

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 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров 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

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

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., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

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 Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/TGAU7998>

**Р. М. Несмеянова, М. Р. Криштафович,
С. Р. Масакбаева, С. Ю. Ковтарева**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ТОПЛИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНОГО КОКСА

В статье рассматривается способ получения прокалённого нефтяного кокса из тяжёлых нефтяных остатков методами замедленного коксования и прокалики нефтяного кокса, а также проводится обзор получения водяного пара и электрической энергии как вторичного продукта процессов замедленного коксования и прокалики нефтяного кокса.

Показаны принцип работы и строение котла-утилизатора и паротурбинной установки, схемы процессов замедленного коксования и прокалики нефтяного кокса, описано получение перегретого пара в процессе коксования и схема выработки электрической энергии при прокалике.

Получение водяного пара и электрической энергии в процессе производства нефтяного кокса и его прокаливания является эффективным с экономической, экологической, технической точек зрения методом производства энергоресурсов и способствует углублению нефтепереработки и повышению экологичности производства.

Ключевые слова: электроэнергетика, электроэнергия, нефть, кокс, коксование, прокалика, котел-утилизатор.

Введение

Эффективное развитие Казахстана в современных условиях развития страны характеризуется целенаправленным управлением наиболее прогрессивных отраслей экономики, одной из них является электроэнергетика [1].

Казахстан по его природному потенциалу входит в число тех немногих стран мира, которые способны полностью обеспечить не только себя

первичными энергетическими ресурсами как в настоящее время, так и на перспективу, но и экспортировать их в значительных объемах [1].

Основными источниками энергии традиционно считаются: тепловая, атомная и энергия потока воды.

К нетрадиционной энергетике принято относить установки и устройства, использующие энергию ветра, солнца, биомассы, геотермальную энергию, а также тепловые насосы, использующие низкопотенциальное тепло, малую гидроэнергетику и многое другое.

Одним из основных и наиболее распространенных источников электроэнергии является тепловая. Для ее получения используют тепловые электростанции (ТЭС).

На предприятиях, имеющих потребность круглый год в тепловой энергии организация оптимальной схемы энерго- и ресурсосбережения является актуальной и особо важной. Для решения этих задач используются мини-ТЭЦ, где наряду с электроэнергией потребитель использует, т. е. утилизирует и тепловую энергию, повышая тем самым общий КПД установок [2].

Материалы и методы

Методы получения водяного пара и электрической энергии на установках замедленного коксования и прокалки нефтяного кокса являются экономически и технически эффективными.

Одной из активно развивающихся альтернатив может быть получение электрической энергии в качестве вторичного продукта в ходе процесса обработки тяжёлых нефтяных остатков, в частности – получение электрической энергии на установке прокалки нефтяного кокса.

Результаты и обсуждение

Принцип работы ТЭС основан на преобразовании тепловой энергии в механическую, а затем – в электрическую. В топке котельного агрегата сжигают топливо, чтобы привести в движение первичный двигатель, который, в свою очередь, заведет электрогенератор. Так, в самых распространенных в мире паротурбинных ТЭС, сжигая топливо, получают водяной пар высокого давления [3]. Как правило, топливом, используемым на ТЭС, является мазут, либо другие нефтепродукты.

Использование мазута в качестве топлива для электростанций постепенно сокращается. Это во многом связано с модернизацией нефтеперерабатывающих заводов, увеличивающих выработку легких нефтепродуктов, соответственно, уменьшая выход тяжелых и в перспективе – с использованием нефти преимущественно в качестве ценнейшего сырья для химической промышленности [3].

В качестве топлива, при сжигании которого на ТЭЦ вырабатывается электроэнергия, применяется нефтяной кокс [4]; также он широко

используется в цементном производстве, черной металлургии и в качестве сырья при производстве анодов и электродов. Использование нефтяного кокса отобразено на рисунке 1 [4].

