

Конструкция и определение основных параметров струнного ступенчатого грохота

Демченко И. И.¹, Игнатова О. С.^{1*}

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

*e-mail: ignatova.ol@mail.ru

Реферат

Введение. Получение энергии – важнейшая проблема человечества. Угольная генерация решала и в обозримом будущем будет решать эту проблему благодаря обширной ресурсной базе и относительно стабильной и невысокой стоимости сырья. При этом эффективность работы генерирующих предприятий зависит от качества поставляемого топлива. Для генерирующих предприятий и коммунально-бытового сектора, использующих слоевой способ сжигания топлива, весьма важно использование сортового угля, повышающего эффективность их работы. Получение сортового угля, т. е. разделение его по классам крупности, осуществляется гравитационными грохотами, к достоинствам которых можно отнести простоту конструкции и отсутствие привода при осуществлении операции сортировки. К недостаткам – невысокое качество при рассортировке. Поэтому создание новых конструкций гравитационных грохотов и совершенствование существующих для повышения качества сортировки имеют большое значение.

Методика проведения исследования. В Сибирском федеральном университете разработана конструкция струнного ступенчатого грохота, использующего гравитационный способ разделения сортируемого материала по классам крупности. Для внедрения данной разработки в промышленность весьма важно знать основные конструктивные параметры, заложенные в предлагаемой конструкции. В статье предложена математическая модель расчета параметров струнного ступенчатого грохота и результаты расчета габаритов грохота в зависимости от других меняющихся параметров. Выполнены математическое моделирование (построение математической модели расчета) и анализ конструкции струнного ступенчатого грохота для определения его основных параметров.

Результат исследования. Представлена конструкция струнного ступенчатого грохота. Разработана математическая модель расчета основных параметров и построены графики зависимости изменения габаритов грохота от других меняющихся значений. Выполнен анализ конструкции струнного ступенчатого грохота, определены его основные параметры.

Вывод. На основе проведенного исследования построена математическая модель расчета параметров струнного ступенчатого грохота и построены зависимости длины, высоты от углов наклона передней стенки и просеивающих секций. Полученные зависимости позволяют определить параметры струнного ступенчатого грохота для заданных значений крупности просеиваемого материала.

Ключевые слова: грохот; габариты; просеивающие секции; угол наклона; кантователи; бункер; горная масса.

Введение. Задача обеспечения энергией – одна из самых важных для всех отраслей промышленности. Угольная генерация, благодаря относительно невысокой стоимости и устойчивости цен по сравнению с природным газом и нефтью, а также обширной ресурсной базе, позволяет ее решить. При этом уголь является самым распространенным теплоэнергетическим ресурсом в мире и по объемам

превосходит все остальные виды ископаемого топлива, что в долгосрочной перспективе делает его самым дешевым и востребованным [1–6].

Добываемый рядовой уголь перед отправкой потребителям, практикующим слоевое сжигание топлива, необходимо переработать, так как сжигание рядового угля не столь эффективно, как сортового. Для сортировки, т. е. разделения угля на фракции по крупности, применяют различные типы грохотов, которые являются незаменимым оборудованием на обогатительных фабриках, а также входят в состав дробильно-сортировочных комплексов на горнодобывающих предприятиях [7–13].

