

Инновационная сушка «Кронос». Глубокое нетермическое обезвоживание угля и минералов



КИРИЛЛОВ Кирилл Михайлович

Руководитель проекта
ООО «Коралайна Инжиниринг»
105005, Москва, Россия,
e-mail: kirillov@coalprep.ru



КОЗЛОВ Вадим Анатольевич

Главный технолог
ООО «Коралайна Инжиниринг»
105005, Москва, Россия,
e-mail: vak@coralina.ru



ЧЕРНЫШЕВА Елена Николаевна

Инженер-технолог
ООО «Коралайна Инжиниринг»
105005, Москва, Россия,
e-mail: enc@coralina.ru

сорбентов на угольных фабриках и пути их решения, обращает внимание на свойства углей, влияющие на эффективность их обезвоживания, — в общем, все те нюансы и тонкости, без знания которых новая технология многим специалистам кажется простой для реализации в промышленном масштабе.

Ключевые слова: инновационная сушка «Кронос», обезвоживание, сорбенты.

Большинство применяемых сегодня технологий механического обезвоживания угля и минералов класса крупности 0-3 мм основаны на способности свободной и частично удерживаемой поверхностью твердых частиц влаги, отделяться от поверхности и двигаться к фильтрующей перегородке через слой материала, осажденного на этой фильтрующей перегородке, под действием приложенных сил.

Движение воды происходит за счет создания разницы давлений по обе стороны фильтрующей перегородки. Разница давлений может быть создана с помощью больших инерционных сил, возникающих при вращении корзины или ротора центрифуги с материалом, а также с помощью насосов высокого давления, компрессоров и вакуумных насосов, используемых, например, в камерных фильпрессах и вакуумных фильтрах.

При механическом обезвоживании мелкого и тонкого материала удаляется только часть поверхностной влаги, так как разделяющих сил и времени воздействия недостаточно для извлечения всех молекул воды из материала, а также в связи с объемом и скоростью потока самого материала, направляемого на обезвоживание, и конструктивными ограничениями аппаратов обезвоживания. Таким образом, конечная влажность осадка (кека) будет складываться из внутренней прочносвязанной влаги материала и некоторой доли внешней влаги, менее прочно связанной с поверхностью частиц [1]. Для углей с большим содержанием мелочи и, как следствие, с высокой поверхностной влажностью, после механического обезвоживания возникает необходимость применения термической сушки как наиболее доступной из прочих способов осушения материала.

Термическое воздействие позволяет осушить материал фактически до абсолютно сухого состояния, но интенсивность высокотемпературного воздействия строго ограничена требованиями по пожаро- и взрывоопасности. Термическая сушка требует финансовых затрат на строительство отдельного корпуса, расходов на топливо и обеспечение на эксплуатирующем предприятии

Идеи обезвоживания влажных вязких и сыпучих материалов с помощью сорбентов уже более 50 лет. Инженеры и коммерсанты из разных стран мира все это время по-своему пытались внедрить ее на производстве, но всякий раз развитие технологии останавливалось на этапе лабораторных опытов и теоретических описаниях устройств установок. Специалисты компании «Коралайна Инжиниринг», применив комплексный подход к решению проблемы, смогли найти пути реализации идеи обезвоживания угля сорбентами на промышленной основе. Они обобщили и переработали опыт предыдущих исследователей и выбрали свой путь развития технологии. Путь, где на первое место были поставлены свойства сорбентов циклично забирать и отдавать влагу с наибольшей эффективностью и стабильностью, сохраняя их структурную устойчивость при максимально возможном количестве циклов.

Статья описывает некоторые моменты работы сорбентов с капельной влажностью, затрагивает проблемы применения

обязательных мероприятий, направленных на охрану труда, безопасность производства и предотвращение загрязнения окружающей среды. В структуре себестоимости обогащения термическая сушка занимает около половины затрат.

Решение об установке термической сушки угля оправдано при строительстве новых или реконструкции действующих фабрик только в том случае, когда предполагается сушка относительно больших объемов угля (80-200 т/ч по влажному продукту), уголь относится к дефицитной марке, и, соответственно, большие капитальные затраты могут окупиться. Выбор типа сушильного аппарата сегодня достаточно широк и определяется технологическими и экономическими показателями. Например, предлагаемая компанией «Коралайна Инжиниринг» и признанная специалистами самой эффективной и безопасной технологией термической сушки [2] — сушка в вертикальной трубе-сушилке — при одинаковой нагрузке по испаряемой влаге требует в 2-3 раза меньших затрат на электроэнергию и 2-2,5 раза менее металлоемкая по сравнению с сушилкой в «вибрирующем» слое и сушильным барабаном.

