



Рисунок 1 – Влияние концентрации ПАА

Результаты проведенных исследований показали, что для снижения содержания в фосфогипсе токсичных примесей следует исходный фосфорит подвергнуть предварительной механической активации, что значительно снижает особенно содержание токсичного фтора. Исследованиями установлено, что при образовании полугидрата сульфата кальция из механически активированного фосфорита Каратау, образуются 1-1,17% соединений фтора в виде  $H: SiF_6$  и  $HF$ . Снижение исходной концентрации фтористых соединений способствует увеличению удельной поверхности 20 твердых частиц, т.е. улучшает последующие эксплуатационные свойства материала. Таким образом, для улучшения физико-химических свойств фосфогипса необходимо усилить воздействие на него на микроуровне, что проявляется в модификации поверхностных свойств частиц сульфата кальция и изменении их энергетических характеристик.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Копылев, Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. – Л.: Химия, 1981. – 224 с.
2. Позин, М.Е., Зинюк, Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. – Л.: Химия, 1985. – 384 с.
3. Кармышов, В.Ф. Химическая переработка фосфоритов. – М.: Химия, 1983. – 304 с.
4. Зимон Д.А., Леценко И.Ф. Коллоидная химия. М.: Химия, 1995. – 284 с.
5. Копылева, Б.Б. Влияние поверхностно-активных веществ на свойства дисперсных систем и процессы их разделения. Обзорная информация серии «Фосфор и его соединения». – М.: НИИТЭХИМ, 1981. – 40 с.

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОГО ЦЕХА ОАО «БОРИСОВСКИЙ ДОК» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF POWER EQUIPMENT IN THE BOILER SHOP OF JSC «BORISOVSKY DOCK» WITH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

**А. Н. Баран, К. И. Пресняков**  
**A. Baran, K. Presnyakov**

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь  
engineersolutions@mail.ru

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Объектом исследования является котельный цех ОАО «Борисовский ДОК». В связи с наращиванием производственных мощностей на предприятии существует проблема утилизации отходов производства деревообработки, а также нехватки тепловой мощности собственной котельной в связи с истечением предельного срока эксплуатации существующего котла марки ДЕ 25-14 ГМ, а также наращивании производственных мощностей.

При проведении исследований энергосистемы предприятия, включая потребителей, установлена необходимость увеличения паропроизводительности оборудования котельной на 10 т/ч. В работе проводится анализ и сравнение технических характеристик работы котла марки ДВКР 10-13 ГМ при сжигании газообразного топлива с котельным агрегатом КЕ-10/14 ТС, работающем на древесных отходах производства при внедрении в существующую котельную.

The object of the study is the boiler shop of JSC "Borisovsky DOCK". In connection with the increase in production capacity, the company has a problem of recycling waste wood production, as well as the lack of heat capacity of its own boiler house due to the expiration of the service life of the existing DE 25-14 GM boiler, as well as the increase in production capacity.

In studies of the energy system of the enterprise, including consumers, the necessity of increasing the steam production of the boiler equipment 10 tons/h. In this article the authors analyze and compare the performance of the boiler brands DVCR 10/13 GM when burning gas fuel unit boiler KE-10/14 TS, working on waste wood production when introduced into the existing boiler shop.

*Ключевые слова:* древесные отходы, природный газ, газообразное топлива, тепловая мощность, паропроизводительность, котельный агрегат, выбросы загрязняющих веществ.

*Keywords:* wood waste, natural gas, gaseous fuel, heat capacity, steam capacity, boiler unit, emissions of pollutants.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-342-346>

В недрах Республики Беларусь отсутствуют собственные сырьевые топливно-энергетические ресурсы в достаточных объемах для удовлетворения потребностей страны. В этой связи основу энергетического потребления топлива Беларуси составляет природный газ, импортируемый из Российской Федерации. На природном газе работают большинство теплоэлектростанций республики, его потребляют промышленные предприятия в качестве технологического сырья и топлива, коммунально-бытовой сектор и население на нужды отопления и приготовления пищи. Такая структура топливного баланса сложилась еще в советское время, когда использование природного газа было наиболее экономически целесообразным и экологически «чистым» по сравнению с другими видами органического топлива (уголь, торф, мазут).