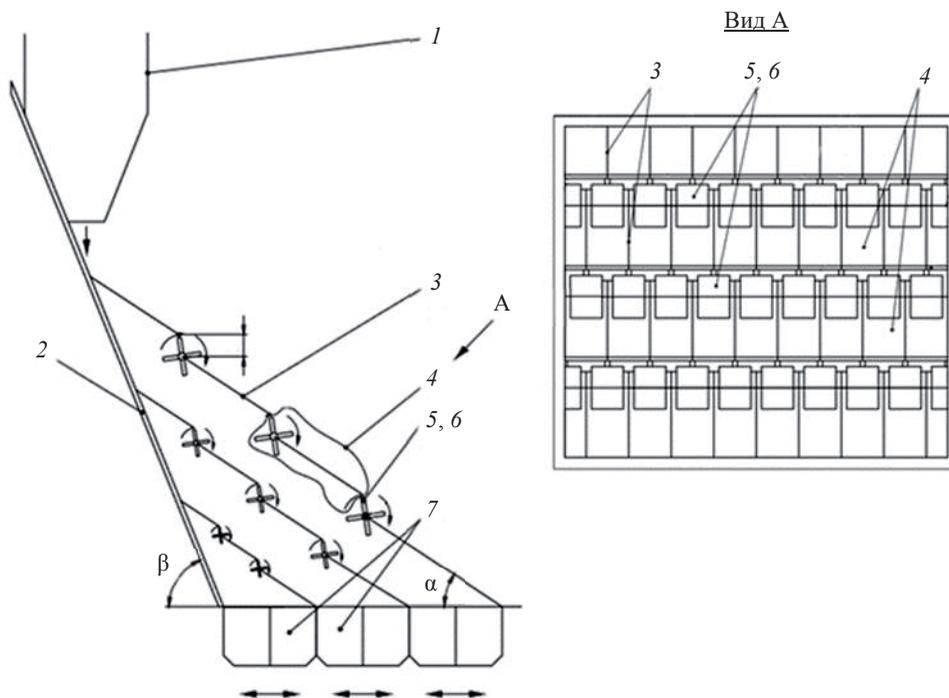


Рисунок 1. Струнный ступенчатый грохот: 1 – загрузочный бункер; 2 – передняя стенка; 3 – просеивающая поверхность; 4 – ступень (h_c – высота ступени); 5 – кантователь; 6 – лопатки кантователя; 7 – приемные бункеры; α – угол наклона просеивающих поверхностей; β – угол наклона передней стенки

Figure 1. String stepped screen: 1 – feed; 2 – front wall; 3 – screen deck; 4 – step (h_c – the height of the step); 5 – cantilever; 6 – cantilever blades; 7 – receiving hopper; α – screen angles; β – front wall angles

В настоящее время при рассортировке угля по классам крупности применяют различные виды грохотов, простейшими из которых являются грохоты, использующие гравитационный способ разделения, к которым можно отнести струнные и колосниковые конструкции.

В Сибирском федеральном университете разработан струнный ступенчатый грохот (ССГ) для сортировки угля, защищенный патентом России [14], отличающийся конструктивной простотой и использующий гравитацию при разделении горной массы на классы крупности, что не требует привода (рис. 1).

В предлагаемой конструкции качество сортировки повышается путем применения ступенчатого расположения просеивающих поверхностей, отсеивающих

Таблица 1. Минимальные расчетные параметры приемных бункеров и просеивающих секций струнного ступенчатого грохота***Table 1. Minimum design parameters of receiving hoppers and screening sections of string stepped screen***

Класс крупности (размер куска, м)	Длина приемного бункера $L_{п.б.}$, м	Высота приемного бункера $H_{п.б.}$, м	Длина просеивающей секции $L_{пр.с.}$, м	Ширина просеивающей секции $B_{пр.с.}$ (ширина грохота B), м
Штыб (0,006)	0,4	0,03	0,78	Принимается равной ширине загрузочного бункера в зависимости от марки автосамосвала
Семечко (0,013)	0,6	0,06	2,00	
Мелкий (0,025)	0,8	0,11	3,63	
Орех (0,05)	1,1	0,23	5,95	
Крупный кулак (0,1)	1,3	0,45	8,95	
Плитный (0,3)	2,0	1,35	14,10	

* Приведенные минимальные расчетные значения параметров ССГ могут меняться в зависимости от потребностей заказчика (условий сортировки, установки грохота и предварительной обработки горной массы).

Таблица 2. Минимальная длина лопатки кантователя и высота ступени на просеивающих секциях № 2–6 для разных фракций a **Table 2. Minimum length of the cantilever blade and the height of the step on screening sections no. 2–6 for different fractions a**

Показатель	$a = 13$ мм № 2	$a = 25$ мм № 3	$a = 50$ мм № 4	$a = 100$ мм № 5	$a = 300$ мм № 6
Минимальная длина лопатки кантователя $l_{л.}$, мм	12	20	40	80	180
Высота ступени h_c , мм	25	45	90	180	480

Таблица 3. Длина струнного ступенчатого грохота**Table 3. Length of string stepped screen**

Количество просеивающих секций струнного грохота снизу вверх (размер получаемой фракции)	Высота от верха приемных бункеров до крепления просеивающих секций H_{1-6} , м	Угол наклона передней стенки β , град							
		50	55	60	65	70	75	80	85
		Длина струнного ступенчатого грохота L , м							
1 (6 мм)	0,61	0,9	0,8	0,75	0,7	0,6	0,56	0,5	0,45
2 (13 мм)	1,57	2,3	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
3 (25 мм)	2,85	4,2	3,8	3,4	3,1	2,8	2,6	2,3	2,1
4 (50 мм)	4,67	6,8	6,2	5,6	5,1	4,6	4,2	3,7	3,3
5 (100 мм)	7,03	10,1	9,1	8,3	7,5	6,8	6,1	5,4	4,8
6 (300 мм)	11,08	15,5	13,9	12,6	11,4	10,2	9,2	8,2	7,2