Во многих случаях для достижения контрактных спецификаций достаточно подсушить шлам после центрифуг или фильтров на 5-7%. Применение дорогостоящих технологий термической сушки на столь малых объемах будет экономически нецелесообразно. Одним из безопасных и экономичных решений проблемы сушки шламов угля является технология обезвоживания с использованием сорбентов.

При контакте сорбента с влажным материалом, благодаря наличию в структуре, и, соответственно, на поверхности сорбента активных катионов металлов (Al, K, Ca и т.п.), дипольные молекулы воды притягиваются к катионам, проникая внутрь структурированного порового пространства, закрепляются на поверхности пор и заполняют большой объем порового пространства. Так как адсорбционная сила удержания молекул воды катионами металлов сухих сорбентов выше, чем молекулами осушаемых материалов, то сорбенты легко вытягивают воду из материала и впитывают ее в себя. Сила сорбционной активности сорбентов такова, что сорбент вытягивает в течение относительно короткого промежутка времени из материала свободную, пленочную и даже часть внутренней прочносвязанной влаги.

Таким образом, при контакте влажного материала с сорбентом происходит его гораздо более полное и эффективное обезвоживание по сравнению с механическими способами.

Экономичность технологии проявляется в первую очередь в простых технических решениях: после контакта с материалом вобравшие в себя влагу сорбенты и осушенный материал разделяются простым грохочением на обычных ситах с диаметром отверстий большим, чем размер самой крупной частицы угля. Сорбенты отправляются на регенерацию — извлечение адсорбированной влаги, — которая бывает термической, с применением вакуумирования, высокого давления, комбинированной и прочее, и далее повторно используются для осушения следующей порции влажного материала, то есть используются многократно.

Положительный эффект от применения сорбентов основан на том, что на испарение одного и того же объема воды в определенных условиях при обезвоживании сорбентами требуется меньше энергии, чем при прямом энергетическом воздействии на влажный осушаемый материал тонких классов, что обусловлено физическими и структурными свойствами сорбента.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИДЕИ СУШКИ СОРБЕНТАМИ

Идея применения сорбентов для осушения влажных и вязких материалов предлагалась инженерами еще в 1960-е гг. Одним из известных патентов того времени является патент Нелсона Северингхауса (Nelson Severinghaus), предложившего миру идею осушения сорбентами влажных пылевидных материалов в транспортном потоке — на конвейере и транспортирующем шнеке (рис. 1) [3].

К началу XXI в. идея получила еще один импульс развития благодаря американской компании Nano Drying Technologies, предложившей теоретические решения по непрерывному осушению минеральных и угольных шламов наноситами (сорбентами). В основу решений легли проведенные профессором Вирджинского технологического университета господином Луттрелом (G. Luttrell) и его коллегами лабораторные исследования [4].

Очевидными причинами сдерживания активного развития этой технологии являются: недостаточная изученность свойств и теоретических основ взаимодействия сорбентов с углем, отсутствие на рынке подходящих сорбентов, а также отсутствие эффективных и экономически приемлемых способов регенерации сорбентов.

РОССИЙСКИЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТОВ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Специалисты российской компании «Коралайна Инжиниринг» тоже обратили внимание на интересное решение задачи глубокого обезвоживания угольных шламов. Проведенные в лаборатории компании исследования [5] стали основой для получения патента [6], что юридически застраховало компанию от использования конкурентами полученных результатов и позволило начать активное развитие проекта по внедрению сушки в производство.

Разработка специальных способов контакта осушаемого материала и сорбента, а также исследование и разработка теории регенерации сорбентов, работающих с капельной и пленочной влагой, позволили «Коралайна Инжиниринг» создать новую технологию со своими отличительными особенностями. Новые решения по уменьшению времени циклов осушения угля и регенерации сорбента позволили разработать метод короткоциклового адсорбции, что легло в основу названия технологии сушки. Новая технология была названа — короткоциклового наносушкой «Кронос» (Rapid Nano Drying (RND) CHRONOS).

Для объективной оценки возможностей работы сорбентов с капельной и пленочной влагой и влияния свойств осушаемого материала на технологию процесса была разработана уникальная методика лабораторных циклических испытаний. Профессиональные и дружеские связи с углеобогатителями Кузбасса, Воркуты, Якутии и

Nov. 30, 1971 N. SEVERINGHAUS 3,623,233

METHOD AND APPARATUS FOR DRYING DAMP PULVERIZANT MATERIALS BY ADSORPTION
Filed Dec. 3, 1969

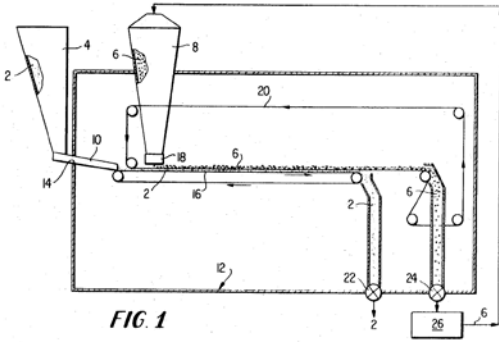


FIG. 1

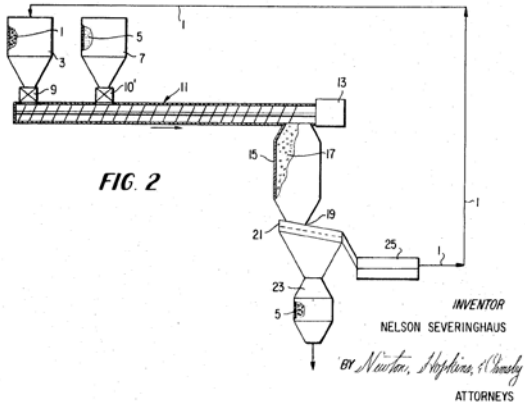


FIG. 2

Рис. 1. Иллюстрация идеи Н. Северингауса по осушению пылевидных материалов в транспортном потоке

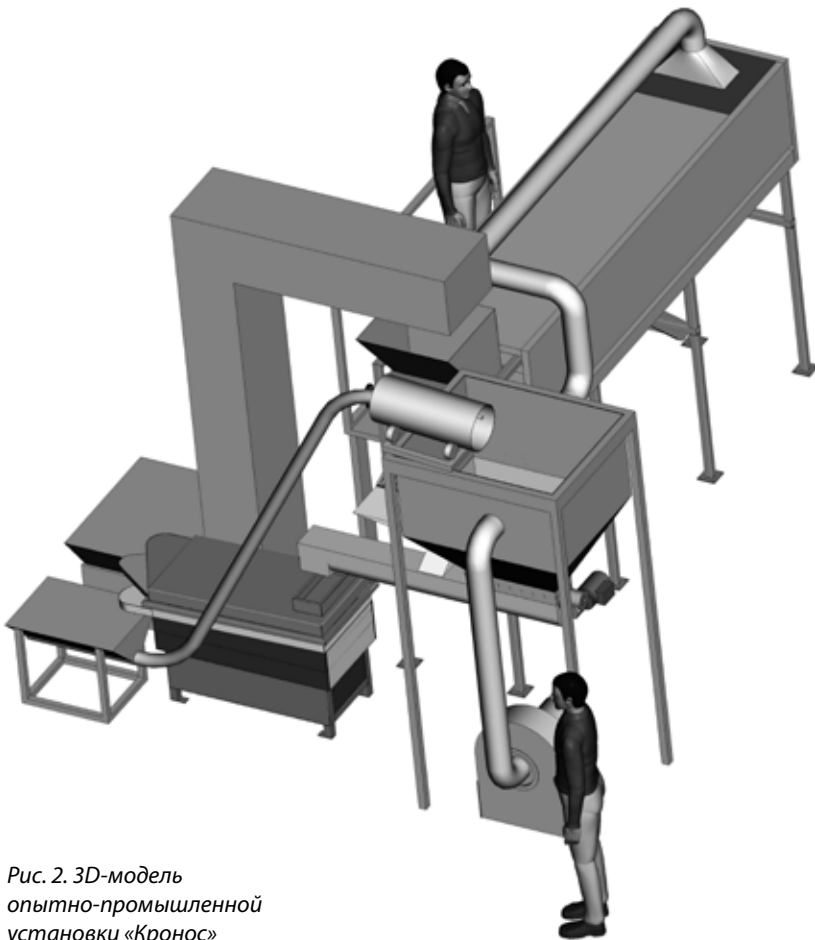


Рис. 2. 3D-модель опытно-промышленной установки «Кронос»

Донбасса позволили провести многочисленные исследования на углях различных марок, в том числе с высоким выходом летучих веществ. В качестве осушаемого материала использовались концентраты осадительно-фильтрующих центрифуг, кек ленточных и камерных фильтр-прессов и др.

На основании полученных данных было разработано теоретическое и экспериментальное обоснование применения данной технологии в промышленном масштабе, предложены комплексные технологические и технические решения реализации технологии по нетермическому обезвоживанию углей сорбентами в условиях действующих и строящихся обогатительных фабрик. В настоящее время начато производство опытно-промышленной установки «Кронос» (рис. 2), на которой с лета текущего года запланировано проведение полупромышленных испытаний по обезвоживанию различных марок углей с разной влажностью.

Конструкция установки позволяет проводить непрерывные циклические испытания с использованием различных вариантов регенерации.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТОВ НА УГОЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

Как было указано выше, одним из сдерживающих факторов в развитии технологии является отсутствие сорбентов, наиболее полно отвечающих требованиям при работе с влажными угольными шламами. Так, одной из основных проблем их применения является специфика самого процесса массообмена влагой между материалом и сорбентом.

Значительное количество капельной и пленочной влаги в осушаемых материалах из-за особенностей реакции сорбции воды влияет на износостойкость гранул сорбента, в том числе может способствовать мгновенному разрушению гранул некоторых видов сорбентов вследствие бурного течения экзотермической реакции (рис. 3).

Данная особенность накладывает на технологию осушения ограничение по максимальной влажности исходного материала и одновременно указывает на точки технологического процесса в схеме фабрик, где применение сушки сорбентами не только возможно, но и желательно — например концентрат осадительно-фильтрующих центрифуг и кек камерных фильтр-прессов с подходящей для взаимодействия с сорбентами влажностью.

В настоящее время традиционной сферой применения сорбентов является осушение газов. Подавляющее количество существующих на рынке типов сорбентов, теоретически подходящих для сушки твердых сыпучих материалов, предназначено для сорбции паров воды или других нежелательных примесей из газов различной природы в статических условиях. Газ проходит через слой сорбента беспрепятственно, не нарушая его структуры. В процессе сушки твердых сыпучих материалов на первое место встает воп-



Рис. 3. Разрушенные гранулы сорбента в результате бурной экзотермической реакции



Рис. 4. Загрязнение поверхности сорбента в процессе циклического осушения угольного шлама

рос износостойкости гранул в процессе перемешивания, сортировки, транспортировки.

Технология осушения влажных материалов сорбентами, в том числе влажных концентратов углей мелких классов и угольных шламов, должна решить следующие задачи:

- уменьшить износ сорбентов, вызванный абразивностью углей и механическим воздействием исполнительных органов установки;

- обеспечить работу с большим количеством капельной влаги, способствующей структурному разрушению гранул сорбента;

- сократить количество времени и энергии на процесс сорбции и десорбции сорбентом при удалении из материала большого количества влаги.

Из технологических требований, предъявляемых к сорбентам, необходимо отметить два:

- способность сорбента быстро впитывать большое количество капельной влаги (динамика сорбции);

- способность сорбента быстро и с малыми затратами энергии отдавать влагу в процессе регенерации (динамика десорбции).

Для решения этих задач и достижения оптимальных технико-экономических результатов работы установки по заказу компании «Коралайна Инжиниринг» отечественным производителем катализаторных систем был разработан уникальный сорбент, превосходящий своими характеристиками по износостойкости большинство известных сорбентов и наиболее полно отвечающий перечисленным требованиям по сорбционной активности для работы именно с углями классов 0-3 мм и шламами 0-1 мм с исходной влажностью до 30%.

