УДК 658.345:622

**Ю.В.ШУВАЛОВ, А.Н.НИКУЛИН,**
**Н.А.ГАСПАРЬЯН, Ю.Д.СМИРНОВ**
*Санкт-Петербургский государственный горный институт* (*технический университет*), *Россия*

# БОРЬБА С ПЫЛЬЮ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ СЕВЕРА

Научной школой СПГГИ (ТУ) разрабатывается комплекс мер по защите окружающей среды от вредного воздействия технологических процессов при открытой и подземной разработке угля, который сегодня является востребованным природным энергетическим ресурсом, а в перспективе станет одним из главных, так как обеспеченность им может удовлетворить потребности всех отраслей на несколько сотен лет.

Проблема стабильного обеспечения теплом и электрической энергией отдаленных территорий севера, населенных пунктов, объектов жизнедеятельности человека является трудноразрешимой на современном уровне развития топливно-энергетического комплекса России. Применение новых технологий по использованию местных возобновляемых источников энергии в малой энергетике позволит существенно приблизить энергопроизводства к потребителю и привлечь к производству тепла и электричества альтернативные виды топлива.

In Saint Petersburg State Mining Institute series of measures aimed at protection of environment from harmful impact of technological processes during open-cast mining and underground operation of coal, which is the most popular power resource for today are carried out. In future coal will be one of the main resource, as its supply may satisfy the needs of all branches of industry for a long period of time.

The problem of stable maintenance with a heat and electric energy of the north remote territories, settlements, objects of ability to live of the person is stubborn in a modern level of development of a fuel and energy complex of Russia. Application of new technologies on use of local renewed energy sources in small energetic will allow to approach essentially manufacture of energy to the consumer and to involve in manufacture of heat and an electricity alternative kinds of fuel.

Основные запасы угля и его добыча подземным и открытым способом в России сосредоточены в северных регионах и на территории Западной и Восточной Сибири, где превалируют отрицательные температуры воздуха и зоны многолетнемерзлых пород, которые оказывают значительное влияние на технологические параметры производственного процесса, технологию ведения работ и физико-механические свойства пород. Это осложняет условия разработки, особенно по пылевому фактору, так как наиболее опасными по загрязнению пылью являются регионы с преобладающими отрицательными температурами атмосферного воздуха, при которых интенсивность пыления возрастает до 10 раз по сравнению с источниками пылевыделения с положительными температурами воздуха [1].

Основным элементом воздействия является угольная пыль, образующаяся в высоких концентрациях (до 2500 мг/м$^3$) при всех технологических операциях по добыче, доставке и переработке сырья, а также в местах складирования отходов производства.

Сочетание целого ряда факторов и пылевой нагрузки приводит к повышенной заболеваемости, смертности, значительному снижению трудоспособности работников северных предприятий, для которых характерны особые формы заболеваний легких, а основной группой риска являются сотрудники предприятий со стажем работы во вредных условиях от 15 лет.

Коллективом научных сотрудников СПГГИ (ТУ) разработаны и испытаны устройства для пылеподавления, пенообразования и переработки отходов, позволяющие

существенно (на 40-60 %) уменьшить загрязнение пылью рабочих пространств горных предприятий [2, 3].

Конструктивное исполнение снегогенерирующего устройства для пылеподавления источников и пылящих поверхностей базируется на универсальном блоке (рис.1) с различными дополнительными элементами (ходовая тележка, компрессор, снегогенерирующие форсунки, устройства для охлаждения и подогрева сжатого воздуха и т.д.). В испытанных устройствах основным снегогенерирующим устройством являются пневмогидравлические форсунки диаметром сопла Лаваля 3-15 мм.

При диаметре 3-5 мм расход сжатого воздуха составляет 0,5 $м^3$/мин, при давлении 0,5 МПа давление воды 0,03 МПа, а расход 0,27-0,32 $м^3$/ч.

В результате экспериментальных исследований в зимний период года наблюдалось стабильное снегообразование (85-90 % выход снега) с размером кристаллов 50-250 мкм и плотностью снега 300-400 кг/$м^3$.

Установка может работать в экономичном режиме, обеспечивая срабатывание энергетического потенциала (тепла) фазового перехода воды в снег и потерь энергии в вентиляторе для нагревания поступающего холодного воздуха, его увлажнения и выпуска тумана в окружающую среду для повышения эффекта снегообразования. На единичную форсунку расход сжатого воздуха 0,5 $м^3$/ч, давление 0,5 МПа, расход воды 0,5 $м^3$/ч, коэффициент снегообразования 0,8-0,9, расход электроэнергии 2 кВт·ч на 1 $м^3$ воды.

Пеногенерирующие устройства и разработанные рецептуры пен позволяют снизить интенсивность пылевыделения с пылящих поверхностей при открытом способе разработки, а также на поверхности угольных шахт и управлять пылегазовым режимом выработок добычных участков под землей.

При открытой разработке угольных месторождений на территории расположения техногенных массивов, а также на территории поверхностных комплексов, могут появляться высокодисперсные аэрозоли, не поддающиеся эффективному осаждению за счет орошения с добавлением связующего

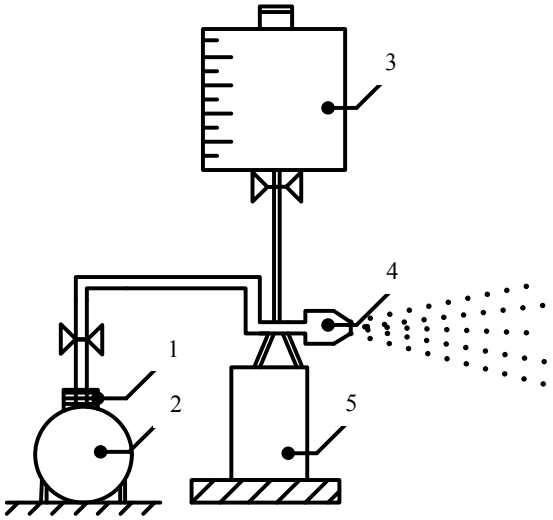



Рис.1. Схема снегогенерирующего устройства

1 – компрессор; 2 – ресивер $V$ = 500 л; 3 – отградуированная емкость с водой; 4 – пневмогидравлическая форсунка-снегообразователь; 5 – система крепления и управления форсунки

вещества, а в некоторых случаях они могут быть даже взрывоопасными. В этих ситуациях укреплять пылящие поверхности рекомендуется биоактивной пеной на основе сапропеля, способного образовывать цепочки (склеиваться), изолируя отвалы и повышая их плодородность. При приготовлении пены сапропель используется в качестве естественного органического удобрения, а так же, как вещество, имеющее большую степень минерализации, а значит, являющееся стабилизатором пены, создающим каркас [4].

В области подземной разработки угольных месторождений разработан способ защиты рабочих пространств и выработанного пространства добычных участков угольных шахт от взрывов пыли и газа. Предлагаемый способ заключается в комплексном использовании существующих способов (орошения, ограждения, установка заслонов, осланцевания и сбора пыли), пароконденсационного и пеногенерационного способа.

На основании результатов проведенных исследований предложена схема управления пылевым режимом выработок добычных участков [6] (рис.2). В зонах 6, 8, 9, 10, 12 действуют типовые нерегулируемые систе-

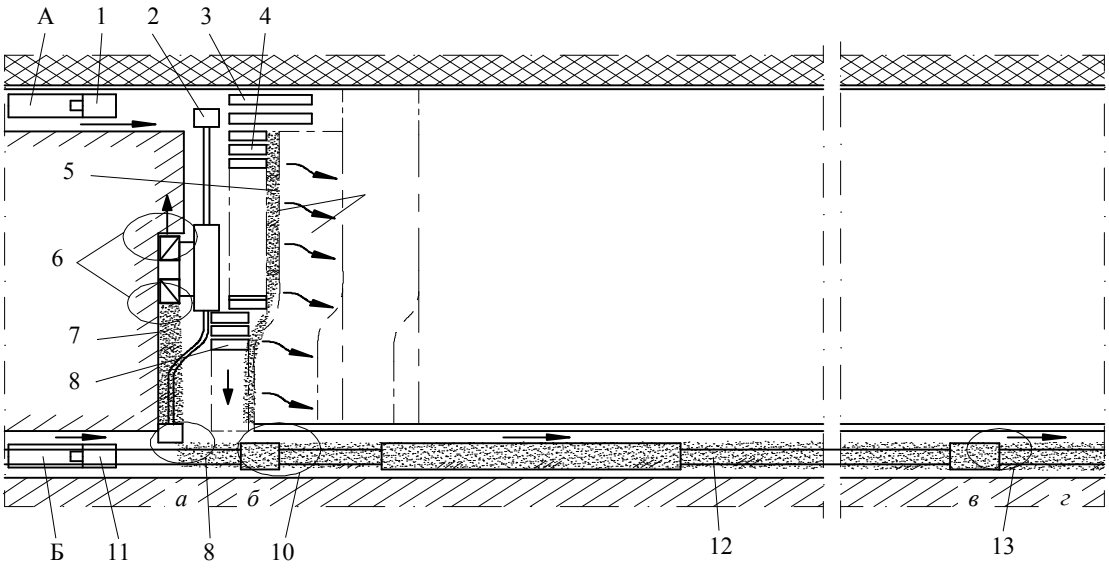



Рис.2 Схема регулирования пылевого режима выработок добычного участка

1, 11 – блоки парогенераторов с регулируемой производительностью по пару [5]; 2 – натяжная станция забойного конвейера; 3 – секции крепи сопряжения; 4 – основания главных гидромеханизированных секций крепи; 5 – зона подавления пыли вслед за передвигаемой лавой крепью пароконденсационным методом [5]; 6 – зона активного выделения пыли в процессе отделения угля от массива исполнительными органами комбайна и подавления пыли с использованием оросителей различных типов (конусных, зонтичных, конусных с эжекторами); 7 – зона подавления статочной витающей пыли паром; 8 – зона активного подавления пыли вслед за подвигающейся крепью; 9, 13 – зоны активного подавления пыли орошением в местах перегрузки угля на перегружатель 9 и на ленточный конвейер 13; 10 – зона активного подавления пыли у дробилки; 12 – зона подавления остаточной витающей пыли в потоке воздуха пароконденсационным методом

мы орошения и ограждения в соответствии с инструкциями по эксплуатации типового оборудования и требованиями правил безопасности. В зонах 5, 7, 12 действуют стволы выпуска пара с дистанционным управлением, в 9, 10, 13 совместно с орошением выполняется также дополнительное регулирование по интенсивности пароконденсационного подавления пыли на участках *а-б*, *б-в*, *в-г* соответственно. От блока парогенератора 1 пар подается к стволам выпуска пара, установленным в секциях крепи в верхней части лавы и выпускающим пар при передвижке крепи в выработанное пространство непосредственно за крепью. В нижней половине лавы стволы выпуска пара запитываются от парогенератора 11, входящего, как и генератор 1, в состав оборудования «энергопоезда» А и Б соответственно. Расстояние между устройствами выпуска пара, распределенных вдоль лавы и установленных попарно на секциях и в выработках, определяется в зависимости от степени запыленности выработок и корректируется по результатам эксплуатации систем управления пылевым режимом выработок добычных участков угольных шахт.

Способ управления пылегазовым режимом выработанного пространства и выработок добычных участков заключается в периодической подаче твердеющей пены различной устойчивости в выработанное пространство с образованием полос вдоль лавы и вдоль вентиляционного штрека (рис.3): у очистного забоя используется твердеющая пена меньшей устойчивости ($\tau_1$) по сравнению с устойчивостью пенных полос ($\tau_2$) у вентиляционного штрека [4].

Способ осуществляется при разработке угольных пластов длинными очистными забоями с управлением горным давлением полным обрушением пород кровли за крепью при прямоточном проветривании выемочного участка по воздухоподающему штреку 1, очистному забою 2, вентиляционному штреку 5. При этом прохождение воздуха через зону повышенного метановыделения в выработанном пространстве 4 бло-

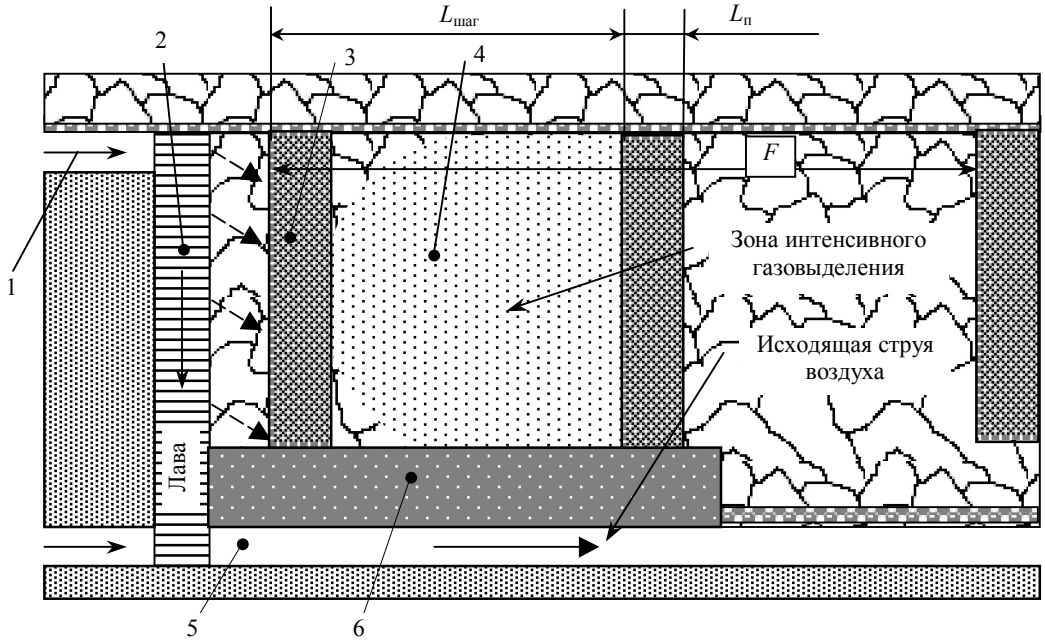



Рис.3. Схема пеногенерирующего способа регулирования газового режима добычного участка

кируется пенными полосами 3, 6 у очистного забоя 2 и вентиляционного штрека 5 соответственно.

Пенные полосы 3 у очистного забоя 2 формируют периодически на расстоянии $L_{шаг}$ между ними, причем это расстояние равно половине длины зоны обрушения основной кровли $F$. Ширина пенных полос $L_п$ равна двукратной мощности отрабатываемого пласта. Устойчивость $\tau_1$ пенных полос у очистного забоя равна отношению удвоенного значения фактической длины зоны обрушения основной кровли $F$, которую определяют перед запениванием, к скорости подвигания очистного забоя $V$. Устойчивость пенных полос у очистного забоя изменяется от 10 до 15 сут.

Пенные полосы 6 у вентиляционного штрека 5 формируют постоянно по мере продвижения очистного забоя. Ширина пенных полос определяется значением, при котором газопроницаемость из зоны интенсивного газовыделения практически отсутствует и определяется опытным путем по стандартным методикам. Устойчивость пенных полос $\tau_2$ у вентиляционного штрека равна десятикратному отношению удвоенного значения фактической длины зоны обрушения основной кровли $F$, которая определяется перед запениванием, к скорости подвигания очистного забоя $V$. Для необходимой устойчивости пенных полос у вентиляционного штрека потребуется от 100 до 150 сут.

На графике (рис.4) показаны распределения «притечек» воздуха $\Delta Q_в$ из выработанного пространства по длине вентиляционного штрека ($L_{штр}$) без применения пенных полос (кривая 1), а также при применении стабильных пен с низкой устойчивостью и твердеющих пенных полос с различной высокой устойчивостью, возводимых вдоль лавы и вентиляционного штрека (кривые 2, 3 соответственно).

Переработка отходов угледобычи, складируемых на поверхности, не только снижает пылевыделение, но и ведет к значительной экономии топливно-энергетических и сырьевых ресурсов, одновременно обеспечивая снижение загрязнения окружающей природной среды, а также создает перспективы для развития промышленного производства с высоким социальным эффектом (образование дополнительных рабочих мест).

Проблема решается созданием производительных, легко компонуемых и металлоемких перерабатывающих комплексов с возможностью их размещения непосредст-

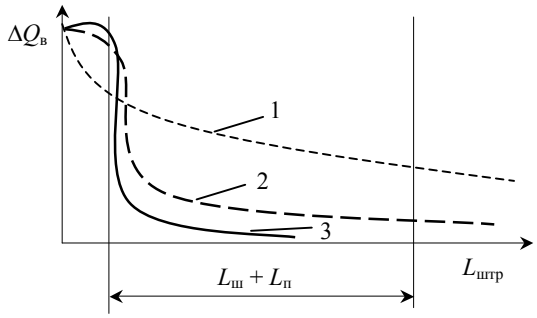



Рис.4. Распределение «притечек» воздуха по длине вентиляционного штрека

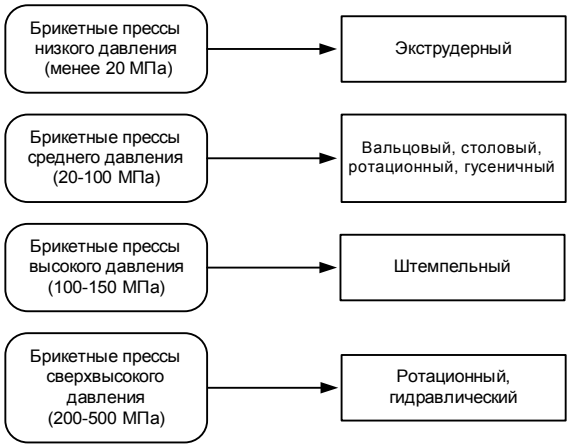



Рис.5. Классификация брикетных прессов

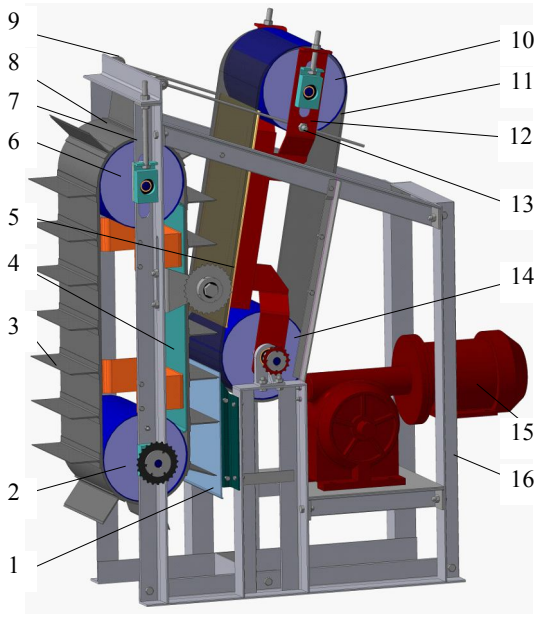



Рис.6. Конвейерный брикетный пресс

венно у источника образования твердых горючих отходов. Продукцией таких комплексов являются топливные брикеты, способные не только повысить КПД сжигания топлива в слоевых топках в малой и средней энергетике, но и обеспечить коммунально-бытовой сектор удобным в использовании, высококалорийным и дешевым источником энергии.

Брикетирование – это процесс, не требующий высокотехнологичного оборудования, что обеспечивает его неоспоримое преимущество в конкуренции с другими альтернативными источниками энергии, такими как солнечная и ветровая, в условиях отсутствия достаточного количества традиционных энергоресурсов. Кроме того, в процессе производства позволяет задавать не только форму, размер, вес готового брикета, но и состав компонентов брикетируемой смеси и при этом получать продукт (брикет) с необходимыми свойствами, которых не имеют входящие в него компоненты, определяет уникальность и полезность брикетирования и особенно твердых горючих отходов.

Брикетирование практически всех видов твердых горючих материалов, отходов обогащения углей в настоящее время может производиться в стандартных гидравлических, штемпельных, ротационных и экструзионных прессах с применением разнообразных связующих материалов и без них:

| Брикетный пресс | Брикетирование |
|---|---|
| Вальцовый<br>Столовый<br>Ротационный | Каменные угли, руды и рудничные концентраты, отходы производства |
| Штемпельный | Каменные и молодые бурые угли, торф |
| Кольцевой | Зрелые бурые угли |
| Матричный<br>Гидравлический | Каменноугольная мелочь, бурые угли, древесные отходы и отходы производства |
| Гусеничный | Каменные угли, бурые угли и отходы производств |
| Экструдерный | Каменные угли, древесные отходы, торф |

Основными техническими характеристиками прессов являются: производительность, удельное давление, потребляемая мощность, вес и параметры готового продукта.

Брикетные прессы можно классифицировать по величине удельного давления прессования (рис.5). Таким образом, брике-

тирование отходов углеобогащения целесообразно производить с использованием брикетного пресса с низким уровнем энергопотребления и высокой производительностью по готовому продукту. Рабочие детали пресса должны быть технологичными в изготовлении, стойкими к износу и легкозаменяемыми.

Усовершенствование технологии брикетирования привело к разработке нового конвейерного брикетного пресса, отличающегося простым конструкционным исполнением, позволяющим обеспечить высокую производительность по готовой продукции (1,5-2 т брикетов в час) при низком уровне потребления электроэнергии (5,5-6 кВт·ч).

Основу пресса составляют два кинематически связанные с приводом подвижных рабочих органа с возможностью подачи в пространство между ними прессуемой массы (рис.6).

Пресс работает следующим образом. В зависимости от физико-механических свойств формуемого материала устанавливается необходимый угол между контурами 8, 11 с помощью винтовой стяжки 13, исключающий возможность выдавливания формуемой массы вверх. Подготовленная по влажности и фракционному составу шихта подается в пространство между контурами 8, 11 и боковыми стенками, где происходит дополнительное перемешивание шихты и ее уплотнение при включенных приводных блоках 2, 14 и движении смежных ветвей контуров 8, 11 вниз. Процесс интенсифицируется за счет того, что скорости контуров 8, 11 приняты различными. При работе пресса давление сжимаемой шихты воспринимается сходящимися ветвями 8, 11 обоих контуров и плоскими опорами трения 4, 5, закрепленных на стойках 7, 12. Одновременно с движением массы вниз происходит прорезание острыми кромками поперечных перегородок 3 при постепенном приближении ветви контура 11 к контуру 8. Когда шихта пройдет приводной блок 14 и сместится вниз, из нее формуются в замкнутом пространстве отдельные топливные элементы, имеющие форму параллелепипеда, в виде брусков-поленьев. В зоне приводного блока 2 контура 8 поперечные перегородки 3 вместе с огибающим приводной блок 2 контуром 8 уходят в сторону, а топливные элементы выгружаются в конвейер и транспортируются

**Качественные показатели брикетного топлива различного состава**

| Шахта | Вид брикета | Показатели | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Зольность, % | Выход летучих, % | Сера, % | | Теплота сгорания, кДж/кг | |
| | | | | общая | общая в золе | высшая | низшая |
| «Северная» (ОАО «Воркутауголь») | Шлам. Без связующего | 22,2 | 30,0 | 0,52 | 0,13 | 33903 | 25943 |
| | Шлам. Связующее – глина (6 %) | 27,3 | 31,4 | 0,45 | 0,27 | 34209 | 34511 |
| | Шлам. Глина (6 %), сухой спирт (12 %) | 27,3 | 31,4 | 0,44 | 0,28 | 34370 | 34520 |
| | Шлам. Глина (6 %), сухой спирт (12 %), глазировка (40 %) | 27,3 | 31,3 | 0,44 | 0,30 | 34363 | 34516 |
| № 8 «Ангишт» (Республика Таджикистан) | Штыб. Без связующего | 37,2 | 39,1 | 0,90 | 0,21 | 29850 | 23451 |
| | Шлам. Связующее – глина (6 %) | 42,2 | 41,2 | 0,81 | 0,38 | 30791 | 30977 |
| Восточно-уральское месторождение | Буроугольные брикеты | 18,7 | 43,3 | 2,7 | 0,97 | 26870 | 23100 |
| | Древесный опил (40 %), уголь каменный (15 %) | 15 | 41,7 | 0,5 | 0,2 | 16200 | 18520 |

в сушильное отделение, из которого поступают на склад готовой продукции.

Таким образом, процесс формования обеспечивается низким давлением прессования (менее 20 МПа) при отсутствии быстроизнашивающихся конструктивных элементов, что позволит снизить стоимость технического обслуживания в процессе эксплуатации, а вместе с этим и себестоимость готового продукта. Брикетное топливо может изготавливаться на основе твердых горючих углеродсодержащих отходов различных отраслей хозяйства: добыча каменных углей, лесопромышленный комплекс, торфяная промышленность.

Наиболее подготовленным к производству и апробированным в промышленных условиях является технология брикетирования способом всестороннего векторного воздействия. При таком подходе основным элементом технологии является экструдерный пресс. Технология экструзионного брикетирования была реализована на промышленной площадке угольной шахты №8 »Ангишт» в г.Шураб Республики Таджикистан. Накопленные объемы с угольного отсева и шлама на территории предприятия позволили не только отработать рецептуру приготовления топливных брикетов, но и сделать выводы о перспективности угольно-брикетного топлива в данном регионе. Оценка качественных показателей топливных брикетов на основе отходов углеобогащения приведена в таблице.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Кириллов Н.* Даешь стране угля // Машины и механизмы. СПб, 2007. № 12.

2. Пат. 2230997 РФ. Установка для связывания пыли / Ю.В.Шувалов и др. // Изобретения. 2004. Бюл. № 17.

3. Пат. 2159398 РФ. Установка для получения искусственного снега / Ю.В.Шувалов и др. // Изобретения. 1999. Бюл. № 32.

4. Пат. 2277326 РФ. Искусственная почва / Ю.В.Шувалов, Ю.Д.Смирнов // Изобретения. 2006. Бюл. № 6.

5. Пат. 2039294 РФ. Шахтный парогенератор / Ю.В.Шувалов и др.// Изобретения. 1995. Бюл. № 14.

6. *Шувалов Ю.В.* Комплексное использование ресурсов и регулирование газового режима шахт Воркутинского месторождения / Ю.В.Шувалов, И.А.Павлов, А.П.Веселов; МАНЭБ. СПб, 2006. 392 с.