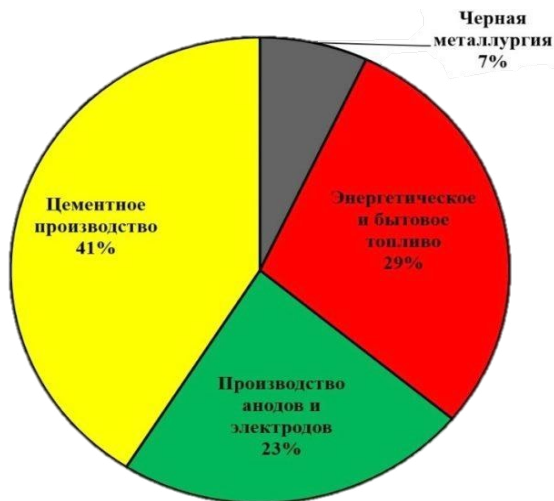


Рисунок 1 – Использование нефтяного кокса

Нефтяной кокс получают из тяжелых нефтяных остатков методом замедленного коксования.

Установки замедленного коксования состоят из одной или нескольких попарных групп камер, в которых одна группа задействована на стадии получения кокса, а другая – на выгрузке или в промежуточном состоянии. Процесс разложения исходного материала начинается в трубчатой печи, где он разогревается до 470–510 °С. После этого сырье поступает в необогреваемые камеры, где происходит его глубокое коксование за счет тепла, пришедшего вместе с ним.

Газообразные и жидкие углеводороды отводятся на фракционное разделение в ректификационную колонну. Кокс поступает в отделение по механической обработке, где производится его выгрузка, сортирование и транспортировка. В слое готового продукта бурят скважину, а в нее помещают гидравлический резак. Его сопла работают под давлением до 20 МПа. Куски разделенного кокса падают на дренажную площадку, где происходит слив воды. Затем продукт дробят на более мелкие части и разделяют на фракции. Далее кокс перемещается на склад [5]. Принципиально технологическая схема процесса замедленного коксования показана на рисунке 2.

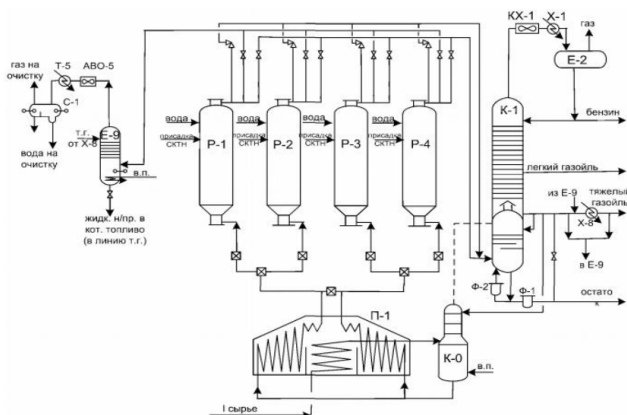


Рисунок 2 – Схема процесса замедленного коксования

Кроме кокса на установке замедленного коксования производятся:

- жирный газ коксования (для топливных нужд завода);
- компонент автомобильного бензина;
- лёгкий газойль коксования (компонент сырья С-300 1 комплекса ЛК-6У);
- тяжёлый газойль коксования (компонент мазута топочного) [6].

Также на установке на технологические нужды за счёт тепла отходящих дымовых газов печей получают водяной пар с давлением 1,4 МПа и температурой 300 °С производительностью 50 т/ч [6]. Для этого на секции производства пара установки используется котел-утилизатор типа БМ-35РФ (рисунок 3) [7].

