



УДК 622.271.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ УГЛЕНАСЫЩЕННЫХ ЗОН НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА ПРОСТЫМИ И СЛОЖНЫМИ ЗАБОЯМИ

Тюленева Е.А.^{1,2}, Лесин Ю.В.¹, Литвин Я.О.³

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

² Прокопьевский горно-проектный институт

³ Филиал АО УК «Кузбассразрезуголь» «Моховский угольный разрез»

Аннотация.

При отработке угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса весьма важным вопросом является организация выемочно-погрузочных работ для обеспечения, с одной стороны, ритмичности работы оборудования, а с другой стороны, обеспечения его максимальной производительности и снижения внеплановых простоев. Известно, что выемка породугольной панели может производиться простым или сложным забоем, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. В данной статье выполнен расчет параметров выемочно-погрузочных работ и расчет времени отработки породных и угольных элементов панели для различных горно-геологических условий: изменяющейся мощности пласта и угла его падения. Установлено, что преобладающим типом забоя должен выступать простой забой как наиболее технологичный. Также выполнен расчет годового фонда времени, которое теряется при внеплановых простоях оборудования, оценен ущерб от недониспользования полной производительности выемочно-погрузочного комплекса.

Информация о статье

Принята 12 февраля 2019 г.

Ключевые слова: угленасыщенная зона, открытые горные работы, гидравлические экскаваторы, выемочно-погрузочные работы, организация горных работ

При работе обратных гидравлических лопат нижним черпанием необходимо, чтобы ширина площадки для размещения экскаватора (по сути, горизонтальная мощность пласта) могла обеспечить безопасную работу оборудования. С этой целью для конкретной модели экскаватора выполнен проверочный расчет возможности ее применения в различных горно-геологических условиях.

RESEARCH OF THE COAL-BEARING ZONES MINING TECHNOLOGY AT KUZBASS OPEN PITS USING SIMPLE AND COMPLEX FACES

Ekaterina A. Tyuleneva^{1,2}, Yury V. Lesin¹, Yaroslav O. Litvin³

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

² Prokopyevsk Mining and Design Institute

³ Branch of the JSC "Kuzbassrazrezugol" Mokhovsky Open Pit Mine

Article info

Received February 12, 2019

Keywords: coal-bearing zone, open pit mining, hydraulic excavators, excavation and loading operations, organization of mining process

Abstract.

When mining coal-bearing zones at Kuzbass mines, a very important issue is the organization of excavation and loading operations to ensure, on the one hand, the rhythm of equipment operation, and on the other hand, to ensure its maximum productivity and reduce unplanned downtime. It is known that the excavation of the rock-and-coal panel can be performed by simple or complex face, each of which has its own advantages and disadvantages. This article presents the calculation of the parameters of excavation and loading operations and the calculation of the time of mining rock and coal elements of the panel for various mining and geological



conditions: the changing thickness and the dip angle of coal seam. It has been established that the predominant type of face should be simple face as the most advanced technologically. Also, the calculation of the annual fund of time, which is lost during unplanned downtime of equipment, was estimated, the damage from the under-utilization of the full performance of the excavation and loading complex was assessed.

When operating the hydraulic backhoes with lower digging, the width of the platform for placing an excavator (in fact, the horizontal thickness of the coal seam) must ensure the safe operation of the equipment. To this end, a verification calculation of the possibility of its application in various geological conditions was made for the specific model of the excavator.

Введение

Угленасыщенная зона в большинстве случаев представляет собой породугольный массив, включающий свиту угольных пластов простого и сложного строения с изменяющимся значением углов падения, мощности и качеством угля. Удельный вес этой зоны в общем объеме горной массы карьерного поля составляет 72-84% [12].

Особенностью отработки угленасыщенных зон карьерных полей является наличие сложных породугольных заходок, включающих угольные пласты простого и сложного строения, разных условий залегания, отработка которых требует применения нескольких выемочно-погрузочных машин и вспомогательного оборудования [1-4, 10, 11].

В угленасыщенной зоне разреза практически невозможно выделить самостоятельные заходки по породе или углю. В пределах экскаваторной заходки встречаются пласты малой мощности не только с различными углами падения, но и с различными углами встречи их относительно забоя. В данной работе изучается «плоская задача», вопрос пространственного положения угольного пласта по отношению к подвиганию забоя не рассматривается.

