г. У., Маханова М. А.**  
Биогаз қондырғыларының жұмысына қызмет көрсету түрлері .....140

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайғыров университета» обязательна

<b>Звонцов А. С., Кислов А. П., Кириченко Л. Н., Жалмагамбетова У. К. Андреева О. А.</b>	
Оптикалық талшықтардағы толқындық процестердің физикалық негіздерін метрологиялық қамтамасыз ету .....	151
<b>Исупова Н. А., Дробинский А. В., Талипов О. М.</b>	
Ұшақтағы электр жабдықтарын басқару жүйелерінің жобалық құжаттарын құру ерекшеліктері .....	165
<b>Калтаев А. Г.</b>	
N электр қозғалтқыштарын қысқа тұйықталудан қорғауға арналған құрылғы .....	176
<b>Кошумбаев М. Б., Исенов С. С., Нурмаганбетова Г. С., Искаков Р. М., Ауельбек М. А.</b>	
Жел турбинасының тиімділігін арттыру үшін құйынды әсерді қолдану .....	187
<b>Кузнецова Н. С., Сарсикеев Е. Ж., Оразбекова А. К., Сулейменова Г. О., Сагалбаева А. К.</b>	
Электрлік жарылыстың бұзылуы кезіндегі қатты материалдарға соққы толқыны әсерінің сипаттамасы .....	199
<b>Құттыбай Н. Б., Кусаин М. А., Қошқарбай Н. Ж., Айтбекова Ш. Б., Есен Б. Е.</b>	
Күн трекерлерін қолдана отырып, фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін арттыру .....	213
<b>Маулет М., Велеба В., Рахадиллов Б. К., Сағдолдина Ж. Б., Райсов Н. С.</b>	
12Х1мф ыстыққа төзімді қазандық болатының бетіне алынған пі-сг-аі негізіндегі ыстыққа төзімді жабындарының жоғары температуралық қасиеттері .....	226
<b>Машрапов Б. Е., Клецель М. Я., Машрапова Р. М., Динмуханбетова А. Ж.</b>	
Дұрыстығын бақылаумен максималды ток қорғанысы .....	237
<b>Мейрханова М. Б., Ойткевич С. В., Иванов В. А., Тохметова К. М., Смагулова К. К.</b>	
Машиналық оқыту және интернет заттарына негізделген қалдықтарды басқару жүйесі .....	246
<b>Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Нуркина Ш. М., Карманов А. Е., Оршевская Е. В.</b>	
Қазандық қондырғыларында органикалық қалдықтарды отын ретінде пайдалануды талдау .....	260
<b>Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Байбусинова М. С.</b>	
Онлайн курс қосымшасының компьютерлік моделі .....	272
<b>Оржанова Ж. К., Боканова А. А., Исабеков Ж. Н.</b>	
Электр энергетикасында фазалық айналмалы трансформаторларды қолдану перспективалары .....	286

<b>Пирманов И. А., Кошеков К. Т., Сейдахметов Б. К., Курбанов Я. М., Асқадұлы Қ.</b>	
Цифрлық егіздер технологиясына Аналитикалық платформа моделі.....	296
<b>Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Новожилов Т. А.</b>	
Магниттік ток трансформаторларында кен термиялық өндірістің қысқа желісінің ток қорғанысын жетілдіру .....	311
<b>Смирнов А. П., Риттер Е. С., Савостин А. А., Риттер Д. В., Молдахметов С. С.</b>	
Электрөткізгіш орта деңгейінің потенциометриялық өлшегішін сандық модельдеу және өлшегіштің конструкциясын жақсарту.....	323
<b>Толегенова А. С., Сериков Т. Г., Карабасов А. О. Қасым Р. Т., Тұрдыбек Б.</b>	
Кең жолақты антеннаның көмегімен көп чипті деректерді беру тиімділігін арттыру .....	337
<b>Төлеутай Г., Елубай М., Айткалиева Г., Елемесова Г.</b>	
Жетілдірілген сақтау жүйесіне арналған иондық полимерлер ретіндегі полиамфолиттер .....	348
Авторлар туралы ақпарат .....	362
Авторларға арналған ережелер.....	372
Жарияланым этикасы.....	383