Перевод работы котельных с газообразного топлива на местные виды топлив является стратегической задачей в развитии энергосистемы Республики Беларусь, способствующей снижению энергоёмкости производства и энергозависимости от других стран.

История развития исследуемого предприятия ОАО «Борисовский ДОК» насчитывает более 100 лет. В 1911 году фабрикант Давид Берман арендовал участок земли, где и начал строительство лесопильного завода.

Завод был введен в эксплуатацию 1 марта 1912 года при 25 рабочих, об этом свидетельствуют данные Национального исторического архива Беларуси. В 1917 году, после победы Октябрьской революции, владельцы заводов эмигрировали. Завод перешел к Земснабу и стал называться: «Деревообделочник». В 1918-1920 годах при германской и белопольской оккупации завод бездействовал.

В 1925 году обновленный лесопильный завод стал называться деревообрабатывающим заводом «Коминтерн», а с 1926 года после объединения с заводом «Деревообделочник», стал комбинатом «Коминтерн». С 1928 по 1940 начались годы роста и для Борисовского комбината «Коминтерн». В 1928 году был возведен новый корпус лесопильного цеха на 3 лесорамы. В 1929 году по территории комбината была проложена железнодорожная ветка. В 1930 году был построен новый корпус мебельного цеха.

В период Великой Отечественной войны Борисовский деревообрабатывающий комбинат был разрушен. После войны в первую очередь были восстановлены лесопильный цех и котельная, работающая на газообразном топливе.

В 1952 г. построили раскроечный и тарный цеха, сушильное хозяйство. В 1952 году организовали паркетное производство и выпуск мягкой мебели. Полностью восстановили корпус мебельного цеха.

К 50-летию комбината мебельный цех вырос в передовое мебельное предприятие с современной техникой и технологией. В начале июня 1971 года введен в эксплуатацию новый лесопильный цех, в котором установили 4 лесорамы.

В 1980 году вступил в строй цех древесностружечных плит проектной мощностью 28000 м<sup>3</sup>. В 1991 году Борисовский мебельный комбинат, в числе первых в городе Борисове выкупился у государства и стал в 1992 году коллективным предприятием.

В 1990 году было закончено строительство мебельной фабрики для выпуска корпусной мебели. В декабре 1993 года был введен в эксплуатацию цех древесно-волоконистых плит на оборудовании и по технологии фирмы «Бизон». В декабре 1996 году коллективное предприятие БМК им. Коминтерна было преобразовано в ОАО «Борисовский ДОК».

Модернизация котельной была произведена в 2002-2004 годах, в результате которой введен в эксплуатацию котел KE 6,5-14 ТС и переведена работа двух котлов марки ДКВР 10-13 с газообразного топлива на древесные отходы. Кроме того, закрыто убыточное мебельное производство. Вместе с тем, в 2003 году котельный агрегат ДЕ 25-14 не допущен в эксплуатацию по причине достижения предельного срока эксплуатации и результатам технического диагностирования, в связи с чем, в дальнейшем не эксплуатировался и паропроизводительность котельной составила 26,5 т/ч.

На предприятии в 2003 году был налажен выпуск древесно-волоконистых плит, облицованных пленочными материалами, расположенный в отдельном здании и требующий поддержания температуры воздуха внутри помещения не ниже 18 °С для нужд технологии.

В 2004 году приобретены и смонтированы 2 блока сушильных камер итальянской фирмы «SECAL» (8 шт.) с объемом загрузки материала 139,3 м<sup>3</sup> каждая. В 2006 году организован участок изготовления строганных

погонажных изделий с механизацией подачи пиломатериалов на обработку на базе 4-х сторонних строгальных станков фирм «Лединек» и «Вайниг». Организовано новое производство – домостроение.