Научные изыскания по решению проблем применения гидравлических экскаваторов на разрезах и повышения эффективности их работы ведутся еще с 70-х годов прошлого столетия [6-8, 15]. В последние годы из-за существенного увеличения количества гидроразрывов на разрезах Кузбасса [14, 17-20] и усложнения горно-геологических условий ведения работ возникает большое количество вопросов по оптимизации и повышению эффективности работы экскаваторных комплексов в условиях сложноструктурных месторождений, решению некоторых из них посвящена данная работа.

Материалы и методы

Разработка слоев разнородного строения производится несколькими забоями как простого, так и сложного строения (рис. 1). В дальнейшем будем именовать их простыми и сложными забоями.

При работе по сложной схеме порядок выполнения операций следующий. В первую очередь будет отработана часть породного массива по длине, не превышающей нескольких метров, то есть соответствующей рабочим параметрам (радиусу разгрузки) экскаватора, после чего экскаватор перегоняется на угольный пласт и выполняет его выемку на длину, равную длине отработанной породной части. Автосамосвал при этом устанавливается непосредственно на пласт.

Рассмотрим плюсы и минусы работы по данной схеме. К первым можно отнести непрерывность выемки угля, то есть каждую смену будет выполняться определенный объем полезного ископаемого. Однако это преимущество является достаточно условным из-за значительно большего числа недостатков. Во-первых, происходит рост времени на перегоны экскаватора на породный и угольный блок, причем в течение смены их может быть несколько. Во-вторых, при такой схеме работ необходимо подавать под погрузку как породовозы, так и углевозы, что создает сложности работы оперативно-диспетчерского управления разреза [16], задействование большего числа транспортной техники на один экскаватор и снижение производительности автосамосвалов в целом: породовозы и углевозы будут либо простаивать часть смены в ожидании своей очереди, либо будут передаваться на другие экскаваторы, что влечет за собой существенный объем холостых перегонов и рост расхода топлива.

По простой схеме работа происходит несколько иначе. Сначала определяется длина отработываемого блока по заранее выбранному фактору (обычно это время отработки блока), после

чего происходит собственно экскавация породы (по всей длине блока), а затем угля. С учетом параметров экскаватора и горно-геологических условий залегания пласта выемка как породы, так и угля может вестись несколькими слоями аналогично работе по сложной схеме.