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Адамова А. Д., Оралбекова Ж. О., Жартыбаева М. Г., Узаккызы Н., Садвакасова К. Ж.</b> Исследование и сравнение методов кодирования информации – Іdrc и блочных кодов.....	12
<b>Акимжанов Т. Б., Жумажанов С. К., Исабеков Ж. Б., Амир Е. К.</b> Добавочные потери электрической энергии при ее распределении в электрической сети.....	23
<b>Аманкельдин Ш. А., Калинин А. А.</b> Улучшение газификации биомассы: анализ ключевых параметров для устойчивого производства энергии.....	35
<b>Ашимова А. К., Бектасова А. А., Шакенов К. Б., Сарсенбаев Е. А.</b> Системы накопления электроэнергии.....	46
<b>Байдилдина А. Т., Алибеккызы К., Бельзинов С. А., Увалиева И. М., Рақышева М. А.</b> Оптимизация системы мониторинга и управления микроклиматом (температурой) жилого помещения.....	56
<b>Барукин А. С.</b> Дифференциальная защита преобразовательных установок на герконах с блокировкой по второй гармонике.....	72
<b>Бижанов Н. У., Утебаев Д. Н., Глущенко Т. И.</b> Технико-экономическое обоснование Применения солнечных батарей.....	85
<b>Боргеков Д. Б., Козловский А. Л., Шлимас Д. И., Бергузинов А. Н.</b> Синтез и характеристика тонкопленочных покрытий на основе Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -MoN-AlN полученных методом магнетронного напыления.....	94
<b>Ерболкызы Г., Уахитова А. Б.</b> Разработка модели определения организационных причин неправильной работы устройств рза с использованием теории нечетких отношений.....	107
<b>Есимова Д. Д., Белый А. В., Фаурат А. А., Есім А. Қ., Джанаргалиева М. Р.</b> Повышение энергоэффективности объектов туризма, как вклад в декарбонизацию отрасли.....	121
<b>Жакупов А. Н., Жакупова А. Т.</b> Влияние вида уравнения зависимости на точность корреляции магнитных и механических свойств стальных изделий.....	133
<b>Жумалиева А. К., Бахтияр Б., Турсунбаева Г. У., Маханова М. А.</b> Виды обслуживания работы биогазовых установок.....	140

<b>Звонцов А. С., Кислов А. П., Кириченко Л. Н., Жалмагамбетова У. К. Андреева О. А.</b> Метрологическое обеспечение физических основ волновых процессов в оптических световодах.....	151
<b>Исупова Н. А., Дробинский А. В., Талипов О. М.</b> Особенности построения проектной документации систем управления электрическим оборудованием на воздушных судах.....	165
<b>Калтаев А. Г.</b> Устройство для защиты п электродвигателей от коротких замыканий.....	176
<b>Кошумбаев М. Б., Исенов С. С., Нурмаганбетова Г. С., Искаков Р. М., Ауельбек М. А.</b> Применение вихревого эффекта для повышения эффективности ветровой турбины.....	187
<b>Кузнецова Н. С., Сарсикеев Е. Ж., Оразбекова А. К., Сулейменова Г. О., Сагалбаева А. К.</b> Характеристика воздействия ударной волны на твердые материалы при электровзрывном разрушении.....	199
<b>Құттыбай Н. Б., Кусаин М. А., Қошқарбай Н. Ж., Айтбекова Ш. Б., Есен Б. Е.</b> Повышение эффективности фотоэлектрических систем с использованием солнечных трекеров.....	213
<b>Маулет М., Велеба В., Рахадиллов Б. К. Сағдолдина Ж. Б., Райсов Н. С.</b> Высокотемпературные свойства термостойких покрытий на основе ni-cr-al, полученных на поверхности жаропрочной котельной стали 12x1мф.....	226
<b>Машрапов Б. Е., Клецель М. Я., Машрапова Р. М., Динмуханбетова А. Ж.</b> Максимальная токовая защита с контролем исправности.....	237
<b>Мейрханова М. Б., В ойткевич С. В., Иванов В. А., Тохметова К. М., Смагулова К. К.</b> Система управления отходами на основе машинного обучения и интернета вещей.....	246
<b>Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Нуркина Ш. М., Карманов А. Е., Оришевская Е. В.</b> Анализ использования органических отходов в качестве топлива в котельных установках.....	260
<b>Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Байбусинова М. С.</b> Компьютерная модель приложения Для онлайн курса.....	272
<b>Оржанова Ж. К., Боканова А. А., Исабеков Ж. Н.</b> Перспективы применения фазоповоротных трансформаторов в электроэнергетике.....	286

**\*А. С. Никифоров<sup>1</sup>, А. К. Кинжибекова<sup>2</sup>, Ш. М. Нуркина<sup>3</sup>,  
А. Е. Карманов<sup>4</sup>, Е. В. Оришевская<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар,  
e-mail: [akmaral70@mail.ru](mailto:akmaral70@mail.ru)