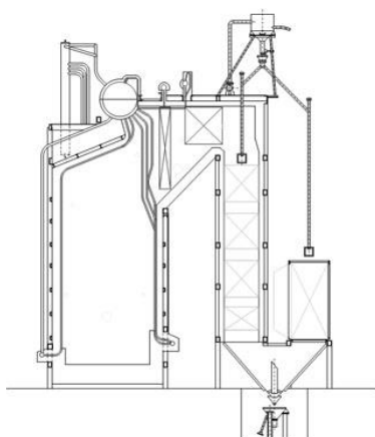


Рисунок 3 – Паровой котёл типа БМ-35РФ

Котёл типа БМ-35РФ предназначен для получения перегретого пара, работает на мазуте в закрытых котельных и котельных полуоткрытого типа. Котёл однобарабанный вертикальный водотрубный с естественной циркуляцией, выполненный по П-образной схеме компоновки поверхностей нагрева, с отдельно вынесенной шахтой воздухоподогревателя, трёхходовой по движению продуктов сгорания. Диапазон регулирования по паропроизводительности 70–100 %. Обмуровка котла – тяжёлая, закрепляемая на каркасе с обшивкой [7].

После процесса коксования кокс подвергается процессу прокалики. Основной целью процесса прокалики является улучшение физических и химических качеств кокса, таких, как электрическая проводимость, истинная плотность, окисляемость и реакционная способность, в результате продукт приобретает необходимые качества, становясь соответствующим необходимым требованиям [8] качества. В процессе прокалики и происходит выработка электроэнергии за счет утилизации тепла дымовых газов.

Прокалка или обжиг нефтяного кокса – это процесс нагрева сырого нефтяного кокса до 1250–1350 °С, при котором, за счёт протекания физических и химических процессов в сырьевом материале, происходит улучшение потребительских свойств кокса. В процессе происходит испарение влаги и удаление летучих и легкоиспаряющихся компонентов, при этом молекулярная структура кокса принимает более организованную форму с четкой кристаллической решеткой.

При нагреве и прокалике кокса в печи, топливо (мазут), часть кокса и выделяющиеся из него легколетучих горючих веществ сгорают, выделяя большое количество дымовых газов с высокой температурой. Так как последние содержат небольшое количество несгоревшего топлива, легколетучих веществ и пылевидного кокса, то дымовые газы после печи прокалики поступают в дожигатель. В нём за счет сжигания дополнительного топлива (мазута) поддерживается температурный режим, обеспечивающий практически полное сгорание компонентов дымовых газов, а также постоянный их расход и температуру [8]. Блок-схема процесса прокалики показана на рисунке 4.

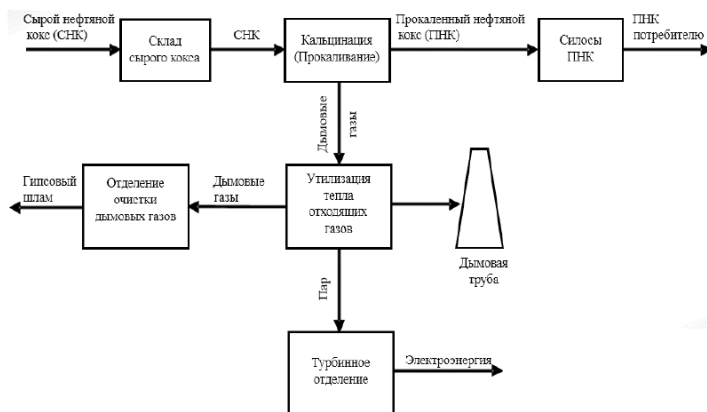


Рисунок 4 – Блок-схема процесса прокатки нефтяного кокса

Для утилизации высокопотенциального тепла дымовых газов, после дожигателя они поступают в котел-утилизатор, где за счёт этого вырабатывается водяной пар среднего давления с температурой около 400 °С. Объем вырабатываемого пара значительно превышает потребности процесса в тепловой энергии, поэтому большая часть пара используется для выработки электроэнергии в турбинном отделении, входящем в состав установки прокатки нефтяного кокса [8].

Для выработки электроэнергии применяются паросиловые установки, включающие паровые турбины конденсационного типа.