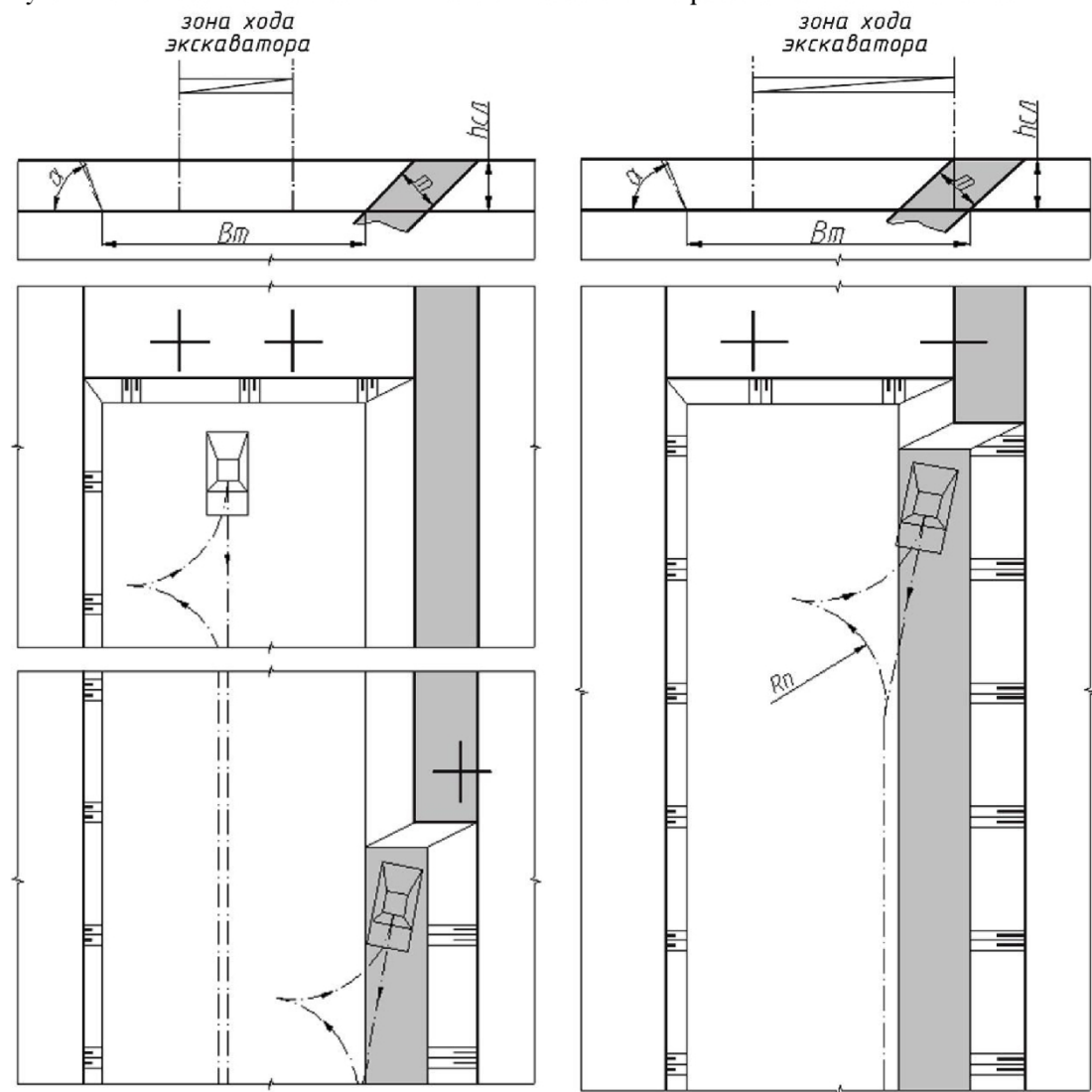


Рис. 1. Схема обработки простым (слева) и сложным (справа) забоем

Для оценки времени обработки породугольных блоков (отдельно породы и угля) выполнен расчет для следующих условий:

- 1) работа производится обратной гидравлической лопатой, имеющей расчетную производительность по породе и углю, равную 2000 м³/смену;
- 2) продолжительность смены принята равной 8 часам.

Время обработки блоков по породе ($t_{бл.п}$) и углю ($t_{бл.у}$), смен,

$$t_{бл.п} = \frac{h_{сл} \cdot l_{бл} \cdot (b_{тр} + 0,5 \cdot h_{сл} (ctg \alpha_n + ctg \phi))}{\Pi_{см.п}}; \quad (1)$$

$$t_{бл.у} = \frac{h_{сл} \cdot l_{бл} \cdot m}{\Pi_{см.у} \cdot \sin \phi}; \quad (2)$$

где $l_{бл}$ – длина обрабатываемого блока (в качестве примера принята равной 3 м); $b_{тр}$ – ширина траншеи по дну ($b_{тр} = 20$ м); $\Pi_{см.п}$ и $\Pi_{см.у}$ – соответственно сменная производительность экскаватора при разработке породы и угля.

В табл. 1 приведены показатели разработки сложного забоя, где $V_{бл.п}$ – объем породы блока, м³; $V_{бл.у}$ – объем угля блока, м³.