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ**

*В статье производится анализ возможности использования лузги подсолнечника в качестве топлива для теплогенерации на паровом котле.*

*Анализ состава лузги подсолнечника показывает, что по сравнению с углём месторождения Каражыра его низшая теплота сгорания ниже на 20 %, при этом зольность и влажность значительно ниже. Состав золы лузги подсолнечника показывает, что повышенное содержание оксидов щелочных металлов способствует увеличению шлакования поверхностей нагрева котла, в частности экранных поверхностей. Таким образом по составу лузги подсолнечника и её свойствам можно сделать вывод о возможности её применения в качестве топлива при незначительных изменениях котлоагрегата.*

*Для функционирования работы котельной с паровыми котлами E-16-2,4-350P необходима модернизация топочной камеры с созданием вихревой камеры, для чего создаётся воздушное дутьё напором 100-150 кгс/м<sup>2</sup> за счёт рассчитанного распределения вторичного воздуха между эжекторами и соплами.*

*Кроме этого, необходимы следующие изменения: в системе подачи топлива использовать шнековый конвейер, вибрационный загрузчик или гравитационный бункер с дозирующим устройством; увеличение площади поверхности горения и коэффициента избытка воздуха в топочной камере, а также изменение системы очистки дымовых газов с установкой рукавных фильтров.*

*Ключевые слова: лузга подсолнечника, растительные отходы, теплогенерация, возобновляемые источники энергии, вихревое сжигание.*

### **Введение**

Производство энергии из растительных остатков является существенной задачей в современном обществе, и это обусловлено несколькими факторами. Во-первых, использование растительных остатков в качестве источника энергии способствует уменьшению зависимости от ограниченных запасов нефти и газа, которые могут быть использованы только в ограниченных объемах.

Во-вторых, производство энергии из растительных остатков более экологично и безопасно для окружающей среды, поскольку не сопровождается выбросами вредных веществ, таких как диоксид углерода и сернистые газы, которые негативно влияют на климат и здоровье человека.

В-третьих, использование растительных остатков для производства энергии способствует более эффективной утилизации отходов и сокращению объемов твердых бытовых отходов, отправляемых на свалку.

Таким образом, создание энергии на основе растительных остатков становится неотъемлемой задачей для уменьшения зависимости от нефти и газа, улучшения экологической обстановки и эффективной утилизации отходов. Использование лузги подсолнечника для сжигания в котлоагрегате является актуальной задачей. При сборе урожая и переработке определенных сельскохозяйственных культур в пищевую продукцию возникает значительное количество биомассы, обладающей потенциалом для производства энергии, который не сильно уступает традиционным видам топлива.

Несмотря на то, что лузга подсолнечника имеет меньшую теплотворную способность, чем ископаемые виды топлива, у нее есть по крайней мере два существенных преимущества. Во-первых, она является побочным продуктом производства и не приносит дополнительных затрат для предприятия. Во-вторых, замена традиционных видов топлива, таких как газ или уголь, на лузгу подсолнечника позволяет сократить выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

Так как процесс образования растительной массы, из которой происходит получение лузги при производстве подсолнечного масла, включает в себя фотосинтез и, следовательно, поглощение CO<sub>2</sub> из атмосферы, топливо на основе лузги может считаться потенциально углеродно-нейтральным. Его замена традиционными ископаемыми видами топлива помогает снизить углеродный след предприятия.

Таким образом, одна тонна лузги, используемой для теплогенерации, может сократить выбросы углекислого газа на 790,10 - 1162,53 кг, в зависимости от того, какое топливо она замещает. Зарубежный опыт использования котлоагрегатов, работающих на лузге подсолнечника в качестве топлива, подтверждает их эффективность и экономическую целесообразность [1, 2]. Множество стран, включая Германию, Францию,

Австрию, Польшу, Болгарию, Украину и другие, имеют значительный опыт в использовании подобных котлоагрегатов.

В 2009 году в городе Кировоград (Украина) была запущена мини-тепловая электростанция с двумя паровыми котлами Е-16-24-350ДВ. Основным видом топлива на этой станции была лузга подсолнечника, а природный газ использовался как резервное топливо. Эта установка решала две основные задачи: утилизацию отходов производства, а именно подсолнечной лузги в объеме 135-140 тонн в сутки, и производство перегретого пара с давлением 24 кгс/см<sup>2</sup> и температурой 350°С, достигая производительности до 36 т/ч. Особенность работы этой мини-ТЭЦ заключается в высоких экологических показателях [3].