один класс крупности, причем струны просеивающих поверхностей 3 располагаются в шахматном порядке относительно друг друга. В конце каждой ступени 4 (кроме самой нижней, перед приемным бункером 7) по пути движения сортируемого угля предлагается установить кантователи 5, задача которых переворачивать попадающие на них куски горной массы и укладывать их на следующую ступень

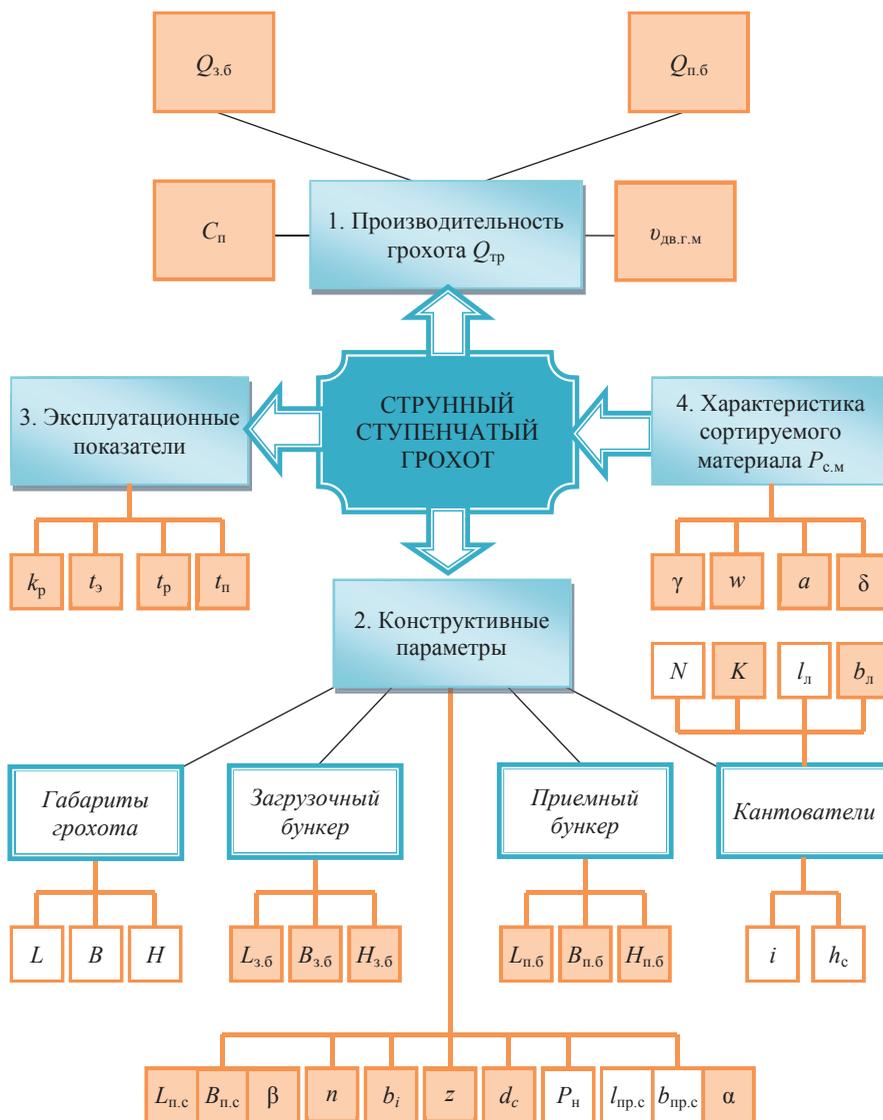


Рисунок 2. Схема параметров и факторов, влияющих на работу струнного ступенчатого грохота

Figure 2. Scheme of parameters and factors affecting the operation of a string stepped screen

просеивающей поверхности, струны которой имеют шахматное расположение относительно предыдущей. Передняя стенка 2, установленная с большим углом наклона β относительно просеивающих поверхностей, служит для набора усилия, необходимого для движения кусочков угля по просеивающим поверхностям и вращения кантователей. В качестве струн может быть использован пруток или канат соответствующего сечения.