Таблица 1. Показатели разработки сложного забоя

m, м	φ, градус	V _{бл.п.} , м ³	t _{бл.п.}		V _{бл.у.} , м ³	t _{бл.у.}	
			смен	ч		смен	ч
3	15	450	0,225	1,8	174	0,086933	0,7
	20	413	0,206539	1,65	132	0,065786	0,53
	25	390	0,195234	1,56	106	0,05324	0,43
	30	375	0,1875	1,5	90	0,045	0,36
	35	364	0,181802	1,45	78	0,039228	0,31
	40	355	0,177369	1,42	70	0,035004	0,28
4	15	450	0,225	1,8	232	0,115911	0,93
	20	413	0,206539	1,65	175	0,087714	0,7
	25	390	0,195234	1,56	142	0,070986	0,57
	30	375	0,1875	1,5	120	0,06	0,48
	35	364	0,181802	1,45	105	0,052303	0,42
	40	355	0,177369	1,42	93	0,046672	0,37
5	15	450	0,225	1,8	290	0,144889	1,16
	20	413	0,206539	1,65	219	0,109643	0,88
	25	390	0,195234	1,56	177	0,088733	0,71
	30	375	0,1875	1,5	150	0,075	0,6
	35	364	0,181802	1,45	131	0,065379	0,52
	40	355	0,177369	1,42	117	0,05834	0,47
6	15	450	0,225	1,8	348	0,173867	1,39
	20	413	0,206539	1,65	263	0,131571	1,05
	25	390	0,195234	1,56	213	0,106479	0,85
	30	375	0,1875	1,5	180	0,09	0,72
	35	364	0,181802	1,45	157	0,078455	0,63
	40	355	0,177369	1,42	140	0,070008	0,56
7	15	450	0,225	1,8	406	0,202844	1,62
	20	413	0,206539	1,65	307	0,1535	1,23
	25	390	0,195234	1,56	248	0,124226	0,99
	30	375	0,1875	1,5	210	0,105	0,84
	35	364	0,181802	1,45	183	0,091531	0,73
	40	355	0,177369	1,42	163	0,081676	0,65
8	15	450	0,225	1,8	464	0,231822	1,85
	20	413	0,206539	1,65	351	0,175428	1,4
	25	390	0,195234	1,56	284	0,141972	1,14
	30	375	0,1875	1,5	240	0,12	0,96
	35	364	0,181802	1,45	209	0,104607	0,84
	40	355	0,177369	1,42	187	0,093343	0,75
9	15	450	0,225	1,8	522	0,2608	2,09
	20	413	0,206539	1,65	395	0,197357	1,58
	25	390	0,195234	1,56	319	0,159719	1,28
	30	375	0,1875	1,5	270	0,135	1,08
	35	364	0,181802	1,45	235	0,117683	0,94
	40	355	0,177369	1,42	210	0,105011	0,84



Анализ расчетных данных показывает, что при отработке сложного породугольного блока с вышеприведенными горно-геологическими условиями время работы породовозов может составлять 1,42-1,8 часа (85-108 минут), а углевозов – 0,37-2,09 часа (17-125 минут).

Поскольку время выемки угля практически во всех рассмотренных случаях (39 из 42) меньше, чем время выемки породы, за ограничивающий фактор целесообразно принимать время отработки угля в блоке. При определении длины блока руководствуются, например, возможностью привязки времени отработки угольного пласта к полной рабочей смене (сменам) для исключения вышеуказанных недостатков сложного забоя. Такой подход позволяет несколько упростить текущее участковое планирование и обеспечение экскаваторов необходимым количеством транспортного оборудования.

Следовательно, длина выемочного блока, выраженная из формулы (2), будет равна:

$$l_{\text{бл}} = \frac{t_{\text{бл.у}} \cdot \Pi_{\text{см.у}} \cdot \sin \phi}{h_{\text{сл}} \cdot m} \quad (3)$$

По данной формуле при известной производительности экскаватора (или вместимости ковша и соответствующих коэффициентов) и заданном времени отработки блока (кратным одной, двум или более сменам) можно определить соответствующую длину блока, который будет отработан в конкретных условиях. Из формулы (3) явно следует, что зависимости длины отработываемого блока от сменной производительности экскаватора при прочих равных условиях (мощность пласта и т.д.) будут линейными.

Сложный забой целесообразно применять в том случае, когда из-за различных причин отработка породного или угольного элемента блока невозможна. Такие технологические условия имеют место, например, при слабонаклонном залегании пластов. Условия устанавливаются на основе соотношения необходимого радиуса черпания и фактического радиуса черпания экскаватора ($R_{\text{ч}} \geq R_{\text{ч.необ}}$) при глубине черпания $h_{\text{сл}}$.

$$R_{\text{ч.необ}} = B + 0.5 \Pi_{\text{х}} + \frac{h_{\text{сл}}}{\sin \alpha'} \quad (4)$$

где B – безопасное расстояние от верхней бровки, м; $\Pi_{\text{х}}$ – ширина хода, м; $h_{\text{сл}}$ – высота отработываемого слоя; α' – угол падения пласта.

Если после выемки породы угольный пласт обнажается, то для его отработки экскаватор устанавливается на безопасном расстоянии от верхней бровки (B). Из этого положения может быть обеспечена раздельная выемка пласта начиная от нижней бровки, если радиус черпания фактический больше необходимого радиуса черпания. Если условие не выполняется, то угольный пласт отработывается сложным забоем. Подробнее о простых и сложных забоях см. [13, 21-24].

