

может выпить таблетку и заглушить неприятные ощущения на время, но лишь на время. Боль будет возвращаться, усиливаться, а кошелек становится все тоньше. Но можно решить проблему комплексно, найдя и устранив истинную причину возникновения неприятностей, избавившись от нее навсегда. Это наша философия.

ОФ «Тугнуйская» – это предприятие, с которого мы начали свою деятельность, и на сегодняшний день оно используют уже 24 единицы нашего оборудования и 70% запасных частей, поставляемых нашей компанией.

Мы помогли отладить систему технического обслуживания предприятия на постоянной основе, а поставка высокопрочных запасных частей и оборудования сократила простой до 842 часов в год. Лучшая фабрика Австралии дает показатели в 920 часов, и ОФ «Тугнуйская» опережает их на 120 часов. Если перевести это в продукт, то они выпускают на 200 000 т концентрата больше.

Мы реализовали множество проектов и можем с уверенностью заявить, что мы с Вами, и Вы можете на нас рассчитывать.

Если Вы разделяете нашу философию, то не стоит сидеть, сложа руки. Давайте вместе изучать, анализировать, внедрять и производить.

Преданная Вам команда TAPP Group

Наши контакты:

тел.: +7 (4722) 23-28-39, +7 (800) 301-27-73

e-mail: info@tapp-group.ru

web: www.tapp-group.ru

Наш
YouTube-канал:



Оригинальная статья

УДК 669.2 © А.Б. Красный, А.В.Круглов,У.В. Дмитракова, А.А. Шамыгин, 2022

Обезвоживание угольного концентрата на керамическом дисковом вакуум-фильтре «Бакор»

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-8-117-121>

В статье рассмотрен опыт использования керамических фильтрующих элементов для обезвоживания угольной пульпы. Определены параметры и режимы работы фильтровальной установки, подобраны флокулянты и их дозировка для наиболее эффективного процесса фильтрации на керамическом дисковом вакуум-фильтре, отработан режим регенерации.

Ключевые слова: обезвоживание, обогащение угля, флотация угля, керамический дисковый вакуум-фильтр, Бакор, регенерация фильтрующих элементов, пористая керамика.

Для цитирования: Обезвоживание угольного концентрата на керамическом дисковом вакуум-фильтре «Бакор»/А.Б. Красный, А.В. Круглов, У.В. Дмитракова и др.// Уголь. 2022. № 8. С. 117-121. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-117-121.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение добычи угля до 480 млн т в год к 2030 г. является одним из направлений стратегии развития угольной промышленности России. Другим важным направлением развития угольной промышленности является повышение качества добываемого угля, которого можно добиться только усовершенствованием процессов обогащения энергетического и коксующегося углей [1].

КРАСНЫЙ А.Б.

Канд. техн. наук,
первый заместитель генерального директора –
исполнительный директор
ООО «НТЦ «Бакор»,
108851, г. Москва, Россия,
e-mail: a.krasny@ntcbakor.ru

КРУГЛОВ А.В.

Начальник научно-исследовательского центра
по обезвоживанию и обогащению
ООО «НТЦ «Бакор»,
108851, г. Москва, Россия,
e-mail: kruglov@ntcbakor.ru

ДМИТРАКОВА У.В.

Научный сотрудник научно-исследовательского центра
по обезвоживанию и обогащению
ООО «НТЦ «Бакор»,
108851, г. Москва, Россия,
e-mail: dmitrakova@ntcbakor.ru

ШАМЫГИН А.А.

Младший научный сотрудник научно-исследовательского
центра по обезвоживанию и обогащению
ООО «НТЦ «Бакор»,
108851, г. Москва, Россия,
e-mail: shamygin@ntcbakor.ru

Увеличение обогащения энергетического угля вызвано необходимостью повышения транспортабельных свойств продукции, в большей степени увеличением экспортных поставок [2].

С одной стороны, перед обогатителями стоит задача повысить качество угля, с другой – снизить потери в тонких классах. Требования используемых на сегодняшний день технологий к качеству разделения жидкой и твердой фаз растут, что непременно ведет к повышению расходов и увеличению потребления энергоресурсов [3].