При проектировании струнного ступенчатого грохота с требуемой производительностью проанализированы его рабочие процессы. В результате анализа выбраны и обоснованы его конструктивные и режимные параметры.

Комплекс параметров и факторов, влияющих на них, представлен в виде схемы на рис. 2, где $Q_{\text{тр}}$ – требуемая производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$; $Q_{3,6}$, $Q_{\text{п.б}}$ – пропускные способности загрузочного и приемных бункеров, $\text{м}^3/\text{ч}$; $C_{\text{п}}$ – способ подачи сортируемого материала (равномерный или неравномерный грузопоток, в рассматриваемом грохоте применяется равномерная подача сортируемого материала); $v_{\text{дв.г.м}}$ – скорость движения горной массы по рабочей поверхности грохота, $\text{м}/\text{с}$; $P_{\text{с.м}}$ – характеристика сортируемого материала (γ – плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$; w – влажность, %; a – гранулометрический состав, мм ; δ – абразивность, мг); k_p – коэффициент работы грохота, учитывающий сменность работы; t_3 – время эксплуатации, ч; t_p – время, затрачиваемое на ремонт, ч; $t_{\text{п}}$ – время простоев, ч; L , B , H – длина, ширина и высота грохота соответственно, мм ; $L_{3,6}$, $L_{\text{п.б}}$ – длина загрузочного и приемных бункеров, мм ; $B_{3,6}$, $B_{\text{п.б}}$ – ширина загрузочного и приемных бункеров, мм ; $H_{3,6}$, $H_{\text{п.б}}$ – высота загрузочного и приемных бункеров, мм ; N – количество рядов кантователей на просеивающей секции, на единицу меньше числа ступеней, шт; n – количество просеивающих секций, шт; i – количество ступеней на просеивающей секции, шт; h_c – высота ступени, мм ; K – количество лопаток кантователя, шт; l_l – длина лопатки кантователя, мм ; b_l – ширина лопатки кантователя, мм ; $L_{\text{п.с}}$, $B_{\text{п.с}}$ – длина и ширина передней стенки соответственно, мм ; α – угол наклона просеивающей секции, град; b_i – расстояние между струнами, мм ; z – количество струн (канатов) на просеивающей секции, шт; d_c – диаметр струн (канатов), мм ; P_n – натяжное усилие струн (канатов) на каждом участке (ступени), Н ; $l_{\text{пр.с}}$, $b_{\text{пр.с}}$ – длина и ширина просеивающей секции соответственно, мм ; β – угол наклона передней стенки, град.

Методика проведения исследования. Определение габаритных параметров струнного ступенчатого грохота включает в себя расчет его длины, высоты и ширины.

Ширина струнного ступенчатого грохота B определяется исходя из ширины загрузочного бункера, которая зависит от марки применяемого автосамосвала или ширины бункера, если перед сортировкой уголь или другой материал проходит дробление.

Уголь классифицируют: штыб 0–6 мм (1 секция); семечко 6–13 мм (2 секция); мелкий 13–25 мм (3 секция); орех 25–50 мм (4 секция); крупный кулак 50–100 мм (5 секция); плитный 100–300 мм (6 секция).

Длина и высота струнного ступенчатого грохота зависят от длины и высоты передней стенки, длины и количества составляющих грохот просеивающих секций, от углов установки наклонной стенки и просеивающих секций, а также от количества ступеней на каждой просеивающей секции.

Передняя стенка предлагаемого грохота служит для набора необходимого движущего усилия для вращения кантователей и предотвращения или уменьшения раскалывания кусков угля.

Рассчитаем движущее усилие, необходимое для движения кусков просеиваемого материала по просеивающей секции и вращения кантователей:

$$F = mg(\sin\beta - k_{\text{тр.н.с}}\cos\beta),$$

где m – масса куска угля, скатывающегося по наклонной стенке на просеивающую секцию, кг ; g – ускорение, набранное куском угля на наклонной стенке, $\text{м}/\text{с}^2$; $k_{\text{тр.н.с}}$ – коэффициент трения угля по стали наклонной стенки.

Длина передней стенки определится исходя из количества просеивающих секций, от нее будет зависеть величина силы, которую необходимо набрать куску угля для осуществления вращения кантователя.

Угол установки передней стенки β , влияющий на скорость движения сортируемого материала, должен регулироваться по типу просеивающего материала и в зависимости от его свойств.