В 2019 году в Польше была построена котельная мощностью 10 МВт, которая использует лузгу подсолнечника в качестве основного топлива. Эта котельная обеспечивает теплоснабжение для около 40 тысяч человек и промышленных объектов в городе Пионки. По словам представителей компании-заказчика, использование лузги подсолнечника позволило снизить расходы на топливо в 2,5 раза по сравнению с использованием газа [4].

В Германии также активно используются котлоагрегаты, которые сжигают лузгу подсолнечника. Например, компания «Agrargenossenschaft Griebel - Blankenhaine.G.» установила котлоагрегат мощностью 1,3 МВт для сжигания лузги подсолнечника, которая производится на их собственных полях. Данная котельная обеспечивает теплоснабжение для 6 жилых домов, школы и детского сада. По словам представителей компании, использование лузги подсолнечника в качестве топлива позволяет им экономить около 100 тысяч евро в год на затратах на топливо [5].

В США и Канаде такие котлы в основном применяются для обогрева жилых домов и общественных зданий, таких как школы и больницы. Кроме того, в Канаде были построены крупные котельные, использующие лузгу подсолнечника, с мощностью от 2 до 10 МВт для обеспечения теплом производственных предприятий [6].

В данной статье рассматривается возможность использования лузги подсолнечника в качестве источника топлива для производства тепловой энергии на стандартных котлах. Исследование предполагает, что данный вид топлива представляет собой актуальную и эффективную альтернативу углю как с точки зрения тепловой эффективности, так и с учетом снижения вредных выбросов.

## Материалы и методы

Исследование возможности использования лузги подсолнечника в качестве топлива для стандартных паровых котлов Е-16-2,4-350Р проводится путем проведения поверочных расчетов поверхностей нагрева котельного агрегата при использовании другого вида топлива.

Лузга подсолнечника, как топливо, имеет близкие к древесине характеристики, так как ее зольность составляет менее 8 %, а выход летучих веществ может достигать до 80 %. Для более наглядного сравнения характеристик лузги подсолнечника в качестве топлива, приведём её сравнительные данные с углем месторождения Каражыра (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики лузги подсолнечника и угля месторождения Каражыра

№ п/п	Показатель	Лузга подсолнечника	Уголь месторождения Каражыра
1	Состав, %:		
2	С	42,5	50,6
3	Н	4,9	3,9
4	S	0,2	0,3
5	O	34,6	13,3
6	N	0,4	0,9
7	A	7,4	17
8	W	10	14
9	Теплота сгорания, кДж/кг	16797,71	20950

Следует отметить, что в золе лузги подсолнечника присутствуют оксиды щелочных металлов, такие как оксид кальция (CaO), оксид кремния (SiO<sub>2</sub>), оксид алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и другие. Наличие этих соединений способствует образованию низкотемпературных эвтектических соединений при высоких температурах [7]. А присутствие этих соединений в продуктах сгорания может привести к повышенному шлакованию экранных поверхностей нагрева.

Учитывая низкую зольность лузги подсолнечника, ожидается, что шлакование поверхностей нагрева будет незначительным. Однако, для предотвращения возможного воздействия шлакования на работу котла, предусматривается установка пневмоимпульсных генераторов.

## Результаты и обсуждения

Стандартный котлоагрегат серии Е разработан для использования различных видов топлива, таких как уголь, торф и древесные отходы. После определенных модификаций он также может быть адаптирован для сжигания

лузги подсолнечника. Обычно в конструкции такого котла предусматривается вихревая камера, которая обеспечивает эффективное сжигание лузги.

Один из типов паровых котлов этой серии, а именно Е-16-2,4-350Р, имеет производительность 16 тонн пара в час и выдает перегретый пар с температурой 350 °С и избыточным давлением пара на выходе 2,4 МПа. Этот пар направляется на стационарный коллектор пара мини-ТЭЦ, который производителем является ООО «ПКЦ «Бийскэнергопроект».

Конструкция этого котла и его вспомогательное оборудование обеспечивают возможность регулирования паропроизводительности в пределах от 50 % до 100 % от номинальной производительности при поддержании параметров пара на уровне 2,4±5 % МПа и температуры пара 350±20 °С при сжигании основного топлива.

Паровой котел Е-16-2,4-350Р представляет собой двухбарабанный вертикально-водотрубный котел, построенный на конструктивной схеме «КЕ». Одной из ключевых особенностей этой схемы является размещение топки перед конвективным пучком.

Основными компонентами данного котла являются:

- правая и левая вихревые камеры;
- радиационный пароперегреватель (ПП) (1-ая ступень ПП);
- промежуточный экран;
- топка, предназначенная для дожига лузги;
- второй топочный блок;
- конвективный блок;
- конвективная ступень пароперегревателя (2-ая ступень ПП).
- экономайзер и воздухоподогреватель, которые размещены в отдельно стоящем газоходе.