Влагосодержание фильтровального кека, вероятно, является наиболее важной характеристикой, которую следует поддерживать на желаемом уровне при промышленной фильтрации кека, чтобы поддерживать стабильное качество продукта и минимизировать потребление энергии [4]. Снижение влажности отфильтрованного угля позволит снизить расход топлива в процессе сушки [5].

Существующие установки для обезвоживания, как правило, были спроектированы опытным путем на основе традиционных технологий. Между тем информация о последних разработках и руководящих принципах по эффективному и устойчивому проектированию обезвоживающих и сушильных установок разрозненна, что затрудняет использование важных новых знаний [6].

ХАРАКТЕРИСТИКА ПУЛЬПЫ

Угольный концентрат представляет собой пенный продукт флотации черного цвета. Твердая фаза пульпы характеризуется сравнительно низкой плотностью и хорошо поддерживается во взвешенном состоянии, не требуя интенсивного перемешивания. Ситовые характеристики – в среднем по классу – 0,1, содержание – в диапазоне 20-30%, однако периодически может достигать 80%.

Наиболее действенным способом повышения эффективности процесса разделения твердой и жидкой фаз является применение флокулянтов [7,8]. Непосредственно перед процессом обезвоживания в концентрат добавляются реагенты: коагулянт Magnafloc 1597 (MF1597) и флокулянт Magnafloc 525 (MF525)[9,10]. Флокулянты широко используются при обезвоживании ультратонкого угля для улучшения скорости осаждения частиц. Однако вода улавливается хлопьями, что, как следствие, увеличивает влажность отфильтрованного кека [11].

Предварительно в лаборатории «Бакор» были проведены исследования по подбору оптимальной дозы применяемых реагентов применительно к фильтрации на керамических фильтрующих элементах. Подобранный в лаборатории «Бакор» концентрат реагентов

отличается от той, которая принята на предприятии, поэтому питание для испытаний на КДФ-0,5 готовилось отдельно: пульпу отбирали до введения в нее реагентов, наполняя две специально подготовленные емкости объемом 1 куб. м каждая, куда добавляли коагулянт, флокулянт и перемешивали с помощью погружного насоса (табл. 1) [12].

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Керамическая фильтровальная дисковая установка капиллярного действия (КДФ-0,5) состоит из ванны фильтра, вакуумной системы с блоком управления и блока емкостей для технологических жидкостей. Фильтрат из ресивера откачивается с помощью насоса. Разряжение в вакуумной системе поддерживается на уровне 0,82-0,86 бар водокольцевым вакуумным насосом, входящим в комплект. Управление запорной арматурой и двигателями осуществляется с сенсорного экрана пульта управления как в ручном, так и в автоматическом режимах работы [13].

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Подбор оптимального режима работы был осуществлен со следующими условиями:

- уровень пульпы в ванне – 100%, так как данное условие обеспечивает максимальную производительность установки;
- скорость вращения вала – 1 об/мин – максимальная скорость вращения вала установки;
- размешивающее устройство в ванне фильтра отключено, так как твердая фаза хорошо поддерживается во взвешенном состоянии;
- давление обратной промывки 1,1-1,2 бар установлено на основании накопленного опыта эксплуатации КДФ-0,5.

В целом, кроме исключения из работы размешивающего устройства выбранный режим эксплуатации установки КДФ-0,5 типичен для работы на большинстве рудных концентратов.

При работе в непрерывном режиме на установку КДФ-0,5 подавался предварительно приготовленный концентрат, смешанный последовательно с флокулянтом и коагулянтом.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Периодическая регенерация фильтрующих элементов осуществлялась обратным током регенерационного раствора под давлением 1,2 бар в течение 30-40 мин с одновременным воздействием ультразвука (комбинированный способ). Регенерационный раствор приготавливался из накопленного фильтрата и небольшого количества азотной кислоты.

Также были опробованы режимы регенерации обратным током фильтрата и воздействием ультразвука без использования азотной кислоты. Очевидной разницы в эффективности режимов регенерации с использованием кислоты и без нее не отмечено, что указывает на возможность сокращения расхода кислоты в промышленных условиях чередованием комбинированного способа и регенерацией фильтрующих элементов только воздействием ультразвука.