Принципиальная технологическая схема выработки электрической энергии показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема выработки электрической энергии

Котлы-утилизаторы являются неотъемлемой частью технологического процесса прокатки кокса, поскольку служат для понижения температуры дымовых газов, выходящих из печи дожига с температурой около 1000–1250 °С, до температуры около 180 °С. Котел-утилизатор серии КУ показан на рисунке 6.

Понижение температуры дымовых газов необходимо для последующей очистки дымовых газов в рукавных фильтрах и колоннах обессеривания. Очищенные дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовые трубы колонн обессеривания с соблюдением требований охраны окружающей среды [8].

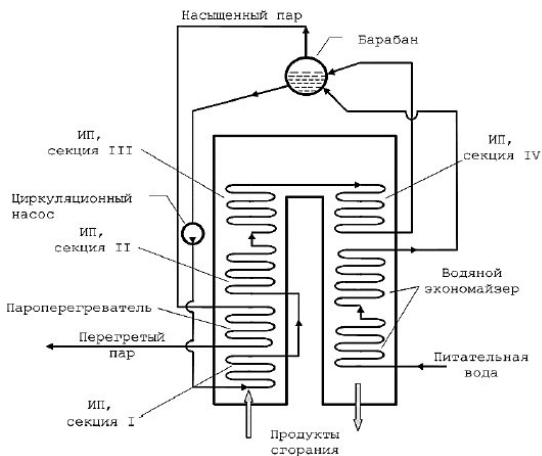


Рисунок 6 – Схема котла-утилизатора серии КУ

Вырабатываемый котлами-утилизаторами пар подаётся на турбины для выработки электрической энергии. Как правило на предприятиях используются парные турбины, в количестве, зависящем от количества котлов-утилизаторов. Схема простейшей паротурбинной установки показана на рисунке 7.

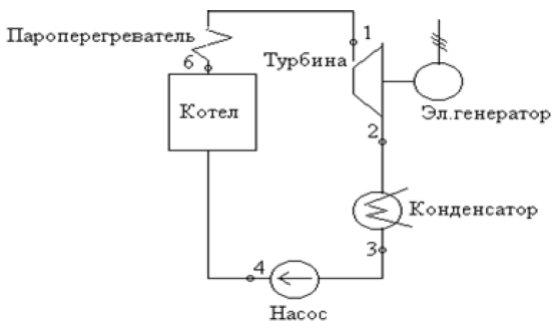


Рисунок 7 – Схема паротурбинной установки

Паровые турбины работают следующим образом: пар, образующийся в паровом котле, под высоким давлением, поступает на лопатки турбины. Турбина совершает обороты и вырабатывает механическую энергию, используемую генератором. Генератор производит электричество.

Электрическая мощность паровых турбин зависит от перепада давления пара на входе и выходе установки. Мощность паровых турбин единичной установки может достигать 1000 МВт [9].

Выводы

Национальным достоянием Казахстана являются его природные, в первую очередь, топливно-энергетические ресурсы, а также технический и интеллектуальный потенциал.

Повышение эффективности использования технического потенциала, а также всех видов энергоресурсов внутри страны с применением в широких масштабах энергосберегающих технологий в промышленности и в быту, является важнейшей задачей энергетической политики.

Необходимость углубления переработки нефти, сокращения выпуска тёмных нефтепродуктов обращает дополнительное внимание на процессы переработки тяжёлых нефтяных остатков, в частности, на коксование.

Процесс коксования, являясь одним из перспективных путей глубокой переработки нефти, позволяет перерабатывать нефтяные остатки с получением кокса и дистиллятных фракций. Наряду с этим на установках замедленного коксования и прокалики нефтяного кокса вырабатываются энергоресурсы (водяной пар, электрическая энергия), как для собственных нужд, так и сверх этого.