Пределы изменения угла наклона $\beta = 50^\circ\text{--}85^\circ$. При необходимости увеличения скорости движения материала по канатному полю угол наклона передней стенки необходимо увеличить или уменьшить, если требуется снижение скорости.

Таблица 4. Высота струнного ступенчатого грохота
Table 4. Height of string stepped screen

Количество просеивающих секций струнного грохота снизу вверх (размер получаемой фракции)	Угол наклона передней стенки β , град.							
	50	55	60	65	70	75	80	85
	Высота струнного ступенчатого грохота H , м							
1 (6 мм)	2,98	2,93	2,88	2,85	2,82	2,79	2,76	2,73
2 (13 мм)	4,23	4,15	3,99	3,92	3,85	3,80	3,75	3,71
3 (25 мм)	5,88	5,78	5,47	5,37	5,23	5,15	5,08	5,03
4 (50 мм)	8,35	8,00	7,69	7,49	7,28	7,17	7,02	6,98
5 (100 мм)	11,57	11,02	10,51	10,21	9,90	9,79	9,57	9,50
6 (300 мм)	17,62	16,72	15,91	15,41	15,0	14,71	14,55	14,37

Таким образом, длина передней стенки определится исходя из скорости истечения материала, а также в зависимости от угла наклона передней стенки:

$$L_{н.с} = \frac{v^2}{2g\sin\beta},$$

где v – скорость истечения материала, м/с.

Зная длину передней стенки, определим ее высоту:

$$H_{н.с} = L_{н.с}\sin\beta.$$

Определяемыми параметрами просеивающих секций являются длина, ширина, расстояние между просеивающими секциями по высоте, количество ступеней на каждой просеивающей секции и их высота.

Для расчета длин просеивающих секций грохота зададим количество ступеней i на каждой просеивающей секции (сверху вниз): секция № 6 – 3 ступени; № 5 – 3 ступени; № 4 – 2 ступени; № 3 – 2 ступени; № 2 – 1 ступень; № 1 – без ступени.

Таким образом, длина просеивающей секции № 1 (снизу вверх) струнного ступенчатого грохота:

$$L_{1п.с} = \frac{L_{н.с.1}\sin(180^\circ - \beta)}{\sin(180^\circ - (180^\circ - \beta) - \alpha)}.$$

Тогда длины просеивающих секций № 2, 3, 4, 5 и 6 определяются по формуле:

$$L_{\text{пр.с}} = \frac{(L_{\text{н.б.1}} + L_{\text{н.б.2}} + \dots + L_{\text{н.б.n}}) \sin(180^\circ - \beta)}{\sin(180^\circ - (180^\circ - \beta) - \alpha)} + i \sqrt{h_c^2 + l_c^2},$$

где $L_{\text{н.б.1}} - L_{\text{н.б.n}}$ – длины приемных бункеров, м (табл. 1); l_c – длина ступени, м.

При этом высоту ступени h_c определим исходя из размеров кантователя (длины лопатки кантователя на определенной просеивающей секции l_n , мм) и фракции сортируемого материала a , мм, получаемой на определенной просеивающей секции:

$$h_c = l_n + a.$$

Результаты расчета параметров ступеней приведены в табл. 2.