Таблица 1

Сравнение концентрации реагентов, принятых для работы в технологическом цикле предприятия и подобранных для работы на КДФ

Показатели	MF525, г/т	MF1597, г/т
В технологическом цикле предприятия	16	10
Для работы на КДФ	10	350

КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Остаточная влажность кека измерялась весовым методом при помощи анализатора влажности «Ohaus MB23» при температуре сушки 110°C. Некоторые полученные значения контролировались лабораторией по стандартной методике, принятой на предприятии. Параллельный контроль показал высокую сходимость результатов лабораторного и инструментального методов.

Фракционный состав твердой фазы в питании определялся лабораторией ОАО ЦОФ «Кузнецкая» механическим разделением на ситах по классу -0,1 мм и +0,1 мм.

ИСПЫТАНИЯ КДФ-0,5 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕМБРАНОЙ

На рис. 1 и в табл. 2 представлена динамика изменения показателей производительности и влажности при работе на пятичасовых циклах фильтрации. Для построения кривых взяты средние арифметические значения от показателей двух самых продолжительных периодов работы фильтра.

Рассматривая совместно две кривые на рис. 1, можно сделать вывод о прямой и очевидной зависимости между производительностью установки КДФ-0,5 и влажностью получаемого кека. Влажность снижается в течение всего цикла фильтрации от 22,85 до 20,5%. Средние показатели за цикл: удельная производительность – 189 кг/м²·ч; остаточная влажность кека – 21,81%.

Фильтрат с установки КДФ характеризуется высокой чистотой, по прозрачности визуально не отличим от воды из хозяйственно-питьевого водопровода.

ИСПЫТАНИЯ КДФ-0,5 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ БЕЗ МЕМБРАНЫ

На рис. 2 и в табл. 3 представлена динамика изменения показателей при работе фильтра КДФ с элементами без мембраны.

Для построения кривых взяты средние арифметические значения приблизительно в таком же диапазоне времени работы, как и для мембранных элементов и при сопоставимом содержании твердого в питании 240-250 кг/т.

Из полученных данных следует, что в течение всего цикла фильтрации влажность кека изменяется в диапазоне от 24,4 до 21,7%. Средние показатели за цикл: удельная производительность – 210 кг/м²·ч; остаточная влажность кека – 23,0%.

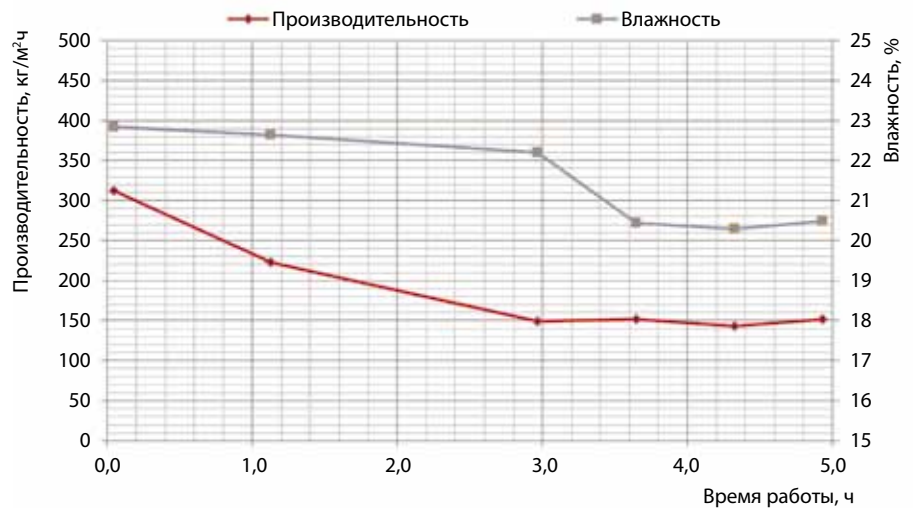


Рис. 1. Динамика изменения удельной производительности по сухому продукту и влажности кека при работе фильтра КДФ с мембранными фильтрующими элементами

Таблица 2

Средние показатели работы фильтра КДФ с мембранными фильтрующими элементами

Время работы фильтра, ч	Влажность кека, %	Производительность, кг/м ² ·ч
0,04	22,85	313
1,13	22,65	223
2,97	22,2	150
3,65	20,45	152
4,33	20,3	144
4,93	20,5	152
Средний показатель	21,81	189