Вихревые камеры служат для сжигания пылевидного топлива, когда оно находится во взвешенном состоянии. Внутри вихревой камеры лузга, подаваемая через эжектор, улавливается вихрем, который создается потоками тангенциально направленного воздуха с напором 100-150 кгс/м<sup>2</sup>. Под воздействием этого вихря лузга смешивается с воздухом и сгорает в турбулентном потоке.

Распределение напорного дутья в вихревые камеры между эжекторами и соплами осуществляется с помощью шиберов в следующем соотношении:

- на 2 эжектора – 30 %;
- на нижние 6 сопел – 30 %;
- на задний 6 сопел – 30 %;
- на 2 горелки – 10 %.

Положением шиберов предварительно устанавливается давление воздуха перед соплами 100 кгс/м<sup>2</sup>, на эжекторе – 150 кгс/м<sup>2</sup>. Расход дутья

на эжектор и его соответствие подаче топлива регулируется частотными преобразователями вентилятора.

Мелкие частицы и газообразные продукты неполного сгорания удаляются из вихревых камер через фестоны, расположенные в их верхней части. Для предотвращения химической неполноты сгорания предусмотрено устройство для дожига крупных частиц, которые выделяются и отделяются внутри вихревой камеры с помощью специального устройства для дожига, размещенного в её нижней части. Зола, образовавшаяся в результате сгорания, удаляется с помощью шнековых транспортеров и направляется в систему для удаления нетоварной золы в котельной.

Для снижения температуры дымовых газов установлены стальной экономайзер и воздухоподогреватель.

Очистка поверхностей нагрева котла осуществляется автоматически с использованием пневмоимпульсных генераторов, которые действуют согласно заданному алгоритму. Эта система очистки базируется на воздействии ударных волн воздуха на золевые отложения на поверхности нагрева котла и экономайзера. Генераторы заполняются сжатым воздухом (давление 6-10 кгс/см<sup>2</sup>) в течение 20-60 секунд, после чего воздух выбрасывается в котел или экономайзер за доли секунды, создавая ударные волны, которые очищают поверхности от накопившихся отложений.

Котел, экономайзер, воздухоподогреватель, золоуловитель, рукавный фильтр работают под разрежением дымососа.

Для очистки дымовых газов применяется золоуловитель БЦ-2-7х(5+3). Дымовые газы, поступающие в циклоны через тангенциальные завихрители, получают вращательно-поступающее движение, вследствие этого под действием центробежной силы происходит сепарация частиц золы. Очищенные газы отводятся из циклона через центральные трубы диаметром 460х5 в выходной газовой короб.

Необходимость в оборудовании и реконструкция

Существует возможность строительства котельных на лузге подсолнечника мощностью до 50 МВт. В большинстве случаев реализуются проекты по модернизации уже существующих традиционных котельных, однако иногда приходится проектировать котельные «с чистого листа».

При реконструкции обычно вихревые камеры встраивают в топочное пространство стандартных котлов, таких серий как КЕ, ДКВР, КВТС, ДЕ, Е, при этом увеличивая площади поверхностей нагрева.

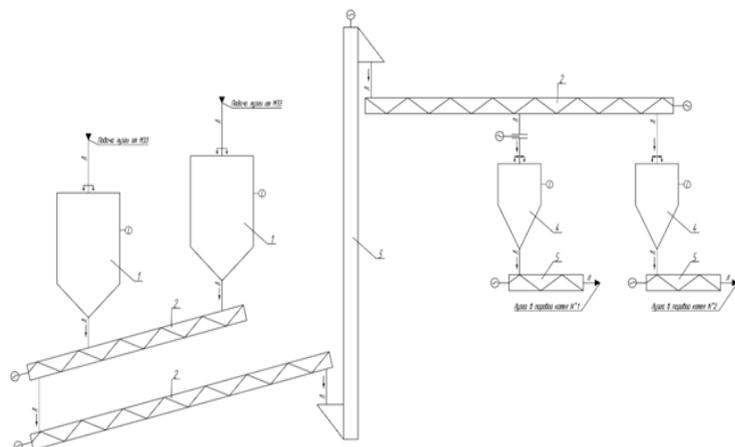
При проектировании необходимо учитывать уникальные характеристики предприятия, для которого разрабатывается котельная. Это позволяет принимать экономически обоснованные решения, например, касающиеся

использования горячей воды и пара в технологических процессах переработки подсолнечника, таких как сушка и пропаривание, и так далее.