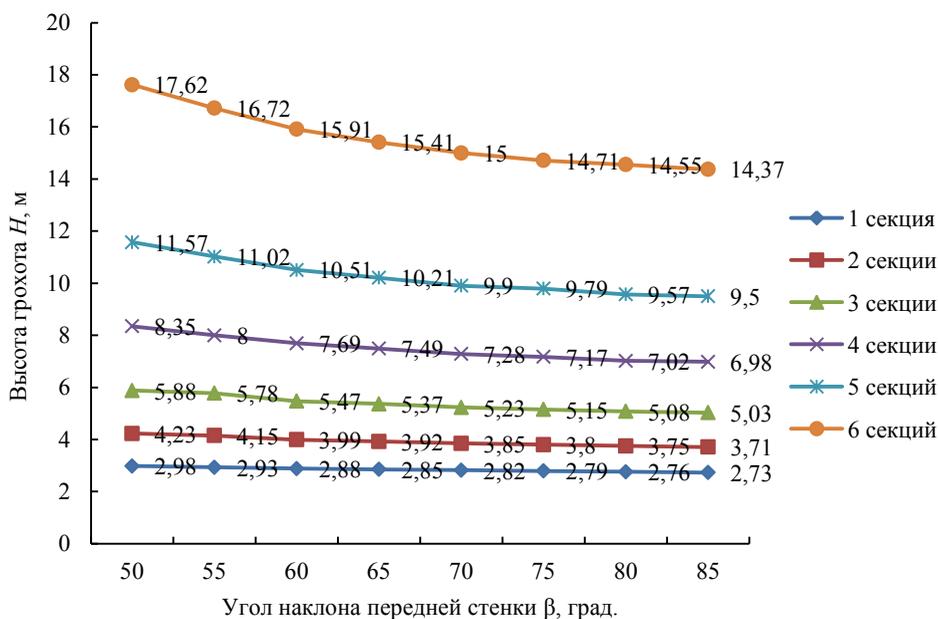


Рисунок 3. Зависимость высоты струнного ступенчатого грохота от количества просеивающих секций и угла наклона передней стенки струнного грохота

Figure 3. Dependence of the string stepped screen height on the number of screening sections and the front wall angle

Выбор формы кантователей рассмотрен в [15]. Так как работа кантователей заключается во вращении, а их форма симметрична, то:

$$h_c \geq l_c.$$

Количество ступеней определится эффективностью сортировки и исходя из конструктивных особенностей струнного ступенчатого грохота.

Результаты расчетов длин просеивающих секций струнного ступенчатого грохота при изменении углов наклона передней стенки и просеивающей секции приведены в табл. 2.

Рассчитаем длину грохота с учетом изменения угла наклона передней стенки с шагом в 5° и количеством просеивающих секций:

$$L = \left((L_{п.6.1} + L_{п.6.2} + L_{п.6.3} + \dots L_{п.6.n}) + \frac{H_{1-6}}{\text{tg}\beta} \right) + L_{3,6},$$

где $L_{п.6.1} - L_{п.6.n}$ – длины приемных бункеров (табл. 2), м; H_{1-6} – высота от верха приемных бункеров до крепления просеивающих секций (секции с № 1 по № 6), м; β – угол наклона передней стенки (50°– 85°); $L_{3,6}$ – длина загрузочного бункера (в случае его расположения не над просеивающей поверхностью грохота), м.

Таблица 5. Производительность струнного ступенчатого грохота (ширина просеивающей секции $B_{пр.с} = 2-11$ м, для расчета принято 3 м)

Table 5. Performance of string stepped screen (screening section width $B_{пр.с} = 2-11$ m, 3 m is accepted for calculation)

Параметр грохота	Количество просеивающих секций, установленных на грохоте (в зависимости от получаемой фракции)					
	1 (6 мм)	2 (13 мм)	3 (25 мм)	4 (50 мм)	5 (100 мм)	6 (300 мм)
Длина просеивающей секции $L_{пр.с}$, м	0,78	2,0	3,63	5,95	8,95	14,1
Площадь просеивающей поверхности F , м ²	2,3	6,0	10,9	17,9	26,9	42,3
Удельная производительность грохота q , т/(ч · м ²).	30	45	60	75	90	120
Производительность грохота Q_r , т/ч	69	270	654	1343	2421	5076

Полученные результаты приведены в табл. 3.

Высоту струнного ступенчатого грохота определяем:

$$H = H_{п.6} + H_{1-6} + H_{п.с} + H_{3,6}, \tag{1}$$

где $H_{п.6}$ – высота приемных бункеров; H_{1-6} – высота от верха приемных бункеров до места крепления просеивающих секций; $H_{п.с}$ – высота наклонной передней стенки грохота; $H_{3,6}$ – высота загрузочного бункера.

Рассчитаем высоту струнного ступенчатого грохота по формуле (1) с учетом изменения количества просеивающих секций грохота, угла наклона передней стенки ($\beta = 50^\circ - 80^\circ$) и изменения высоты приемных бункеров. Результаты приведены в табл. 4.

Графическая зависимость высоты струнного ступенчатого грохота от количества просеивающих секций и угла наклона передней стенки представлена на рис. 3.

Рассмотрим зависимость габаритов просеивающих секций струнного ступенчатого грохота в зависимости от их производительности.

Производительность неподвижного струнного ступенчатого грохота определяется (Инструкция по расчету производственных мощностей действующих предприятий по добыче и переработке угля (сланца). Министерство топлива и энергетики Российской Федерации (Приказ от 15 июля 1993 г. № 164)):

$$Q_r = Fq,$$

где F – площадь просеивающей поверхности грохота, м²; q – удельная производительность грохота (зависит от ширины щели грохота), т/(ч · м²).