Методы получения водяного пара и электрической энергии в процессе производства нефтяного кокса из тяжёлых нефтяных остатков на установке замедленного коксования и получения из него прокаленного нефтяного кокса, несомненно являются эффективными, как с экономической, так и с технической точки зрения, так как не требует особых затрат и использования дорогостоящего и сложного оборудования. Также важным является то, что он позволяет исключить прямое использование тяжелых нефтяных остатков, при производстве электроэнергии, что в свою очередь способствует углублению нефтепереработки, так как, по сути, является вторичным процессом при производстве готовой продукции – прокалённого нефтяного кокса, а также способствует повышению экологичности производства.

Список использованных источников

1 Кирдасинова, К. А., Карлыхан, Н. О. Развитие электроэнергетической отрасли в Казахстане [Текст] // Молодежный сборник научных статей

«Научные стремления». № 15. 2015. – С. 42–49.

2 Нефтегазовая энциклопедия – производство электроэнергии. 2004. [Электронный ресурс]. – <http://www.termyny.info/technics-and-technology/oil-and-gas-encyclopedia/proizvodstvo-elektroenergii>.

3 Промышленная экология. Потенциал энергии. [Электронный ресурс]. – <http://www.alfar.ru/smart/1/565/>.

4 Установка замедленного коксования, схемы, назначение. [Электронный ресурс]. – <https://pronpz.ru/ustanovki/zamedlennoe-koksovanie.html>.

5 Установка замедленного коксования: проект, принцип работы, расчет мощности и сырье. 30 октября 2018 г. [Электронный ресурс]. – <https://fb.ru/article/435692/ustanovka-zamedlenno-go-koksovaniya-proekt-printsip-raboty-i-raschet-moschnosti-i-syire>.

6 Комплекс переработки тяжелых нефтяных остатков (КПТНО). Установка замедленного коксования и производства пара. [Электронный ресурс]. – https://www.pnhz.kz/production/technical_description/kptno/.

7 Паровые котлы типа Е-50-3-9-440ГМ (БМ-35РФ) Е-35-3,9-440ГМ (БГМ-35М). [Электронный ресурс]. – <https://rosenergostal.ru/mashinostroenie-i-energetika/parovye-kotly-tipa-e-50-3-9-440gm-bm-35rf-e-35-3-9-440gm-bgm-35m/>.

8 Проект ТОО «УПНК-ПВ» «Строительство установки прокали нефтиного кокса в г. Павлодар». [Текст]. – 2015.

9 Паровые турбины. [Электронный ресурс]. – <https://manbw.ru/analytics/steam-turbines.html>.

References

1 **Kirdasinova, K. A., Karlyhan, N. O.** Razvitie elektroenergeticheskoy otrasli v Kazahstane. [Kirdasinova, K. A., Karlykhan, N. O. Development of the electric power industry in Kazakhstan] [Text] // Molodezhnyj sbornik nauchnyh statej «Nauchnye stremeniya». № 15. 2015. – P. 42–49.

2 Neftegazovaya enciklopediya – proizvodstvo elektroenergii. 2004. [Oil and Gas Encyclopedia – Power Generation. 2004] [Electronic resource]. – <http://www.termyny.info/technics-and-technology/oil-and-gas-encyclopedia/proizvodstvo-elektroenergii>.

3 Promyshlennaya ekologiya. Potencial energii. [Industrial ecology. Energy potential.] [Electronic resource]. – <http://www.alfar.ru/smart/1/565/>.

4 Ustanovka zamedlenno-go koksovaniya, skhemy, naznachenie. [Installation of delayed coking, schemes, appointment.] [Electronic resource]. – <https://pronpz.ru/ustanovki/zamedlennoe-koksovanie.html>.

5 Ustanovka zamedlenno-go koksovaniya: proekt, princip raboty, raschet moshchnosti i syr'e. 30 oktyabrya 2018 g. [Delayed coking unit: design, operating principle, capacity calculation and raw materials. October 30, 2018]. [Electronic

resource]. – <https://fb.ru/article/435692/ustanovka-zamedlennogo-koksovaniya-proekt-printsip-raboty-raschet-moschnosti-i-syire>.