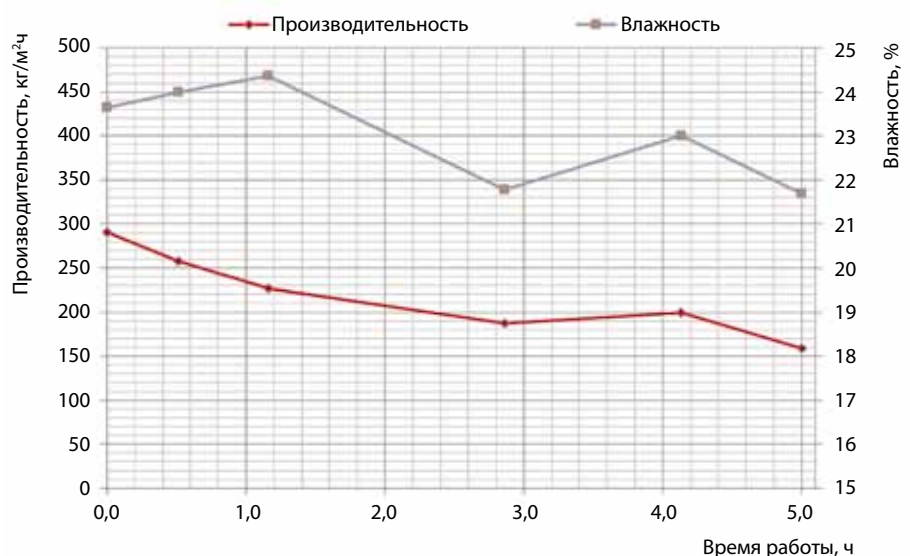


Рис. 2. Динамика изменения удельной производительности по сухому продукту и влажности кека при работе фильтра КДФ с фильтрующими элементами без мембраны

Фильтрат от безмембранных элементов в начальный период времени (2-3 ч) слегка мутноватый; к концу цикла фильтрации сопоставим по своим характеристикам с фильтратом от мембранных элементов, то есть визуально не отличим от воды из хозяйственно-питьевого водопровода. Анализ полученного фильтрата предприятием не проводился ввиду очевидного удовлетворения всем требованиям производства.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ КДФ-0,5 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВУХ ТИПОВ ЭЛЕМЕНТОВ

Из полученных данных следует, что при работе на мембранных элементах получается более сухой кека, однако в этом случае производительность получается несколько ниже, чем при работе на безмембранных элементах. В табл. 4 приведены средние показатели фильтрации, а также рассчитана среднесуточная удельная производительность реальной промышленной установки с учетом коэффициента использования оборудования. КИО фильтра принят 0,80. При пятичасовых циклах регенерации в сутки фильтр работает 20 ч.

Средние показатели работы фильтра КДФ с фильтрующими элементами без мембраны

Время работы фильтра, ч	Влажность кека, %	Производительность, кг/м ² ·ч
0,22	23,7	290
0,74	24,0	258
1,38	24,4	226
3,08	21,8	187
4,35	23,0	199
5,75	21,7	158
Средний показатель	22,9	207

Сравнение результатов работы фильтра КДФ с различным типом фильтрующих элементов на основе данных пятичасовых циклов фильтрации

Показатели	Тип элементов	
	Мембранные	Безмембранные
Средняя влажность, %	21,8	23,0
Удельная производительность, кг/м ² ·ч	189	210
Суточная производительность с учетом КИО, кг/м ² ·сут	3780	4200

Эффективность регенерации фильтрующих элементов комбинированным способом (кислота + ультразвук) и только воздействием ультразвука (без применения кислоты)

Тип элемента	Добавка кислоты	Удельная производительность до регенерации, кг/м ² ·ч	Удельная производительность после регенерации, кг/м ² ·ч	Увеличение производительности, %
Мембрана	+	135	190	40
Мембрана	-	145	197	39
Без мембраны	+	154	201	31
Без мембраны	-	170	224	32

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ (АЗОТНАЯ КИСЛОТА + УЛЬТРАЗВУК) И ТОЛЬКО ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКА (БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ КИСЛОТЫ)

Для оценки эффективности регенерации были проведены дополнительные сравнительные испытания при обеспечении одинаковых условий. Концентрация твердой фазы – ~250 кг/т, давление при регенерации – 1,2 бар.