При проектировании необходимо строго соблюдать определенные требования к системам подачи топлива, удалению шлака, очистки газов и автоматизации.

Чтобы перевести паровой котел, который изначально функционировал на угле, на работу с подсолнечной лузгой, требуется внести изменения в несколько элементов его конструкции. Рассмотрим их.

Система подачи топлива. Подсолнечная лузга представляет собой порошок, в отличие от угля, который находится в виде кусков. Следовательно, необходима специализированная система для подачи данного топлива. Для этой цели можно использовать шнековый конвейер, вибрационный загрузчик или гравитационный бункер с дозирующим устройством [8]. Эти изменения в конструкции котла позволят успешно использовать подсолнечную лузгу вместо угля в процессе его работы.



1 – силос лузги; 2 – винтовой транспортёр лузги; 3 – нория лузги; 4 – расходный бункер лузги; 5 – питатель лузги

Рисунок 1 – Принципиальная схема лузгоподачи

В схему лузгоподачи котла E-16-2,4-350P входит:

- силос лузги в количестве 2 шт.;
- винтовой транспортер лузги в количестве 3 шт.;
- нория лузги в количестве 1 шт.;
- расходный бункер лузги в количестве 2 шт.;
- питатель лузги в количестве 2 шт.

Силос лузги – это сооружение в виде башни, предназначенное для хранения сыпучих материалов.

Винтовой транспортер служит транспортным механизмом для пылевидных и сыпучих материалов. В основу положен шнековый механизм.

Нория – это устройство для подъема жидких или сыпучих материалов.

Лузга подается в силосы лузги, откуда винтовыми транспортерами и норией движется в расходные бункера, откуда питателем идет в котел.

Дополнительно, возможно потребуется модернизировать топочную камеру. Подсолнечная лузга обладает более низкой теплотворной способностью по сравнению с углем, что может вызвать проблемы с поддержанием пламени в топочной камере. Для компенсации этого эффекта требуется увеличить площадь поверхности для горения и настроить коэффициент избытка воздуха внутри топочной камеры [9]. В данном котле, дополнительные поверхности для нагрева представлены в виде вихревых камер.

Также необходимо пересмотреть систему очистки дымовых газов. Подсолнечная лузга может содержать вредные примеси, такие как хлор и сера, которые могут негативно повлиять на работу котла. Для эффективной очистки дымовых газов может потребоваться использование электрофильтров, методов мокрой газоочистки и других средств [10, 11]. В данном котле после золоуловителя используются рукавные фильтры с КПД очистки на уровне 99 % [12].

Кроме того, необходима система золоудаления, включающая в себя:

- два золоуловителя;
- шнековые транспортеры;
- два бункера-накопителя для товарной золы;
- один бункер-накопитель для золы и шлака.

#### Выводы

На паровых котлах модели E-16-2,4-350P имеется возможность перейти на использование подсолнечной лузги в качестве топлива. Для этого требуется провести модернизацию топочной камеры с созданием вихревой камеры. Это достигается путем внесения изменений в систему подачи вторичного воздуха с давлением 100-150 кгс/м<sup>2</sup> через эжекторы и сопла, что обеспечивает оптимальное распределение воздуха.

Также, в системе подачи топлива предполагается использовать шнековый конвейер, вибрационный загрузчик или гравитационный бункер с дозирующим устройством. Учитывая, что теплотворная способность лузги ниже, чем у угля, необходимо увеличить площадь поверхности горения и установить оптимальный коэффициент избытка воздуха в топочной камере. Такие изменения помогут обеспечить эффективное горение подсолнечной лузги.

Кроме того, требуется пересмотреть систему очистки дымовых газов, включая установку рукавных фильтров. Это необходимо для обработки дымовых газов, которые могут содержать вредные примеси, и обеспечения соответствия экологическим стандартам.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP14869152)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Dremicheva E.S., Zvereva E.R, Burganova F.I., Zverev L.O.** Prospects of the technology of joint combustion of biomass and coal at energy facilities. Powerengineering: research, equipment, technology. 2021; 23(1):119-130. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-1-119- 130

2 **Wilaipon, P.**, Density equation of Bio-Coal Briquettes and quantity of Maize Cob in Phitsanulok, Thailand. American Journal of Applied Science 2008, 5 (12), 1808-1811.

3 **Шарапов, А. М., Шарапов, М. А., Чуприн, А. Е.** Вихревые технологии сжигания лузги подсолнечника на мини-ТЭЦ. [текст] Новости теплоснабжения, №12 (112); 2009.