В 2007 году приобретены и смонтированы две сушильные камеры австрийской фирмы: «Mühlböck» с объемом загрузки материала 95,04 м<sup>3</sup> каждая. Организован участок по оптимизации и сращиванию пиломатериалов, технологической процесс которого при изготовлении требует поддержания температуры воздуха внутри помещения не ниже 18 °С. В 2008 году произведена модернизация линии «Бизон» с установкой систем подогрева смолы, управления и регулировки стальной и сетчатой лентой.

В 2010-2012 годах смонтирован отопляемый цех по производству гранул. Установлена сушильная камера барабанного типа. Устройство навесов для хранения и атмосферной сушки пиломатериалов.

Произведен в 2014 году запуск новой линии лесопиления на базе ФБС. Ввод склада ДВП. В 2015 году введена в эксплуатацию сушильная камера фирмы «Hildebrand» с объемом загрузки материала 696,96 м<sup>3</sup>.

В 2017 году смонтирован отопляемый ангар, в котором запущен новый участок малых форм домостроения объемом 7225 м<sup>3</sup>.

Потребителями котельной, кроме объектов предприятия являются объекты жилого сектора, общежитие, магазины и поликлиника, которые соответственно требуют соблюдения договорных отношений.

Проводя анализ из истории развития предприятия, очевидно, что после модернизации котельной прошел достаточно долгий период на протяжении которого добавлялись новые потребители тепловой энергии, что приводило к увеличению нагрузки на котельную. Данное положение дел привело к тому, что при достижении значения температуры наружного воздуха близкому к - 20 °С и ниже возникла нехватка тепловой мощности котельной, что привело к необходимости снижения объемов выпускаемой продукции, практически во всем ассортименте, по причине необходимости применения во многих технологических процессах высушенной древесины. Кроме того, данное положение дел способствует простоям производства при необходимости вывода в ремонт оборудования при выходе из строя котла в осенне-зимний период по причине отсутствия резерва.

С увеличением объемов производства также увеличилось количество образующих древесных отходов, которое необходимо утилизировать путем реализации, либо применения в производстве. Принимая во внимание имеющиеся проблемы и необходимость дальнейшего развития предприятия целесообразно применить образующиеся отходы в качестве топлива. При проведении исследований составлен баланс образующихся неиспользуемых древесных отходов с учетом распиловки пиловочника в среднем в объеме 17 000 м<sup>3</sup>/в месяц, который представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Баланс образования отходов с учетом распиловки 17 000 м<sup>3</sup>/в месяц

	%	Всего, м <sup>3</sup>	
Цех лесопиления			
Пиловочник	100	17 000	
Пиломатериалы	43	7 310	
Опилки	16	2720	
Кусковые отходы	5	850	
Технологическая щепка	32	5 440	
Безвозвратные потери	4	-	
Отходы вне баланса:			
- кора,	8	1200	
- кусковые	3	450	
Участок лесосырья:			
- кора,		200	
- отсев (Брукс)		150	
Участок стружки	100	4 680	
Кусковые отходы	9	320	
Опилки, стружка	30	1 400	
Участок домов	100	980	
Кусковые	25	245	
Опилки, стружка	15	147	
П/материалы для внутреннего потребления		700	
Кусковые отходы	10	140	
Опилки	3	20	
Участок садовых домиков		350	
Кусковые	10	35	
Опилки, стружка	3	10	
П/материалы для реализации		200	
Кусковые отходы	10	20	
Опилки	10	20	
Производство ДВП			
Отсев от щепы		900	
Отходы ДВП		50	
ВСЕГО ОТХОДОВ:		в месяц	в год
		14 317	171 804

При изучении и расчете суммарной нагрузки на котельную подтвердилась потребность в увеличении паро-производительности котельной, которая составила 36,1 т/ч, против 26,5 существующей. В связи с чем, для рассмотрения принимаются котлы производительностью 10 тонн пара в час типа ДКВР 10-13 ГМ, работающий на газообразном топливе и КЕ 10/14 ТС, работающий на древесных отходах. Все расчеты приведены на основании СНБ [1] и проведены по месяцам, составлены и определены часы работы оборудования.

Наиболее энергоёмкими процессами на предприятии является сушка древесины и производство древесноволокнистых плит. Процесс сушки автоматизирован и наиболее сложен в обеспечении тепловой энергии, так как с изменением относительной влажности и температуры наружного воздуха изменяется потребное количество тепловой энергии для сушки продукции. Это объясняется изменением теплосодержания нагреваемого наружного воздуха, параметры которого в течении суток изменяются.

Сравнивая котельные агрегаты выбираем к сравнению: ДКВР 10-13 ГМ, работающий на газообразном топливе и КЕ 10/14 ТС, работающем на твердом топливе. Котельные агрегат ДКВР 10-13 ГМ выбран ввиду более лучшей ремонтпригодности по причине соответствия конструкции существующим установленным котлам, а также возможности в дальнейшем перевода котла для работы на твердом топливе.

Вместе с тем, КЕ 10/14 ТС выбран по причине меньшей металлоемкости по сравнению с ДКВР, наличием легкой натрубной обмуровки, что позволяет значительно сократить время пуска котла и выхода его в номинальный режим, что крайне важно в условиях необходимости аварийного вывода в работу при работе на твердом топливе и аварийных ремонтных работах.

При сравнении работы котельной в период с ноября по февраль (2880 часов) общее количество выбросов загрязняющий при эксплуатации с котлом ДКВР 10-13 ГМ составило 679,7 тон и 767,4 с котлом КЕ 10/14 ТС, что на 87,7 тон/год ниже. Львиную долю от общего количества загрязняющих веществ составляют оксиды азота и угарный газ. Преимущество сжигания газообразного топлива очевидно.

При предварительном сравнении полученных результатов расчетов энергетических характеристик очевидно преимущество газообразного топлива в более высокой теплотворной способности топлива, соответственно меньших потерь на химический недожог топлива, отсутствия механического недожога по сравнению с твердым топливом. Данные факторы выражаются в более высоком коэффициенте полезного действия равным 91,69 % по отношению к 86,69 при работе ДКВР 10-13 ГМ в сравнении с КЕ 10/14 ТС. Газообразное топливо способствует снижению аэродинамического сопротивления при работе котельной установки, следовательно, низкому потреблению электрической энергии. Меньшая температура дымовых газов на выходе из котла, позволяет применять меньшее количество труб при установке экономайзера.

При сравнении стоимости топлива и потребляемой электроэнергии при эксплуатации котлов выявился факт, что в условиях закупки топлива по цене, привязанной к стоимости тонны условного топлива, по причине более низкого коэффициента полезного действия, сжигание древесных отходов не выгодно. Однако, по результатам расчетов в условиях предприятия себестоимость древесных отходов за 1 плотный м<sup>3</sup> составила 12 р., что при сравнении со стоимостью 1 тыс. м<sup>3</sup>/год природного газа и 1 тыс.плот. м<sup>3</sup>/год суммарные затраты снижаются до 282117,5 в сравнении с 939551,7 при эксплуатации газового котла, что в 3 раза ниже чем при эксплуатации твердотопливного котельного агрегата.

Таблица 2 – Сравнение затрат на топливо при эксплуатации котлов

Величина	Результат	
	ДКВР-10-13	КЕ-10-14
Число часов работы в году, ч	2880	2880
Потребляемое топливо, тыс. м <sup>3</sup> /год, тыс.плот. м <sup>3</sup> /год	937,6	258,45
Топливный коэффициент	1,225	0,35
Потребляемое топливо, т у.т.	2151,86	2257,16
Цена в год из расчета 215 у.е. за т у.т.	462650,7	485288,4
Цена в год из расчета 2,15 руб. за 1 у.е.	<b>994698,9</b>	<b>1043370</b>
Стоимость единицы топлива фактическая по состоянию на 27.12.2019, 1000 м <sup>3</sup> , плот.м <sup>3</sup>	533,72	12
Стоимость фактическая затрат на топливо, руб.	<b>937562,3</b>	<b>258245,2</b>
Потребление электроэнергии, кВт/год	18290,21	23872,261
Цена за электроэнергию в год, руб.	1989,38	2596,52
<b>СУММАРНЫЕ ЗАТРАТЫ В ГОД, РУБ.</b>	<b>939551,7</b>	<b>282117,5</b>

Из полученных результатов исследования очевидно, что без внедрения котельного агрегата, работающего на древесных отходах перед предприятием, возникает проблема и не решается вопрос утилизации древесных отходов. Также внедрение котельного агрегата КЕ 10-14, работающего на древесных отходах позволяет в 3,3 раза сократить расходы на топливно-энергетические ресурсы, что важно в условиях мирового рынка.