Из представленных в табл. 5 данных следует, что очевидных различий в эффективности регенерации с добавлением кислоты и без добавления кислоты нет, что указывает на возможность сокращения расхода кислоты в промышленных условиях чередованием комбинированного способа с регенерацией фильтрующих элементов только воздействием ультразвука.

ВЫВОДЫ

На основе пятичасовых циклов работы определено, что средняя влажность кека, получаемая на установке КДФ составила 21,8% при работе с мембранными элементами, и 23% при работе на элементах без мембраны.

Таблица 3

Средняя удельная производительность составила 189 кг/м²·ч для мембранных элементов; 210 кг/м²·ч – для безмембранных. Так как установка работает в сутки 20 ч (4 ч отводится на регенерацию), суточная удельная производительность составит:

189 × 20 = 3780 кг/м²·сут – для мембранных элементов;

210 × 20 = 4200 кг/м²·сут – для элементов без мембраны.

Таблица 4

Очевидной разницы в эффективности режимов регенерации с использованием кислоты и без нее не отмечено, что указывает на возможность сокращения расхода кислоты в промышленных условиях чередованием комбинированного способа с регенерацией фильтрующих элементов только воздействием ультразвука. Для оптимальных условий работы установки КДФ необходимо обеспечить концентрацию твердой фазы в питании установки не менее 250 кг/т и стабильный реагентный режим с подачей флокулянта MF525 10 г на тонну сухого продукта, коагулянта MF1597(50%) – 350 г/т.

Таблица 5

Список литературы

1. Антипенко Л.А. Новые подходы к проектированию современных углеобогащательных фабрик // Уголь. 2020. № 7. С. 82-87. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-82-87.
2. Саенко В.В. Угольная отрасль России: вызовы и современные тенденции развития // Окружающая среда и энерговедение. 2019. № 3.

3. Huttunen M. et al. Real-time monitoring of the moisture content of filter cakes in vacuum filters by a novel soft sensor // *Separation and Purification Technology*. 2019. Vol. 223. P. 282-291.
4. Комбинированная технология интенсивного обезвоживания растворов с начальной концентрацией твердых частиц в диапазоне от 1 до 30% с применением динамических фильтров-сгустителей и промышленных фильтров/ А.Б. Красный, А.В. Круглов, И.Г. Зимбовский и др. // *Химическая промышленность сегодня*. 2021. № 3. С. 36-43.
5. Серафимова Л.И., Науменко В.Г. Особенности обезвоживания тонкодисперсных флотационных угольных концентратов // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2017. № 8.
6. Chaedir B.A. et al. Advances in dewatering and drying in mineral processing // *Drying Technology*. 2021. P. 1-18.
7. Фролов Д.В. Исследование и обоснование подходов к оптимизации процессов сгущения угольных шламов // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2018. № 2.
8. Лавриненко А.А., Гольберг Г.Ю., Лусинян О.Г. Гравитационное обезвоживание отходов флотации коксующихся углей с применением флокулянтов // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2020. № 11.
9. Rulyov N.N., Korolyov B.Y., Kovalchuk N.M. Application of the ultra-flocculation for improvements of fine coal concentrate dewatering // *Coal Preparation*. 2006. Vol. 26. P. 17-32.
10. Lewellyn M.E., Avotins P.V. Dewatering/filtering aids // *Reagents in Mineral Technology*. Routledge. 2018. P. 559-578.
11. Ejtemaei M. et al. Synergistic effects of surfactant-flocculant mixtures on ultrafine coal dewatering and their linkage with interfacial chemistry // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 232. P. 953-965.
12. Землянский М.А., Ермаков С.А., Дмитриенко В.Г. Анализ конструкции керамического вакуум-фильтра кдф-75 / IX Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». 2017. С. 1265-1268.
13. Дмитракова У.В., Круглов А.В., Юшина Т.И. Повышение эффективности процесса обезвоживания руд цветных металлов // *Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья*. 2019. С. 179-184.