Согласно результатам расчета для наклонных пластов, при углах падения 15-24° необходимый радиус черпания превышает фактические радиусы черпания экскаваторов, применяемых на разрезах Кузбасса.

Результаты расчетов необходимого радиуса черпания экскаваторов для таких пластов представлены в таблице 2 [25]. Анализ результатов говорит о том, что в данных условиях невозможно вести работу простым забоем пятиметровыми слоями.

Таблица 2. Результаты расчета необходимого радиуса черпания

Угол падения пласта, град	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Необходимый радиус черпания, м	22,8	21,6	20,6	19,7	18,9	18,1	17,5	16,8	16,3	15,8

Результаты и обсуждение. Изучение технологии ведения выемочно-погрузочных работ при отработке пластов слабонаклонного залегания показывает, что при применяемом экскавационном оборудовании, параметры которого не обеспечивают полноту прочерпывания угля, используется слоевая разработка уступов. В частности, разработаны технологические схемы для отработки угольных пластов слоями мощностью по 2,5 метра, что приводит к росту потерь угля из-за необходимости зачистки всех выемочных слоев (рис. 2). С учетом того, что согласно [5, 9] потери при зачистке пласта составляют 0,15 м, то чем больше количество слоев, тем выше уровень потерь. В таблице 6 представлены результаты расчета потерь угля при зачистке одного слоя при средней длине заходки 300 м (в м³).