Площадь просеивающей поверхности грохотов:

$$F = L_{\text{пр.с}} B_{\text{пр.с}},$$

где $L_{\text{пр.с}}$ – длина просеивающих секций грохота № 1–№ 6 (табл. 2), м; $B_{\text{пр.с}}$ – ширина просеивающих секций грохота № 1–№ 6, м.

Конструкция струнного ступенчатого грохота предполагает рассортировку угля одновременно на параллельно установленных просеивающих секциях, поэтому зависимость производительности от габаритов ведется по наибольшей получаемой фракции (просеивающая секция 6).

Результаты расчета производительности струнного ступенчатого грохота приведены в табл. 5.

Выводы. Предложена конструкция струнного ступенчатого грохота. Построена математическая модель расчета основных параметров струнного ступенчатого грохота. Проведен расчет параметров, присущих струнному ступенчатому грохоту, – длины и ширины просеивающих секций, а также его габаритов – длины, ширины и высоты. Построены зависимости длины и высоты ССГ от количества просеивающих секций и угла наклона передней стенки.

Определена зависимость производительности струнного ступенчатого грохота от габаритов его просеивающих секций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черкасова Т. Г., Тихомирова А. В., Черкасова Е. В. Уголь – сырье для наукоемких отраслей промышленности // Уголь. 2022. № S12. С. 67–71.
2. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–сентябрь 2021 года // Уголь. 2022. № 1. С. 47–58.
3. Плакиткин Ю. А., Плакиткина Л. С., Дьяченко К. И. Уголь как основа большого цивилизационного «скачка» и новых возможностей мирового развития // Уголь. 2022. № 8. С. 77–83.
4. Coal Information 2020. Overview. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2021. 28 p.
5. Statistics report Key World Energy Statistics. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, September 2021. 80 p.
6. Астафьева О. Е. Формирование механизма устойчивого развития угольной промышленности // Уголь. 2021. № 3. С. 10–13.
7. Губанов Р. С. Способы, динамика и структура угледобычи на российских месторождениях: проблемы и решения // Известия вузов. Горный журнал. 2022. № 5. С. 25–35.
8. 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. No. 1. P. 352–364.
9. Lin J., Kahrl F., Liu X. A regional analysis of excess capacity in China's power systems // Resources, Conservation and Recycling. 2018. Vol. 129. P. 93–101.
10. Панков Д. А., Афанасьев В. Я. Добыча и потребление угля в мире: перспективы для российских экспортеров // Уголь. 2020. № 11. С. 67–70.
11. Демченко И. И., Муленкова А. О. О возможности размещения перерабатывающего оборудования в забое разреза для получения сортового угля // Известия вузов. Горный журнал. 2017. № 8. С. 26–32.
12. Fathi Salmi E. Numerical analysis of a large landslide induced by coal mining subsidence // Engineering Geology. 2017. No. 1. P. 141–152.
13. Jiuping Xu. Ecological coal mining based dynamic equilibrium strategy to reduce pollution emissions and energy consumption // Journal of Cleaner Production. 2017. No. 11. P. 514–529.
14. Струнный грохот. МПК В07В 1/12; пат. Рос. Федерация. № 2692395; заявл. 09.10.2018; опубл. 24.06.2019. Бюл. № 18. 7 с.
15. Демченко И. И., Игнатова О. С. Обоснование параметров струнного грохота // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 7. С. 31–37.

Сведения об авторах:

Демченко Игорь Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры горных машин и комплексов Сибирского федерального университета. E-mail: demtchenkoi@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-5103-4773>

Игнатова Ольга Сергеевна – старший преподаватель кафедры горных машины и комплексов Сибирского федерального университета. E-mail: ignatova.ol@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-2870-3966>

DOI: 10.21440/0536-1028-2023-3-25-35

String stepped screen design and main parameters

Igor I. Demchenko¹, Olga S. Ignatova¹¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.**Abstract**

Introduction. Obtaining energy is the most important problem of mankind. Coal-fired generation has solved, and will solve this problem in the foreseeable future due to its extensive resource base and relatively stable and low price. At the same time, the efficiency of the generating enterprises depends on the quality of the fuel supplied. For generating enterprises and domestic household using a layered method of burning fuel, it is very important to use high-grade coal, which increases the efficiency of their work. Obtaining high-grade coal, i.e. its separation by size classes is carried out by gravity screens. The advantages of the gravity screens are simple design and the absence of a drive during the sorting operation. Low sorting quality is the disadvantage. Therefore, the creation of new gravity screen designs and the development of existing ones to improve the sorting quality is of great importance.