6 Kompleks pererabotki tyazhelyh neftyanyh ostatkov (KPTNO). Ustanovka zamedlennogo koksovaniya i proizvodstva para. [Complex for processing heavy oil residues (KPTNO). Delayed coking unit and steam production.] [Electronic resource]. – https://www.pnhz.kz/production/technical_description/kptno.

7 Parovye kotly tipa E-50-3.9-440GM (BM-35RF) E-35-3.9-440GM (BGM-35M). [Steam boilers type E-50-3.9-440GM (BM-35RF) E-35-3.9-440GM (BGM-35M).] [Electronic resource]. – <https://rosenergostal.ru/mashinostroenie-i-energetika/parovye-kotly-tipa-e-50-3-9-440gm-bm-35rf-e-35-3-9-440gm-bgm-35m/>.

8 Proekt TOO «UPNK-PV» «Stroitel'stvo ustanovki prokalki neftyanogo koksa v g. Pavlodar». [Project of LLP «UPNK-PV» «Construction of an installation for calcining petroleum coke in Pavlodar»] [Text]. – 2015.

9 Parovye turbiny. [Steam turbines] [Electronic resource]. – <https://manbw.ru/analytics/steam-turbines.html>.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

*P. M. Nesmeyanova, M. P. Krishtafovich,
C. P. Massakbayeva, S. Yu. Kovtareva*

Мұнай коксын өндіру және өңдеу процесінде ішкі отын көздерін тиімді пайдалану

Торайгыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

*R. M. Nesmeyanova, M. R. Krishtafovich,
S. R. Massakbayeva, S. Yu. Kovtareva*

Efficient use of internal fuel sources in the production and processing of petroleum coke

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 11.12.20.

Мақалада мұнай коксын баяу кокстеу және қыздыру әдістері арқылы ауыр мұнай қалдықтарынан қыздырылған мұнай коксын алу тәсілі қарастырылады, сондай-ақ баяу кокстеу және мұнай коксын қыздыру процестерінің екінші өнімі ретінде су буын және электр энергиясын алуға шолу жүргізіледі.

Бұл басылымда қазандық-утилизатордың және бутурбиналық қондырғының жұмыс принципі мен құрылысы және мұнай коксын өндіру кезіндегі баяу кокстеу және қыздыру процестерінің сұлбасы көрсетілген, сонымен қатар кокстеу процесінде қызған будың алынуы және қыздыру кезінде электр энергиясын өндіру схемасы сипатталған.

Мұнай коксын өндіру және оны қыздыру барысында аланатын су буы мен электр энергиясы энергия ресурстарын өндіру әдістерінің бірі болады және экономикалық, экологиялық, техникалық тұрғыдан тиімді болып табылады. Бұл әдіс мұнай өңдеуді тереңдетуге және өндірістің экологиялық жағынан тазалығын арттыруға ықпал етеді.

Кілтті сөздер: электр энергиясы, су буы, қазандық-утилизатор, бутурбиналық қондырғы, ауыр мұнай қалдықтарын қайта өңдеу, кокс, кокстеу, мұнай коксын қыздыру.

The article discusses the methods of obtaining calcined petroleum coke from the heavy oil waste by slow coking and heating of petroleum coke. It also reviews the production of water vapor and electricity as a second product of the processes of petroleum coke slow coking and heating.

There are described the process of coking, the principles of operation and the structure of the boiler-utilizer and steam turbine installation, the schemes of the petroleum coke slow coking and heating, obtaining of the superheated steam in the process of coking, and the scheme of the electrical energy during calcination.

Obtaining water vapor and electricity during the production of petroleum coke and its heating is an economically, environmentally, and technically efficient method of energy production that contributes to the deepening of oil refining and improves the environmental friendliness of its production.

Keywords: electric power, water vapor, heat recovery boiler, steam turbine plant, processing of heavy oil residues, coke, coking, calcining of petroleum coke.

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,99 Мб RAM

Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.

Электронное издание

3,99 Мб RAM

Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz