

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-2-182-189

УДК 622.333.622.721

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРОХОТА С КАНАТНЫМ ДВИЖУЩИМСЯ ПОЛЕМ ДЛЯ СОРТИРОВКИ УГЛЯ

FEASIBILITY STUDY OF A GRIDDLE WITH THE MOVING ROPE FIELD FOR COAL SORTING

Плотников Иван Сергеевич¹,

канд. техн. наук, доцент, e-mail: bigiv89@yandex.ru

Ivan S. Plotnikov¹, Cand. Sc. in Engineering,

Демченко Игорь Иванович¹,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: demtchenkoii@yandex.ru

Igor I. Demchenko¹, Dr. Sc. in Engineering,

Игнатова Ольга Сергеевна¹,

старший преподаватель, e-mail: ignatova.ol@mail.ru

Olga S. Ignatova¹, Senior Lecturer,

Плотникова Алена Александровна²,

старший преподаватель, e-mail: 815089@mail.ru

Alena A. Plotnikova², Senior Lecturer,

¹Сибирский Федеральный Университет, ИГДГиГ, кафедра «Горные машины и комплексы», 660025, Россия, г. Красноярск, проспект Газеты Красноярский рабочий, 95.

¹Siberian Federal University, IGDGiG, Department of Mining Machines and Complexes, 660025, Russia, Krasnoyarsk, prospekt Gazety Krasnoyarskiy rabochiy, 95.

²Сибирский Федеральный Университет, ИЦМиМ, кафедра «Обогащение полезных ископаемых», 660025, Россия, г. Красноярск, проспект Газеты Красноярский рабочий, 95.

²Сибирский Федеральный Университет, ИЦМиМ, кафедра «Обогащение полезных ископаемых», 660025, Россия, г. Красноярск, проспект Газеты Красноярский рабочий, 95.

Аннотация: Для сортировки угля учеными в Сибирском федеральном университете разработана модель грохота с канатным движущимся полем, конструкционное исполнение которого защищено патентом России. Благодаря простоте конструкции, по сравнению с используемыми инерционными и самобалансными грохотами, предлагаемый грохот обеспечивает получение сортового угля с меньшими энергозатратами. Для определения экономической эффективности применения грохота с канатным движущимся полем приведен расчет основных параметров по сравнению с применяемыми грохотами. Приведен расчет годовых эксплуатационных затрат, которые включаются в себестоимость готовой продукции – сортового угля. Для этого рассчитаны годовые заработные платы обслуживающего персонала, расходы на ремонт, на электроэнергию, амортизационные расходы для предлагаемого грохота и используемых на горных предприятиях грохотов. Таким образом, посчитана сумма экономии, получаемая за счет применения грохота с канатным движущимся полем по сравнению с инерционным грохотом ГИЛ и самобалансным грохотом ГИСЛ, при их одинаковой производительности. По результатам расчетов предлагаемый грохот экономически выгоднее использовать для сортировки угля, который также имеет меньшие капитальные вложения на изготовление. Таким образом, использование ГКДП для сортировки угля, за счет его более низкой стоимости и эксплуатационных издержек позволит снизить затраты на получение сортового угля и снизить стоимость готовой продукции.

Abstract: For the coal sorting, a griddle model with a rope moving field has been developed by the Siberian Federal University scientists, the design of moving field is protected by the Russian patent. Due to the simplicity of the design, in comparison with the inertia and self-balancing griddles used, the proposed griddle provides the production of high-quality coal with less energy consumption. To determine the economic efficiency of using a griddle with a rope moving field, the main parameters are calculated in comparison with the griddles used. The calculation of annual operating costs, which are included in the cost of finished products - graded coal. For this purpose, the annual salaries of maintenance personnel, repair costs, electricity, depreciation expenses for the proposed griddle and griddles used at mining enterprises are calculated. Thus, the amount of savings obtained by

using a griddle with a rope moving field is calculated in comparison with an inertial griddle GIL and a self-balancing griddle GISL, at the same productivity. According to the results of calculations, the proposed griddle is economically more profitable to use for coal sorting, which also has less capital investment for manufacturing. Thus, the use of griddle with a rope moving field for coal sorting, due to its lower cost and ex-operational costs, will reduce the costs of producing high-quality coal and reduce the cost of finished products.

Ключевые слова: грохот, расчет, экономическая эффективность, затраты, электроэнергия, амортизация, канатное движущееся поле, уголь, инерционный грохот.

Key words: griddle, calculating, economic efficiency, costs, electric energy, amortization, moving rope field, coal, inertial griddle.

Доля электроэнергии, полученной за счет сжигания угля, достаточно велика и в дальнейшем будет увеличиваться. Министерством энергетики Российской Федерации разработана долгосрочная программа развития угольной промышленности на период до 2030 г., одними из основных целей которой являются увеличение поставок российского угля для нужд электроэнергетики, а также увеличение объемов добычи угля. Добываемый рядовой уголь перед отправкой потребителям необходимо переработать, так как сжигание низкосортного угля не столь эффективно, как сортового. Для сортировки применяют различные типы грохотов, которые являются незаменимым оборудованием на обогатительных фабриках, а также входят в состав дробильно-сортировочных комплексов на горнодобывающих предприятиях.

С целью создания оптимального оборудования, позволяющего сортировать рядовой уголь при

минимуме затрат и обеспечивающего требуемую производительность проведен анализ всех сортирующих устройств и предложен грохот с канатным движущимся полем (ГКДП) [1,2]. Модель ГКДП разработана в Сибирском федеральном университете и представлена на рис. 1.

Рядовой уголь через загрузочный бункер 2 попадает на верхнюю просеивающую секцию 5, которая образована приводным и ведомым барабанами и натянутым на них канатом с определенным зазором. Приводной барабан соединен с электродвигателем 7, который закрыт кожухом 1. Куски угля размером меньше этого зазора под действием силы тяжести проваливаются на среднюю и далее на нижнюю просеивающую секцию. Задержанный уголь транспортируется канатами в приемный бункер 4, а подрешетный материал попадает в бункер 6 [3,4]. Сверху и по бокам грохот закрыт кожухом (на фото снят) предотвращающим запыление при

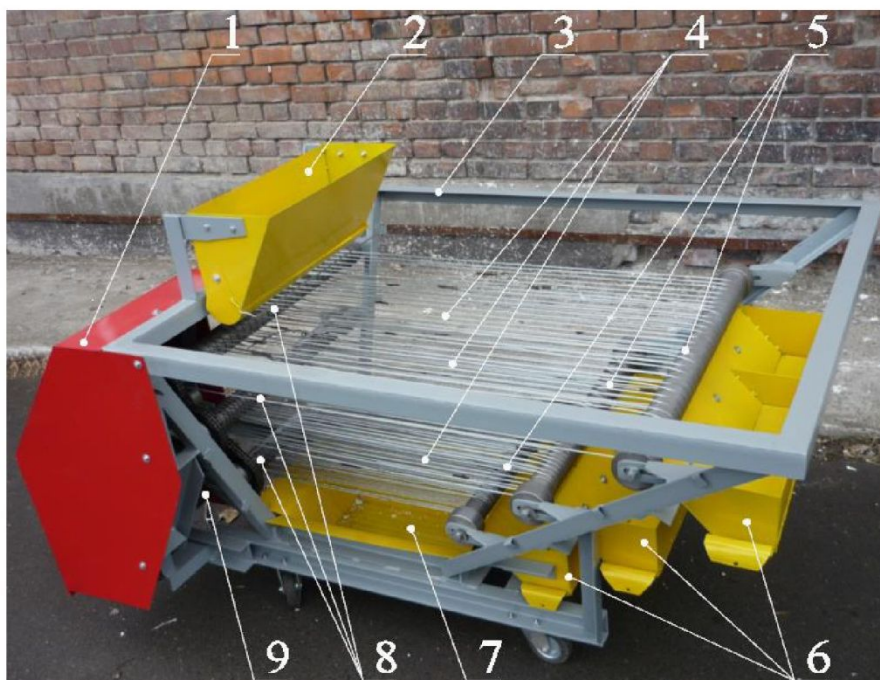


Рис. 1. Модель грохота с канатным движущимся полем: 1 – кожух; 2 – загрузочный бункер; 3 – рама; 4 – канат; 5 – ведомый барабан; 6 – приемный бункер; 7 – бункер подрешетного материала; 8 – приводной барабан; 9 – электродвигатель

Fig. 1. Model of a griddle with a rope moving field: 1 - case; 2 - hopper bunker; 3 - frame; 4 - rope; 5 - driven drum; 6 - receiving bunker; 7 - bunker of the sublattice material; 8 - a driving drum; 9 - electric motor

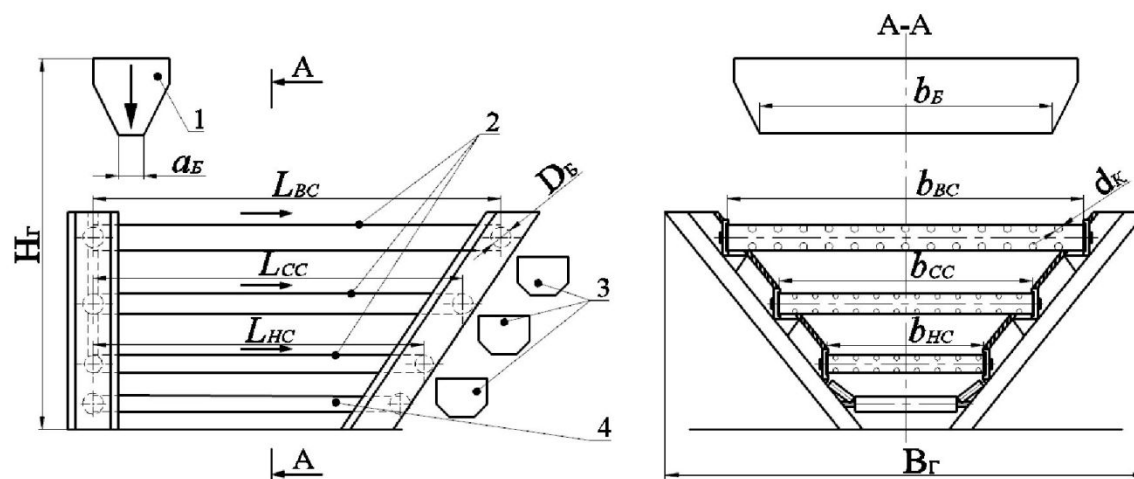


Рис. 2. Схема грохота с канатным движущимся полем: 1 – бункер-питатель; 2 – просеивающие секции; 3 – приемный бункер; 4 – бункер подрешетного материала
Fig. 2. Scheme of a griddle with a rope moving field: 1 - hopper-feeder; 2 - screening sections; 3 - receiving hopper; 4 - bunker of the sublattice material

Таблица 1. Техническая характеристика ГКДП
Table 1. Technical characteristics of the GKDP

Наименование	Значение
1. Производительность, м ³ /ч	100
2. Скорость движения канатного полотна, м/с	0,25
3. Размеры просеивающих поверхностей, м:	
3.1. нижняя секция:	
длина	0,57
ширина	0,6
3.2. средняя секция	
длина	1,1
ширина	0,7
3.3. верхняя секция	
длина	2,2
ширина	0,8
4. Площади просеивающих поверхностей, м ² :	
нижней	0,34
средней	0,77
верхней	1,76
5. Диаметр каната, мм	2,4
6. Диаметр барабана, мм	72
7. Длина каната, м	
7.1. нижней секции	35,6
7.2. средней секции	38,8
7.3. верхней секции	41,6
8. Мощность электродвигателя, кВт	5,5
9. Габариты, м:	
высота	1,26
длина	2,6
ширина	0,81
10. Масса, кг	114
11. Число просеивающих поверхностей	3

сортировке.

Для оценки технических характеристик, рассчитаны основные параметры предлагаемого ГКДП (рис. 2) на производительность 100 м³/ч для

сравнения полученных значений с характеристиками известных грохотов ГИЛ – 43 и ГИСЛ – 32 производительность которых также составляет 100 м³/ч [5,6].

Таблица 2. Сравнение технической характеристики ГКДП с ГИЛ – 43 и ГИСЛ – 32 при $Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$
Table 2. Comparison of technical characteristics of GKDP with GIL-43 and GISL-32 at $Q = 100 \text{ m}^3 / \text{h}$

Наименование	ГКДП	ГИЛ-43	ГИСЛ-32
1. Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	100		
2. Размер просеивающей поверхности: длина, м ширина, м	2,2 0,8	4 1,5	4,9 1,2
3. Площадь просеивающей поверхности, м^2	1,76	6	5,8
4. Мощность электродвигателя, кВт	5,5	11	2x15
5. Габариты: высота, м длина, м ширина, м	1,26 2,6 0,81	1,58 4,58 2,8	2,46 5,7 2,33
6. Масса, кг	114	3420	6920
7. Число просеивающих поверхностей	3	3	2
8. Наибольший допустимый размер куска исходного материала, мм	150	150	150
9. Максимальный вес объемно – насыпной массы просеивающего материала, $\text{т}/\text{м}^3$	1,5	1,5	1,5

Таблица 3. Капитальные вложения на приобретение грохота
Table 3. Capital investments for the acquisition of griddle

Модель	Производительность, $\text{м}^3/\text{час}$	Стоимость, руб
ГКДП	100	496000
ГИЛ – 43	100	580000
ГИСЛ – 32	100	1600000

Все рассчитанные параметры ГКДП для заданной производительности представлены в табл.1.

Для обоснования целесообразности использования ГКДП сравним его технические характеристики и характеристики распространенных моделей грохотов ГИЛ – 43, ГИСЛ – 32, используемых для сортировки угля (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, при равной производительности ГКДП обладает меньшими габаритами и массой, по сравнению с используемыми аналогами, что дает возможность использовать его не только стационарно, но и устанавливать на мобильное шасси. Также требуемая мощность электродвигателя привода ниже, чем у применяемых инерционных и самобалансных грохотов, что обеспечит снижение расхода электроэнергии при сортировке, и в свою очередь обеспечивает снижение себестоимости получения сортового угля [7,8].

Для обоснования экономической выгоды использования ГКДП по сравнению с другими грохотами для сортировки угля проведена оценка его экономической эффективности. Для выявления наиболее экономичного грохота проведен анализ основных экономических показателей [9,10].

Капитальные вложения на приобретение ГИЛ-43, ГИСЛ-32 и ГКДП приведены в таблице 3.

Годовые эксплуатационные расходы, которые также лягут в себестоимость итоговой продукции (угля) определяются по следующей формуле:

$$C = C_{\text{ЗП}} + C_P + C_{\text{Э}} + A$$

(1)

где, $C_{\text{ЗП}}$ - годовая заработная плата, обслуживающего персонала, руб; C_P - годовые расходы на ремонт, руб; $C_{\text{Э}}$ - годовые расходы на электроэнергию, руб; A - амортизационные расходы, руб.

Годовая заработная плата определяется в зависимости от режима работы конкретного предприятия, для расчета возьмем средние значения фонда времени и прерывный режим работы.

Для обслуживания ГКДП, так же как и для обслуживания ГИЛ, ГИСЛ требуется один рабочий (табл. 4).

Расчет годовой заработной платы представлен в таблице 5.

Годовые расходы на ремонт на каждом предприятии варьируются и зависят от срока эксплуатации и коэффициента работы грохота [11]. При использовании новой техники затраты на ремонт принимаются в пределах 5-15% от закупочной стоимости оборудования [12,13].

Затраты на ремонт оборудования представлены в таблице 6.

Годовые расходы на электроэнергию определяются по формуле:

$$E = N_{\text{дв}} \cdot t_p \cdot k_m \cdot s$$

(2)

где, $N_{\text{дв}}$ - мощность электродвигателя, кВт; t_p - фонд времени работы оборудования, ч; k_m - коэффициент загрузки двигателя, $k_m = 0,9$; s - стоимость 1 кВт/ч потребленной электроэнергии, $s =$

Таблица 4. Рабочие для обслуживания грохота
Table 4. Workers for maintenance of the griddle

Профессия	Кол-во единиц оборудования, шт.	Норма об-служ.	Число смен в сутки	Явочная числ-ть, чел./сут	Козф. спич. со-става	Списоч. числ-ть, чел
Оператор	1	1	2	2	1,36	3

Количество планируемых рабочих составит 3 человека.

Таблица 5. Годовой фонд заработной платы
Table 5. Annual salary fund

Списочная численность, чел	3
Тарифная ставка, руб/дн	750
Фонд рабочего времени, дни	181
Тарифный фонд, руб	407250
Премия (40%), руб	162900
Доплата за работу в веч. и ночн. время (16,67%), руб	67889
Итого фонд заработной платы, руб	638039

Итого годовой фонд заработной платы составил 638039 руб.

Таблица 6. Затраты на ремонт грохота
Table 6. Costs for repairing the griddle

Модель	Производительность, м ³ /час	Стоимость, руб	Затраты на ремонт, руб
ГКДП	100	496000	74400
ГИЛ – 43		580000	87000
ГИСЛ – 32		1600000	240000

Таблица 7. Годовые расходы на электроэнергию
Table 7. Annual electricity costs

Модель	Мощность электродвигателя, кВт	Время работы, час	Потребляемая электроэнергия, кВт	Итого расходы на электроэнергию, руб
ГКДП	5,5	4344	23892	66443,7
ГИЛ – 43	11		47784	132887,3
ГИСЛ – 32	2x15		130320	362419,9

Таблица 8. Величина амортизационных отчислений
Table 8. Amount of depreciation

1. Модель	2. Производительность, м ³ /час	3. Стоимость грохота, руб	4. Амортизационные отчисления, руб
5. ГКДП	6. 100	7. 496000	8. 70928
9. ГИЛ – 43		10. 580000	11. 82940
12. ГИСЛ – 32		13. 1600000	14. 228800

Таблица 9. Сумма эксплуатационных расходов
Table 9. Sum of operating costs

1. Модель	Производительность, м ³ /час	Итого эксплуатационные расходы, руб
ГКДП	100	849811
ГИЛ – 43		940866
ГИСЛ – 32		1469259

3,09 руб/кВт*ч.

Фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле:

$$t_p = T_{эф} \cdot t_{см} \cdot n_{см} \quad (3)$$

Таблица 10. Цена использования грохота

Table 10. Price of the griddle

2. Модель	Производительность, м ³ /час	Цена использования, руб
ГКДП	100	6444675
ГИЛ – 43		7166064
ГИСЛ – 32		11884812

Таблица 11. Экономические показатели использования ГКДП по сравнению с ГИЛ – 43

Table 11. Economic indicators of GKDP using in comparison with GIL - 43

Показатель	ГКДП	ГИЛ-43
Эксплуатационные расходы, руб/год	849811	940866
Условно-годовая сумма экономия, руб	91055	-
Относительное снижение, %	9,6	-
Цена использования, руб	6444675	7166064
Относительное снижение цены использования, %	10	-

Таблица 12. Экономические показатели использования ГКДП по сравнению с ГИСЛ – 32

Table 12. Economic indicators of GKDP using in comparison with GISL - 32

Показатель	ГКДП	ГИСЛ-32
Эксплуатационные расходы, руб/год	849811	1469259
Условно годовая сумма экономия, руб	619448	-
Относительное снижение, %	42,1	-
Цена использования, руб	6444675	11884812
Относительное снижение цены использования, %	45,7	-

Таблица 13. Экономические показатели использования ГКДП по сравнению с ГИЛ – 63

Table 13. Economic indicators of GKDP using in comparison with GIL - 63

1. Показатель	ГКДП	ГИЛ-63
Эксплуатационные расходы, руб/год	978956	1038999
Условно годовая сумма экономия, руб	60043	-
Относительное снижение, %	5,7	-
Цена использования, руб	7562694	8022993
Относительное снижение цены использования, %	5,7	-

Таблица 14. Экономические показатели использования ГКДП по сравнению с ГИСЛ – 72

Table 14. Economic indicators of GKDP using in comparison with GISL - 72

Показатель	ГКДП	ГИСЛ-72
Эксплуатационные расходы, руб/год	978956	1814188
Условно годовая сумма экономия, руб	835232	-
Относительное снижение, %	46	-
Цена использования, руб	7562694	14899318
Относительное снижение цены использования, %	49,2	-

где, $T_{эф}$ – эффективный фонд рабочего времени, ч; $t_{см}$ – продолжительность смены, ч; $n_{см}$ – количество смен. ч. $t_p = 181 \cdot 12 \cdot 2 = 4344$ ч.

Результаты расчета годовых расходов на электроэнергию представлены в таблице 7.

Величина амортизационных отчислений по ЕНАО для грохотов и сит составляет 14,3 % и определяется по формуле [14]:

$$A = C_r \cdot N_a / 100 \quad (4)$$

где, C_r – стоимость грохота, руб; N_a – норма амортизации, %.

Результаты расчета амортизационных отчислений представлены в таблице 8.

Таким образом, результаты расчета суммы годовых эксплуатационных расходов (1), приведены в таблице 9.

Для расчета экономической эффективности использования грохота с канатным движущимся полем определим сумму экономии:

$$\Xi = C_2 - C_1 \quad (5)$$

где, C_1 – себестоимость угля, отсортированной ГКДП, руб; C_2 – себестоимость угля, отсортированной ГИЛ, ГИСЛ, руб; По результатам расчетов эксплуатационных расходов (табл. 9) сумма экономии использования ГКДП по сравнению с ГИЛ – 43 составляет 91056 руб., а по сравнению с

ГИСЛ – 32 – 619448 руб.

При выборе грохота также необходимо рассчитать цену использования, которая определяется по формуле [15]:

$$C_{\text{и}} = B_{\text{к}} + C \cdot T_{\text{э}} \quad (6)$$

где, $B_{\text{к}}$ - капитальные вложения, руб; $T_{\text{э}}$ - срок эксплуатации, $T_{\text{э}} = 7$ лет.

Цена использования каждого грохота представлена в таблице 10.

Рассчитанные экономические показатели использования ГКДП представлены в таблицах 11, 12.

Из таблиц 11 и 12 видно, что эксплуатационные расходы при сортировке угля ГКДП ниже на 9,6% по сравнению с ГИЛ – 43, и на 42,1% ниже по сравнению с ГИСЛ – 32. А также цена использования ГКДП на 10% меньше чем ГИЛ – 43 и на 45,7%

чем у ГИСЛ – 32.

В табл. 13 и 14 приведены экономические показатели использования ГКДП (с производительностью 450 м³/ч) по сравнению с ГИЛ – 63 и ГИСЛ – 72.

Из таблиц 13, 14 видно, что эксплуатационные расходы при сортировке угля ГКДП ниже на 5,7% по сравнению с ГИЛ – 63, и на 46% ниже по сравнению с ГИСЛ – 72. А также цена использования ГКДП на 5,7% меньше чем ГИЛ – 63 и на 49,2% чем у ГИСЛ – 72.

Таким образом, использование ГКДП для сортировки угля, за счет его более низкой стоимости и эксплуатационных издержек позволит снизить затраты на получение сортового угля и снизить стоимость готовой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2535550 Российская Федерация, МПК7 В 07 В 1/10. Устройство для сортировки горной массы / Плотников И.С. Демченко И.И.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО СФУ. – заявл. 30.07.13; опубл. 20.12.14, Бюл. № 35. – 10 с.
2. Демченко И.И., Плотников И.С. Классификация горнодобывающих и перерабатывающих машин. // Известия вузов. Горный журнал № 5, 2013 г. с. 80-85.
3. Захаров А.Ю. Основы расчета карьерного транспорта. – Кемерово, 2012. – 110 с.
4. E. Fathi Salmi. Numerical analysis of a large landslide induced by coal mining subsidence // Engineering Geology. – 2017. – №1. – Pages 141-152
5. Jiuping Xu. Ecological coal mining based dynamic equilibrium strategy to reduce pollution emissions and energy consumption // Journal of Cleaner Production. – 2017. – №11. – Pages 514-529
6. Демченко И.И., Игнатова О.С., Плотников И.И. Струнный грохот Патент РФ № 2568460 МПК В07В 1/00 Бюлл. изобр. № 32, опубл. 20.11.2015 г.
7. Спиваковский, А.О., Дмитриев В.Г. Теоретические основы расчета ленточных конвейеров. – М.: Наука, 2007. – 154 с.
8. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–сентябрь 2017 года // Уголь. – 2018. – № 1. – С. 18–34.
9. Яновский А.Б. Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. – 2017. – № 8. – С. 10–14.
10. Rong Zhang. New insights into the permeability-increasing area of overlying coal seams disturbed by the mining of coal // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2018. – №1. – Pages 352–364.
11. Вержанский А.П. Экологизация угольной генерации // Журнал «Уголь». – 2017. – № 9. – С. 11–16.
12. Петров И.В. Экономическая оценка энергоэффективности углеэнергетических технологий // Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка – 2014»: Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. 2014. – С.180–189.
13. Плаkitкина Л.С. Анализ развития добычи энергетического угля в основных странах мира в период за 2000–2014 гг. и тенденции перспективного развития // Уголь – 2017. - №3. – С. 83–89.
14. Федотов К.В. Проектирование обогатительных фабрик. – М: Издательство «Горная книга», 2012. – 536 с.
15. Ромакин Н.Е. Конструкция и расчет конвейеров. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 504 с.

REFERENCES

1. Pat. 2535550 Russian Federation, IPC7 B 07 B 1/10. The device for sorting the rock mass / Plotnikov IS Demchenko II; the applicant and the patent holder of the FSAOU SFU. - claimed. 30.07.13; publ. 20.12.14, Bul. № 35. - 10 with.
2. Demchenko II, Plotnikov IS Classification of mining and processing machines. Journal "Izvestiya Vuzov Gornyi zhurnal" No. 5, 2013 p. 80-85.
3. Zakharov A.Yu. Basics of calculating the career transport. - Kemerovo, 2012. - 110 p.
4. E. Fathi Salmi. Numerical analysis of a large landslide induced by coal mining subsidence // Engineering Geology. - 2017. - №1. - Pages 141-152
5. Jiuping Xu. Ecological coal mining based on a dynamic equilibrium strategy to reduce pollution emissions and energy consumption // Journal of Cleaner Production. - 2017. - № 11. - Pages 514-529
6. Demchenko II, Ignatova OS, Plotnikov II String griddle Patent of the Russian Federation No. 2568460 IPC B07B 1/00 Bul. Fig. № 32, publ. 11/20/2015
7. Spivakovskiy, AO, Dmitriev V.G. Theoretical basis for the calculation of conveyor belts. - Moscow: Nauka, 2007. - 154 p.
8. Tarazanov IG Results of the work of the Russian coal industry in January-September 2017 // Magazine "Coal." - 2018. - No. 1. - P. 18-34.
9. Yanovsky A.B. The main trends and prospects for the development of the Russian coal industry // Magazine "Coal". - 2017. - No. 8. - P. 10-14.
10. Rong Zhang. New insights into the permeability-increasing area of overlying coal seams disturbed by the mining of coal // Journal of Natural Gas Science and Engineering. - 2018. - №1. - Pages 352-364.
11. Verzhansky A.P. Ecologization of coal generation // Magazine "Coal". - 2017. - No. 9. - P. 11-16.
12. Petrov I.V. Economic evaluation of energy efficiency of coal-energy technologies // Proceedings of the international scientific symposium "Week of the Miner - 2014": Collection of articles. A separate issue of the Mountain Information and Analytical Bulletin. 2014. - P.180-189.
13. Plakitkina L.S. Analysis of the development of the production of steam coal in the main countries of the world during the period 2000-2014. and tendencies of perspective development // Magazine "Coal". - 2017. - № 3. - P. 83-89.
14. Fedotov K.V. Proyektirovaniye obogatitel'nykh fabrik. - M: Izdatelstvo «Gornaya kniga», 2012. - 536 p.
15. Romakin N.Ye. Konstruktsiya i raschet konveyerov. - Staryy Oskol: TNT, 2011. - 504 p.

Поступило в редакцию 01.05.2018

Received 01.05.2018