Не менее важным вопросом, влияющим на эффективность осушения сорбентами, являются индивидуальные свойства осушаемых материалов, в частности — углей. Например, проведенные компанией исследования показали, что наличие большого объема воды (высокий

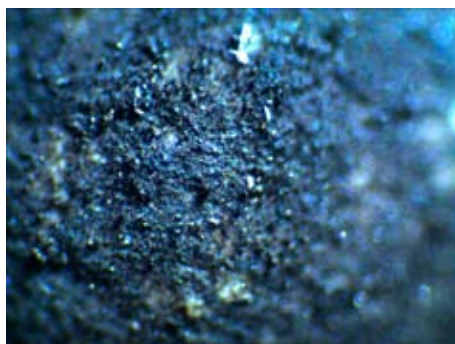


Рис. 5. Увеличенное изображение поверхности гранулы сорбента после многократного контакта с высокозольным влажным угольным шламом

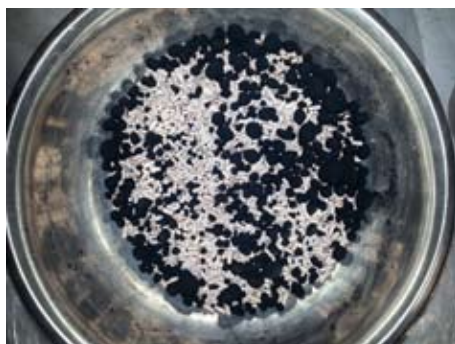


Рис. 6. Комкование тонких фракций угольного шлама

показатель внешней влаги) при высокой зольности осушаемого материала способствует быстрому загрязнению гранул сорбентов (рис. 4, 5) микрочастицами глины, кварца и других минералов, составляющих золу углей и находящихся в свободном состоянии в осушаемой массе.

От гранулометрического состава угля и его зольности также зависит эффективность разделения смеси сорбента с углем после этапа перемешивания. Наличие большого количества тонкой составляющей в массе угля и ее высокая зольность способствуют комкованию тонких фракций угля из-за неравномерности процесса массопереноса влаги. Комки по своим размерам могут достигать и даже превосходить размеры гранул сорбента (рис. 6), обладая при этом значительной прочностью.

Как результат, в процессе грохочения часть осушаемого материала неизбежно будет уходить вместе с сорбентом в узел регенерации, засоряя его и уменьшая эффективность дальнейшей работы сорбента.

Оценка эффективности осушения обязательно должна проходить с учетом показателя внутренней влажности угля. Соотношение внешней и трудноудаляемой внутренней влаги исходного угля напрямую влияет на процесс его осушения и с целью достижения оптимальных результатов требует разработки индивидуальной методики осушения для углей разных месторождений.

Запуск пилотной установки и последующая отработка технологии на различных углях помогут более точно определить те точки технологического процесса в условиях действующих фабрик, где применение сушки сорбентами будет наиболее эффективно и менее затратно. По результатам этих работ у компании «Коралайна Инжиниринг» появится возможность предложить своим клиентам безопасную, эффективную, быстрокупаемую установку для сушки угольных шламов производителем

ностью до 70 т/ч по влажному продукту, себестоимость применения которой в пересчете на тонну высушенного товарного концентрата сопоставима с себестоимостью работы термических сушилок большой производительности, но при существенно меньших капитальных затратах.

Выводы

Предложенный способ обезвоживания рудных и нерудных сыпучих материалов шламовой крупности позволяет безопасно осушать широкий ряд материалов, в частности уголь, в том числе с высоким выходом летучих веществ (более 30%), собственным углям марок Б, Д, Г и Ж, а также окисленные угли. При применении разработанного специалистами компании способа короткоциклового десорбции сорбента при контакте гранул сорбента с влажным углем смесь нагревается до температуры не выше 100°C, в том числе по причине экзотермической реакции поглощения влаги сорбентами, что недостаточно для воспламенения угля. Таким образом, установка является взрыво- и пожаробезопасной в отношении любых типов и марок углей.

Благодаря основным преимуществам предлагаемого способа сушки — отсутствию термического воздействия на осушаемый материал для достижения требуемых значений влаги продукта, простоте конструктивных решений и отсутствию значительных капитальных затрат —

эта технология может успешно применяться не только в угольной и рудной, но и других отраслях промышленности, например в медицине, сельском хозяйстве для осушения отходов птицефабрик [7] и животноводческих хозяйств и др.