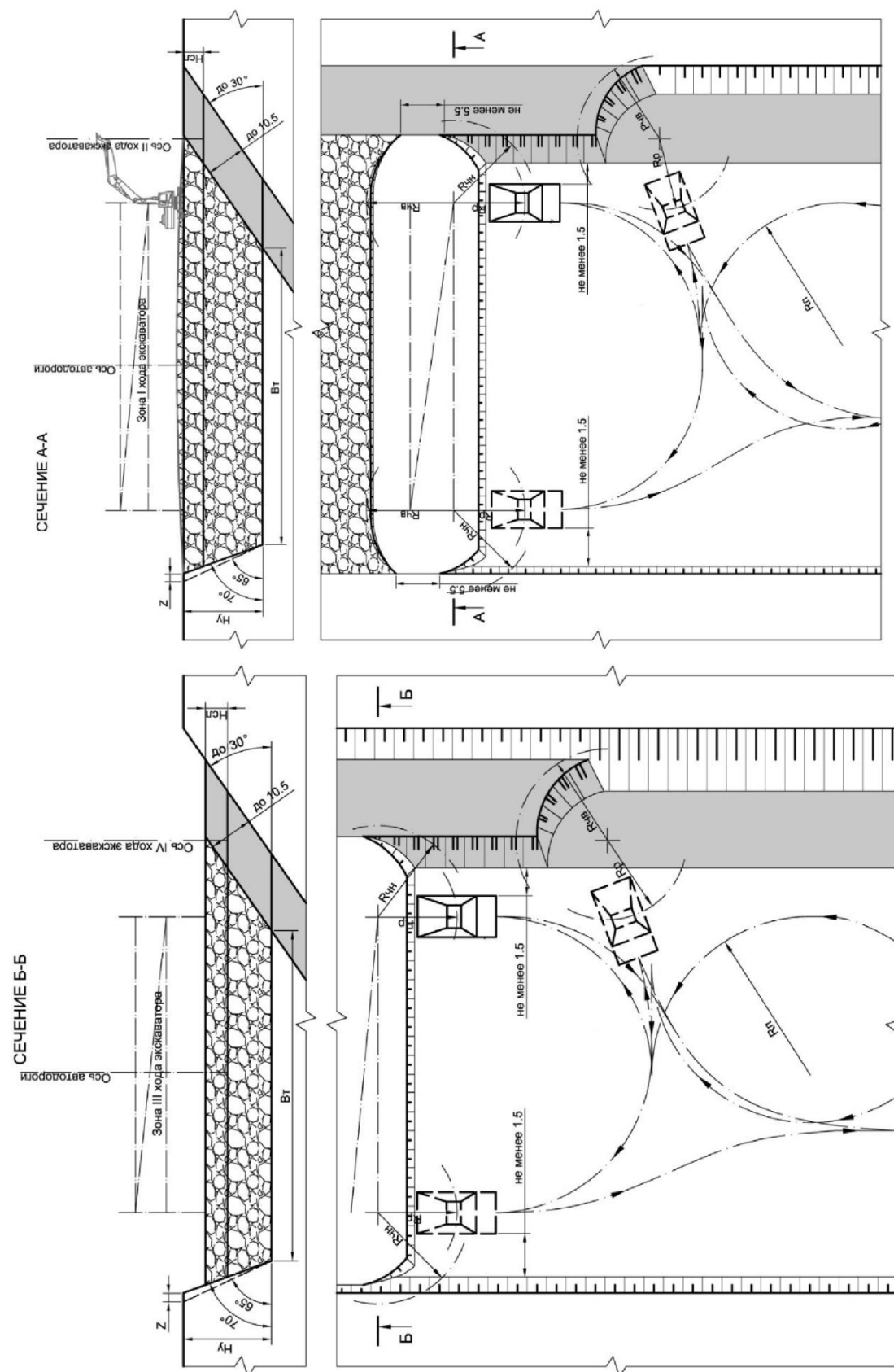


Рис. 2. Технологическая схема проходки разрезной траншеи и отработки наклонного угольного пласта слоями по 2,5 м

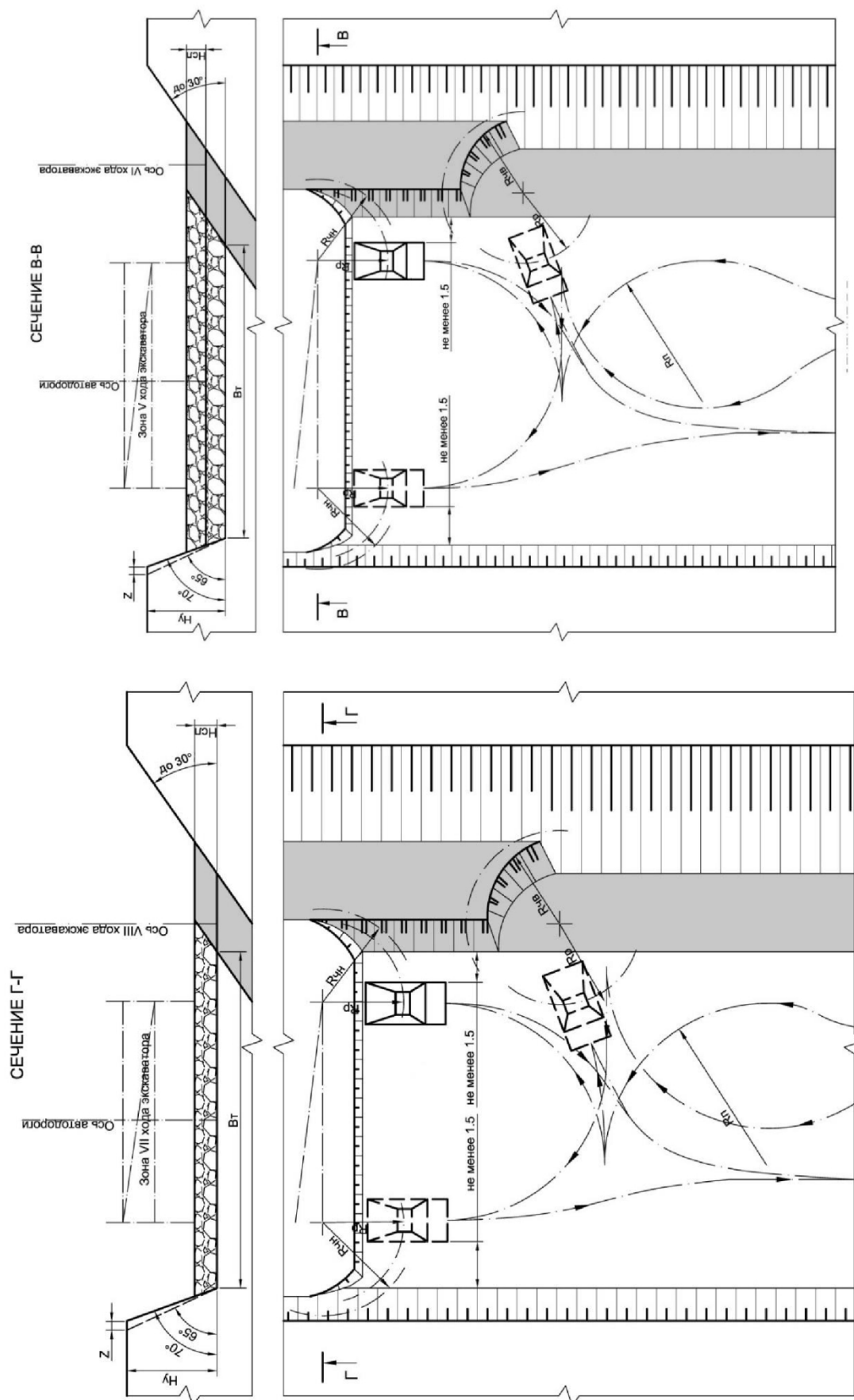


Рис. 2, окончание. Технологическая схема проходки разрезной траншеи и обработки наклонного угольного пласта слоями по 2,5 м



Таблица 3. Потери угля при зачистке, м³

мощность пласта, м	Угол падения пласта, град									
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	174	163	154	146	138	132	126	120	115	111
2	348	327	308	291	276	263	251	240	230	221
3	522	490	462	437	415	395	377	360	346	332
4	695	653	616	582	553	526	502	481	461	443
5	869	816	770	728	691	658	628	601	576	553
6	1043	980	923	874	829	789	753	721	691	664
7	1217	1143	1077	1019	968	921	879	841	806	774
8	1391	1306	1231	1165	1106	1053	1005	961	921	885
9	1565	1469	1385	1311	1244	1184	1130	1081	1037	996
10	1739	1633	1539	1456	1382	1316	1256	1201	1152	1106

На эффективность выемочно-погрузочных работ большое влияние оказывает способ установки экскаватора. При небольшой мощности пласта становится невозможной отработка нижним черпанием (ширина площадки недостаточна для размещения оборудования) второго (и последующих) слоев. В таком случае пласт отрабатывается верхним черпанием, что приводит к увеличению длительности цикла экскавации и снижению производительности. При мощности пласта, достаточной для размещения оборудования, слои отрабатываются нижним черпанием с нижней погрузкой в автосамосвалы, что обеспечивает максимальную производительность обратных гидравлических лопат.

Минимальная ширина площадки для установки экскаватора вблизи откоса уступа определяется по формуле [16]:

$$Ш_{pk} = 0,5 \cdot Ш_x + B + R_k + C, \quad (5)$$

где $Ш_x$ – ширина хода, м; B – безопасное расстояние от верхней бровки уступа, м; R_k – радиус вращения кузова, м; C – безопасный зазор, м.

Среднее значение минимальной ширины площадки для установки экскаватора для оборудования, применяемого на разрезах Кузбасса, составляет 10 м.

Результаты расчета ширины площадки при различной мощности пластов приведены в таблицах 4-8.

Таблица 4. Ширина площадки для установки экскаватора на кровле, м (отработка наклонных пластов с углом падения 15-30°)

m, м	угол падения пласта, град															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3,9	3,6	3,4	3,2	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0
2	7,7	7,3	6,8	6,5	6,1	5,8	5,6	5,3	5,1	4,9	4,7	4,6	4,4	4,3	4,1	4,0
3	11,6	10,9	10,3	9,7	9,2	8,8	8,4	8,0	7,7	7,4	7,1	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0
4	15,5	14,5	13,7	12,9	12,3	11,7	11,2	10,7	10,2	9,8	9,5	9,1	8,8	8,5	8,3	8,0
5	19,3	18,1	17,1	16,2	15,4	14,6	14,0	13,3	12,8	12,3	11,8	11,4	11,0	10,7	10,3	10,0
6	23,2	21,8	20,5	19,4	18,4	17,5	16,7	16,0	15,4	14,8	14,2	13,7	13,2	12,8	12,4	12,0
7	27,0	25,4	23,9	22,7	21,5	20,5	19,5	18,7	17,9	17,2	16,6	16,0	15,4	14,9	14,4	14,0
8	30,9	29,0	27,4	25,9	24,6	23,4	22,3	21,4	20,5	19,7	18,9	18,2	17,6	17,0	16,5	16,0
9	34,8	32,7	30,8	29,1	27,6	26,3	25,1	24,0	23,0	22,1	21,3	20,5	19,8	19,2	18,6	18,0
10	38,6	36,3	34,2	32,4	30,7	29,2	27,9	26,7	25,6	24,6	23,7	22,8	22,0	21,3	20,6	20,0