4 Котельная в Пионках работает на лузге подсолнечника. [Kotłownia w Pionkach działana łupinach słonecznika» (in Polish). Wiadomości Rzeszowskie. Retrieved 2022-02-19]. Пёнки: новостная сводка[текст]; 2022.

5 Эффективное отопление лузгой подсолнечника, 2022 г [Effizient heizen mit Sonnenblumenschalen. Retrieved 2022-02-19]. Берлин : журнал Solarthemen[текст]; 2022.

6 Лузга подсолнечника как биотопливо, 2022 г [Sunflowerhusks – asbiofuel. Biomass Magazine. Retrieved 2022-02-19]. Чикаго: журнал биомассы [текст]; 2022.

7 **Максимов, А. С., Терещенко, А. В.** Разработка технологии и аппаратуры для сжигания подсолнечной лузги в котлах [текст]. Вестник ИрГТУ, 24(3), 2020, с.141-148

8 Вихревые технологии сжигания лузги подсолнечника на мини-ТЭЦ [Электронный ресурс] – URL: – <http://www.combienergy.ru/stat/1211-Vihrevye-tehnologii-sjiganiya-luzgi-podsolnechnika> [текст]

9 Липов, Ю. М., Самойлов, Ю. Ф., Виленский, Т. В. Компоновка и тепловой расчет парового котла [текст]: учебное пособие для студентов вузов.– М. : Альянс, 2012, – 208 с.

10 **Артюхин, И. Н., Волков, А. А., Габриелян, Б. В.** Исследование работы горелки на подсолнечной лузге в котле мощностью 0,1 МВт [текст].

Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 19(3), 2019, с.69-73

11 **Красуцкий, Е. В., Фурсов, И. Д., Жуков, Е. Б., Якимова, И. С., Пузырев, Е. М.** Исследование сжигания сельскохозяйственных отходов[текст]. Ползуновский вестник № 3/1; 2012 г.

12 **Паршин, А. А.** Тепловые схемы котлов. – М. : Машиностроение, 1987 г. – 224 с.: ил.

#### REFERENCES

1 **Dremicheva E.S., Zvereva E.R, Burganova F.I., Zverev L.O.** Prospects of the technology of joint combustion of biomass and coal at energy facilities. Powerengineering: research, equipment, technology. 2021; 23(1):119-130. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-1-119- 130

2 **Wilaipon, P.**, Density equation of Bio-Coal Briquettes and quantity of Maize Cob in Phitsanulok, Thailand. American Journal of Applied Science 2008, 5 (12), 1808-1811.

3 **Sharapov, A. M., SHarapov, M. A., CHuprin, A. E.** Vihrevye tekhnologii szhiganiya luzgi podsolnechnika na mini-TEC [Vortex technologies for burning sunflower husks at mini-thermal power plants]. Novosti teplosnabzheniya, №12 (112); 2009.

4 Kotel'naya v Pionkah rabotaet na luzge podsolnechnika [Boiler room in Pionki works on sunflower husk], 2022 [Kotłownia w Pionkach działana łupinach słonecznika” (in Polish). Wiadomości Rzeszowskie. Retrieved 2022-02-19]. Pionki : novostnaya svodka [Text]; 2022.

5 Effektivnoe otoplenie luzgoj podsolnechnika, 2022 g [Efficient heating with sunflower husks] [Effizient heizen mit Sonnenblumenschalen. Retrieved 2022-02-19]. Berlin: zhurnal Solarthemen [Text]; 2022 g.

6 Luzga podsolnechnika kak biotoplivo, 2022 g [Sunflowerhusks – as biofuel. Biomass Magazine. Retrieved 2022-02-19]. CHikago : zhurnal biomassy [Text]; 2022.

7 **Maksimov, A. S., Tereshchenko, A. V.** Razrabotka tekhnologii i apparatury dlya szhiganiya podsolnechnoj luzgi v kotlah [Development of technology and equipment for burning sunflower husks in boilers]. Vestnik IrGTU, 24(3), 2020, p.141-148.

8 Vihrevyete khnologii szhiganiya luzgi podsolnechnika na mini-TEC [Vortex technologies for burning sunflower husks at mini-thermal power plants] [Electronic resource] – URL: <http://www.combienergy.ru/stat/1211-Vihrevye-tehnologii-sjiganiya-luzgi-podsolnechnika> [Text].

9 **Lipov, YU. M., Samojlov, YU. F., Vilenskij, T. V.** Komponentovka i teplovoj raschet parovogo kotla [Layout and thermal calculation of the steam boiler] [Text].

учебное пособие для студентов вузов [a textbook for university students]. – Moscow : Al'yanS, 2012, 208 p.