Переменчивость цен на газообразное топливо, а также зависимости рынка топлива от политического влияния и использование данного фактора для оказания влияния на страны способствует возникновению недобросовестной

конкуренции и понуждению предприятий к принятию не выгодных решений. Применение древесных отходов крайне важно в создании независимого, бесперебойного и устойчивого энергоснабжения предприятия.

Также внедрение дополнительного котла важно для покрытия нагрузок предприятия и сокращения простоев производства. В условиях пониженных температур предприятие снижает объемы производства, что ведет к потере продукции. Данная причина нехватки мощности подтверждается расчетом тепловой схемы котельной. Кроме того, также при выходе из строя одного из котлов в осенне-зимний период, выводится на простой некоторое оборудование, что отражается на прибыли предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 2.04.02-2000. Строительная климатология (изменение № 1). – Введен 07.01.2007. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 35 с.
2. *Эстеркин, Р. И.* Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учеб. пособие. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. / Под ред. проф. Б.М.Хрусталёва – М.:Изд-во АСВ, 2008. – 784 с., 183 ил.
4. *Колпачков, В.И., Яцура, А.И.* Производственная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования: Справочник – М.: ЗАО «Энергосервис», Москва, 1999. – 811 с.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ АВТОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

### THE IMPACT OF THE ROAD COMPLEX AT THE NATURAL ENVIRONMENT

**Г. Ж. Бекболатов, Ж. А. Шингисбаева, А. Туленов,  
Н. Ж. Ашитова, Э. К. Бейсенбаева, Н. К. Бахов  
G. Bekbolatov, Zh. Shingisbayeva, A. Tulenov,  
N. Ashitova, E. Beisenbayeva, N. Bakhov**

*Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова,  
г.Шымкент, Республика Казахстан  
g.bekbolat@mail.ru*

*M. Auezov South Kazakhstan State University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan*

В статье приведены проблемы воздействия автомобильного транспорта и обеспечивающей его функционирование инфраструктуры на природную среду. По результатам литературных обзоров в качестве основных видов воздействия автодорожного комплекса отмечены: загрязнение атмосферного воздуха вредными компонентами отработанных газов автотранспортных двигателей; выбросы в атмосферу загрязнений из стационарных источников автотранспортного комплекса; загрязнение водных ресурсов; образование производственных отходов и воздействие транспортного шума. Определены, что состав и размеры загрязнений окружающей среды автотранспортным комплексом зависят от ряда взаимосвязанных факторов, которые имеют разные уровни управляемости, их совокупность разделена на две группы: управляемые на государственном уровне и управляемые на уровне предприятий автотранспортного комплекса и владельцев автотранспортных средств.

The article shows the impact of road transport and the functioning of its infrastructure at the natural environment. According to the results of the literature reviews, air pollution by harmful components of exhaust gases from motor vehicles, emissions of pollutants from stationary sources of the motor vehicle complex, pollution of water resources, generation of industrial waste and the impact of transport noise are noted as the main types of impact of the road complex. It is determined that the composition and dimensions of environmental pollution by the motor complex depend on a number of interrelated factors that have different levels of controllability, their aggregate is divided into two groups: state-run and enterprise-controlled transport complex and vehicle owners.

*Ключевые слова:* автомобильный транспорт, окружающая среда, отработавшие газы двигателей, вредные вещества, загрязнение, транспортный поток.

*Key words:* automobile transport, environment, exhaust gases of engines, harmful substances, pollution, traffic flow.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-346-349>