Original Paper

UDC 669.2 © A.B. Krasny, A.V. Kruglov, U.V. Dmitrakova, A.A. Shamygin, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 8, pp. 117-121
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-8-117-121>

Title
DEHYDRATION OF COAL CONCENTRATE ON THE CERAMIC DISC VACUUM FILTER «BAKOR»

Authors

Krasny A.B.¹, Kruglov A.V.¹, Dmitrakova U.V.¹, Shamygin A.A.¹

¹ Scientific and Technical Center Bakor LLC, Moscow, 108851, Russian Federation

Authors Information

Krasny A.B., PhD (Engineering), First Deputy General Director – Executive Director, e-mail: a.krasny@ntcbakor.ru

Kruglov A.V., Head of the Research Center for Dewatering and Enrichment, e-mail: kruglov@ntcbakor.ru

Dmitrakova U.V., Researcher at the Research Center for Dewatering and Enrichment, e-mail: dmitrakova@ntcbakor.ru

Shamygin A.A., Junior Researcher at the Research Center for Dewatering and Enrichment, e-mail: shamygin@ntcbakor.ru

Abstract

The article discusses the experience of using ceramic filter elements for dewatering coal pulp. The parameters and operating modes of the filtration unit were determined, flocculants and their dosage were selected for the most effective filtration process on a ceramic disk vacuum filter, and the regeneration mode was worked out.

Keywords

Dehydration, Coal beneficiation, Coal flotation, Ceramic disk vacuum filter, Bakor, Regeneration of filter elements, Porous ceramics.

References

1. Antipenko L.A. New approaches to the design of modern coal preparation plants. *Ugol'*, 2020, (7), pp. 82-87. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-82-87.
2. Saenko V.V. The coal industry of Russia: challenges and modern development trends. *Environment and energy science*, 2019, (3). (In Russ.).
3. Huttunen M. et al. Real-time monitoring of the moisture content of filter cakes in vacuum filters by a novel soft sensor. *Separation and Purification Technology*, 2019, (223), pp. 282-291.
4. Krasny A.B., Kruglov A.V., Zimbovsky I.G., Dmitrakova U.V., Yushina T.I. & Chylbakool E.D. Combined technology of intensive dehydration of solutions with an initial concentration of solid particles in the range from 1 to 30% using dynamic filter-thickeners and industrial filters. *Chemical Industry Today*, 2021, (3), pp. 36-43. (In Russ.).

5. Serafimova L.I. & Naumenko V.G. Features of dehydration of finely dispersed flotation coal concentrates. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2017, (11). (In Russ.).

6. Chaedir B.A. et al. Advances in dewatering and drying in mineral processing. *Drying Technology*, 2021, pp. 1-18.

7. Frolov D.V. Research and substantiation of approaches to optimization of thickening processes of coal sludge. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*, 2018, (2). (In Russ.).

8. Lavrinenko A.A., Golberg G.Yu. & Lusinyan O.G. Gravitational dehydration of cooking coal flotation waste with the use of flocculants. *Gornyj informatsionno-analyticheskij bulletin*, 2020, (11). (In Russ.).

9. Rulyov N.N., Korolyov B.Y. & Kovalchuk N.M. Application of the ultra-flocculation for improvements of fine coal concentrate dewatering. *Coal Preparation*, 2006, (26), pp. 17-32.

10. Lewellyn M.E. & Avotins P.V. Dewatering / filtering aids. *Reagents in Mineral Technology*, Routledge, 2018, pp. 559-578.

11. Ejtemaei M. et al. Synergistic effects of surfactant-flocculant mixtures on ultrafine coal dewatering and their linkage with interfacial chemistry. *Journal of Cleaner Production*, 2019, (232), pp. 953-965.

12. Zemlyansky M.A., Ermakov S.A. & Dmitrienko V.G. Analysis of the construction of the ceramic vacuum filter KDF-75. IX International Youth Forum "Education. Science. Production", 2017, pp. 1265-1268. (In Russ.).

13. Dmitrakova U.V., Kruglov A.V. & Yushina T.I. Increasing the efficiency of non-ferrous metal ore dehydration process. *Scientific bases and practice of ores and technogenic raw materials processing*, 2019, pp. 179-184. (In Russ.).

For citation

Krasny A.B., Kruglov A.V., Dmitrakova U.V. & Shamygin A.A. Dehydration of coal concentrate on the ceramic disc vacuum filter «Bakor». *Ugol'*, 2022, (8), pp. 117-121. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-117-121.

Paper info

Received May 16, 2022

Reviewed July 4, 2022

Accepted July 25, 2022

COAL PREPARATION