Список литературы

1. Профессор Углёв. Факторы, влияющие на выбор технологий обогашения угля. Влага и ее структура // Уголь. №2. 2013. С. 64-65.
2. Гарбер В., Козлов В. А., Кириллов К. К. Условия безопасной работы аппаратов термической сушки угля. Часть 2 // Уголь. №6. 2014. С. 62-65.
3. Nelson Severinghaus. Patent № US3623233. Method and apparatus for drying damp pulverant materials by adsorption. www.google.com/patents/US3623233.
4. R. Bratton, Z. Ali, G. Luttrell, R. Bland, B. McDaniel. Nano Drying Technology // Coal Age. June. 2012. С. 50-55.
5. Профессор Углёв. Нанотехнологии для сушки угольного шлама — гарантия безопасности // Уголь. №11. 2013. С. 80-83.
6. Новак В. И., Козлов В. А., Пикалов М. Ф. Установка для обезвоживания угольного шлама. Патент №130235 от 21.12.2012 г.
7. Филиппов В. А., Черников В. Н., Дадыкин А. С. и др. Установка для обезвоживания вязких материалов. Патент №2086086 от 26.06.1992 г.

UDC 622.794.4:622.794.254 © К.М. Kirillov, V.A. Kozlov, E.N. Chernysheva, 2015

ISSN 0041-5790 • UGOL №6-2015 /1071/

Title

“CRONOS” — INNOVATIVE DRYER. DEEP NON-THERMAL DEWATERING OF COAL FINES AND MINERALS

Authors

Kirillov K.M., Kozlov V.A., Chernysheva E.N.

Authors' Information

Kirillov K.M., project head manager of “Coralina Engineering” LLC, 105005, Moscow, Russia, e-mail: kirillov@coalprep.ru

Kozlov V.A., production manager of “Coralina Engineering” LLC, 105005, Moscow, Russia, e-mail: vak@coralina.ru

Chernysheva E.N., industrial engineer of “Coralina Engineering” LLC, 105005, Moscow, Russia, e-mail: enc@coralina.ru

Abstract

The idea to dehydrate wet and bulk solids with the help of sorbents appeared over 50 years. Engineers and businessmen from around the world all the time tried to implement it in their own way, but every time technology development stopped at the stage of laboratory experiments and theoretical descriptions of the device settings. Specialists of “Coralina Engineering” used the integrated approach to solve this problem, they found the ways to implement the idea of dehydrating coal with sorbents on the industrial basis. They have consolidated and processed the experience of previous researchers, and chosen the way of technology development. The path where the first place was given to the ability of sorbent to take and to give moisture with the greatest efficiency and stability, while maintaining the structural stability at the maximum possible number of cycles. This article describes some aspects of sorbents operation with condensed moisture, raises the issues concerning the use of sorbents on coal plants and their solutions, draws attention to the properties of coal, affecting the dehydration efficiency in total, all the nuances and subtleties, not knowing those many

specialists would consider the new technology to be simple to implement on an commercial scale.

Keywords

Innovative Dryer “Kronos”, Dehydration, Sorbents.

References

1. Professor Uglëv. Factors affecting the choice of coal improvement technologies. Moisture and its structure [Faktory, vliyayushchie na vybor tehnologiy obogashcheniya uglia. Vлага i ee struktura]. *Ugol — Coal*, 2013, №2, pp. 64-65.
2. Garber V., Kozlov V.A. and Kirillov K.K. Terms of the safe operation of thermal coal drying machines. Part 2 [Usloviya bezopsnoy raboty apparatov termicheskoy sushki uglia. Chast 2]. *Ugol — Coal*, 2014, №6, pp. 62-65.
3. Nelson Severinghaus. Patent № US3623233. Method and apparatus for drying damp pulverant materials by adsorption. www.google.com/patents/US3623233.
4. R. Bratton, Z. Ali, G. Luttrell, R. Bland, B. McDaniel. Nano Drying Technology. *Coal Age*, 2012, June, pp. 50-55.
5. Professor Uglëv. Nanotechnology for drying coal slurry — a guarantee of safety [Nanotehnologii dlia sushki ugolnogo shlama — garantiya bezopasnosti]. *Ugol — Coal*, 2013, №11, pp. 80-83.
6. Novak V.I., Kozlov V.A. and Pikalov M.F. Assembly for coal slurry dehydration. Patent №130235 from 21.12.2012.
7. Filippov V.A., Chernikov V.N., Dadykin A.S. and others. Assembly for viscous materials dehydration. Patent №2086086 from 26.06.1992.