10 **Artyuhin, I. N., Volkov, A. A., Gabrielyan, B. V.** Issledovanie raboty gorelki na podsolnechnoj luzge v kotle moshchnost'yu 0,1 MVt [Study of the operation of a burner on a sunflower pocket in a boiler with a capacity of 0.1 MW] [Text]. Nauchno-tekhnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologij, mekhaniki i optiki, 19(3), 2019, p. 69-73

11 **Krasuckij, E. V., Fursov, I. D., Zhukov, E. B., Yakimova, I. S., Puzyrev, E. M.** Issledovanie szhiganiya sel'skohozyajstvennyh othodov [Agricultural Waste Incineration Study] [text]. Polzunovskij vestnik № 3/1; 2012 g.

12 **Parshin, A. A.** Teplovye skhemy kotlov [Boiler Heat Diagrams]. – Moscow : Mashinostroenie, 1987 g. – 224 p.: il.

Принято к изданию 28.11.23.

*A. C. Никифоров, A. K. Кинжибекова, Ш. М. Нуркина, A. E. Карманов, E. B. Оришевская*

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

### **ҚАЗАНДЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫНДА ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ОТЫН РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУДЫ ТАЛДАУ**

*Мақалада күнбағыс қабығын бу қазандығында жылу генерациясы үшін тер ретінде пайдалану мүмкіндігі талданады.*

*Күнбағыс қабығының құрамын талдау Қаражыр кен орнының көмірімен салыстырғанда оның жану жылуы 20 % - га төмен, ал күл мен ылғалдылық айтарлықтай төмен екенін көрсетеді. Күнбағыс қабығының күл құрамы сілтілі металл оксидтерінің жоғарылауы қазандықтың қыздыру беттерінің, атап айтқанда экран беттерінің қождануын арттыруға ықпал ететіндігін көрсетеді. Осылайша, күнбағыс қабығының құрамы мен оның қасиеттеріне сәйкес, оны қазандық қондырғысының шамалы өзгерістерімен отын ретінде пайдалану мүмкіндігі туралы қорытынды жасауға болады.*

*Бу қазандықтары бар қазандықтың жұмыс істеуі үшін E-16-2,4-350p айналмалы камераны құра отырып, жану камерасын жаңарту қажет, ол үшін эжекторлар мен саптамалар арасында есептелген қайталама ауаның таралуы есебінен 100-150 кгс/м<sup>2</sup> қысыммен ауа үрлеуі жасалады.*

*Сонымен қатар, келесідей өзгерістер енгізілсін: отынды беру жүйесіндегі пайдалануға шнекті конвейер, вибрациялық тиеуші немесе гравитациялық бункер мөлшерлеген қондырғысымен ұлғайту; бетінің жану және артық ауа коэффициентін жану камерасында, сондай-ақ жүйесін өзгерту түтін газдарын тазарту қондырғысымен сүзгілерінің.*

*Кілтті сөздер: күнбағыс қабығы, өсімдік қалдықтары, жылу генерациясы, жаңартылатын энергия көздері, құйынды жағу.*

*S. Nikiforov, A. K. Kinzhibekova, Sh. M. Nurkina, A. E. Karmanov, E. V. Orishevskaya*

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.  
Accepted for publication on 28.11.23

### **ANALYSIS OF THE USE OF ORGANIC WASTE AS FUEL IN BOILER PLANTS**

*The article analyzes the possibility of using sunflower husks as a pot for heat generation on a steam boiler.*

*The analysis of the composition of sunflower husk shows that, compared with the coal of the Karazhyr deposit, its lower heat of combustion is 20 % lower, while the ash content and humidity are significantly lower. The composition of sunflower husk ash shows that the increased content of alkali metal oxides contributes to an increase in slagging of boiler heating surfaces, in particular screen surfaces. Thus, according to the composition of sunflower husk and its properties, it can be concluded that it can be used as fuel with minor changes in the boiler unit.*

*For the operation of the boiler room with steam boilers E-16-2,4-350R requires modernization of the furnace chamber with the creation of a vortex chamber, for which an air blast with a pressure of 100-150 kgf / m<sup>2</sup> is created due to the calculated distribution of secondary air between the ejectors and nozzles.*

*In addition, the following changes are necessary: in the fuel supply system, use a screw conveyor, a vibrating loader or a gravity hopper with a metering device; increase the gorenje surface area and the excess air coefficient in the combustion chamber; as well as change the flue gas cleaning system with the installation of bag filters.*

*Keywords: sunflower husk, vegetable waste, heat generation, renewable energy sources, vortex combustion.*