Methods of research. The Siberian Federal University has developed a design of a string stepped screen which uses a gravitational method of sorted material separation by size classes. To introduce it to industry, it is important to know the basic design parameters inherent in the proposed design. The article offers a mathematical model for calculating string stepped screen parameters and presents the results of calculating screen dimensions depending on other changing parameters. Mathematical modeling (construction of a mathematical calculation model) and analysis for string stepped screen design have been carried out to determine its basic parameters.

Research results. A string stepped screen design is presented. A mathematical model for basic parameters calculation has been developed. Graphs have been constructed showing the dependence of the changing screen dimensions on other changing values. The string stepped screen design has been analysed.

Conclusion. Based on the conducted research, a mathematical model for string stepped screen parameters calculation is constructed. The dependences of length and height on the front wall and screening section angles are constructed. The obtained dependences will allow to determine the string stepped screen parameters for the specified values of the screened material size.

Keywords: screen; dimensions; screening sections; hopper; angle; cantilevers; hopper; rock mass.

REFERENCES

1. Cherkasova T. G., Tikhomirova A. V., Cherkasova E. V. Coal as a raw material for knowledge-intensive industries. *Ugol = Coal*. 2022; S12: 67–71. (In Russ.)
2. Tarazanov I. G. Russia's coal industry performance for January–September, 2021. *Ugol = Coal*. 2022; 1: 47–58. (In Russ.)
3. Plakitkin Iu. A., Plakitkina L. S., Diachenko K. I. Coal as the basis of a great civilization leap and new opportunities for world development. *Ugol = Coal*. 2022; 8: 77–83. (In Russ.)
4. *Coal Information 2020. Overview*. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2021.
5. *Statistics report Key World Energy Statistics*. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, September 2021.
6. Astafieva O. E. Formation of the mechanism of sustainable development of the coal industry. *Ugol = Coal*. 2021; 3: 10–13. (In Russ.)
7. Gubanov R. S. Methods, dynamics and structure of coal mining in Russian deposits: problems and solutions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2022; 5: 25–35. (In Russ.)

8. Rong Zhang. New insights into the permeability-increasing area of over-lying coal seams disturbed by the mining of coal. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2018; 1: 352–364.
9. Lin J., Kahrl F., Liu X. A regional analysis of excess capacity in China's power systems. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018; 129: 93–101.
10. Pankov D. A., Afanasiev V. Ia. Global coal production and consumption: prospects for Russian exporters. *Ugol = Coal*. 2020; 11: 67–70. (In Russ.)
11. Demchenko I. I., Mulenkova A. O. Concerning the possibility of placing the processing equipment in the face of an open pit to obtain sized coal. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2017; 8: 26–32. (In Russ.)
12. E. Fathi Salmi. Numerical analysis of a large landslide induced by coal mining subsidence. *Engineering Geology*. 2017; 1: 141–152.
13. Jiuping Xu. Ecological coal mining based dynamic equilibrium strategy to reduce pollution emissions and energy consumption. *Journal of Cleaner Production*. 2017; 11: 514–529.
14. Demchenko I. I., Ignatova O. S., Plotnikov I. I. *String screen*. RF Patent no. 2692395; 2019. (In Russ.)
15. Demchenko I. I., Ignatova O. S. Justification of string rumble parameters. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2016; 7: 31–37. (In Russ.)

Received 14 March 2023

Information about the authors:

Igor I. Demchenko – DSc (Engineering), Professor, Professor of the Mining Machines and Complexes Department, Siberian Federal University. E-mail: demtchenkoi@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-5103-4773>

Olga S. Ignatova – senior lecturer, Mining Machines and Complexes Department, Siberian Federal University. E-mail: ignatova.ol@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-2870-3966>

Для цитирования: Демченко И. И., Игнатова О. С. Конструкция и определение основных параметров струнного ступенчатого грохота // Известия вузов. Горный журнал. 2023. № 3. С. 25–35. DOI: 10.21440/0536-1028-2023-3-25-35

For citation: Demchenko I. I., Ignatova O. S. String stepped screen design and main parameters. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2023; 3: 25–35 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2023-3-25-35