Таблица 5. Ширина площадки для установки экскаватора на кровле, м (отработка наклонных пластов с углом падения 31°-45°)

Мощность пласта, м	угол падения пласта, град														
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
1	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
2	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8
3	5,8	5,7	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2
4	7,8	7,5	7,3	7,2	7,0	6,8	6,6	6,5	6,4	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7
5	9,7	9,4	9,2	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,8	7,6	7,5	7,3	7,2	7,1
6	11,6	11,3	11,0	10,7	10,5	10,2	10,0	9,7	9,5	9,3	9,1	9,0	8,8	8,6	8,5
7	13,6	13,2	12,9	12,5	12,2	11,9	11,6	11,4	11,1	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9
8	15,5	15,1	14,7	14,3	13,9	13,6	13,3	13,0	12,7	12,4	12,2	12,0	11,7	11,5	11,3
9	17,5	17,0	16,5	16,1	15,7	15,3	15,0	14,6	14,3	14,0	13,7	13,5	13,2	13,0	12,7
10	19,4	18,9	18,4	17,9	17,4	17,0	16,6	16,2	15,9	15,6	15,2	14,9	14,7	14,4	14,1

Таблица 6. Ширина площадки для установки экскаватора на кровле, м (отработка крутых пластов с углом падения 46°-60°)

Мощность пласта, м	угол падения пласта, град														
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
2	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3
3	4,2	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5
4	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6
5	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,3	6,2	6,1	6,0	6,0	5,9	5,8	5,8
6	8,3	8,2	8,1	8,0	7,8	7,7	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,2	7,1	7,0	6,9
7	9,7	9,6	9,4	9,3	9,1	9,0	8,9	8,8	8,7	8,5	8,4	8,3	8,3	8,2	8,1
8	11,1	10,9	10,8	10,6	10,4	10,3	10,2	10,0	9,9	9,8	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2
9	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	11,6	11,4	11,3	11,1	11,0	10,9	10,7	10,6	10,5	10,4
10	13,9	13,7	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7	12,5	12,4	12,2	12,1	11,9	11,8	11,7	11,5

Таблица 7. Ширина площадки для установки экскаватора на кровле, м (отработка крутых пластов с углом падения 61°-75°)

Мощность пласта, м	угол падения пласта, град														
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	70	72	73	74	75
1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
3	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1
4	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1
5	5,7	5,7	5,6	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2
6	6,9	6,8	6,7	6,7	6,6	6,6	6,5	6,5	6,4	6,4	6,3	6,3	6,3	6,2	6,2
7	8,0	7,9	7,9	7,8	7,7	7,7	7,6	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,2
8	9,1	9,1	9,0	8,9	8,8	8,8	8,7	8,6	8,6	8,5	8,5	8,4	8,4	8,3	8,3
9	10,3	10,2	10,1	10,0	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,6	9,5	9,5	9,4	9,4	9,3
10	11,4	11,3	11,2	11,1	11,0	10,9	10,9	10,8	10,7	10,6	10,6	10,5	10,5	10,4	10,4



Таблица 8. Ширина площадки для установки экскаватора на кровле, м (отработка крутых пластов с углом падения 76°-90°)

Мощность пласта, м	угол падения пласта, град														
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
5	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
6	6,2	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
7	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
8	8,2	8,2	8,2	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
9	9,3	9,2	9,2	9,2	9,1	9,1	9,1	9,1	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
10	10,3	10,3	10,2	10,2	10,2	10,1	10,1	10,1	10,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Согласно расчетам:

- пласты с углами падения 15-17° и мощностью менее 3 м не могут обрабатываться нижним черпанием;
- пласты с углами падения 18-23° и мощностью менее 4 м не могут обрабатываться нижним черпанием;
- пласты с углами падения 24-30° и мощностью менее 5 м не могут обрабатываться нижним черпанием;
- пласты с углами падения 31-37° и мощностью менее 6 м не могут обрабатываться нижним черпанием;
- пласты с углами падения 38-44° и мощностью менее 7 м не могут обрабатываться нижним черпанием;
- пласты с углами падения 45-53° и мощностью менее 8 м не могут обрабатываться нижним черпанием;
- пласты с углами падения 54-64° и мощностью менее 9 м не могут обрабатываться нижним черпанием;
- пласты с углами падения 65-90° и мощностью менее 10 м не могут обрабатываться нижним черпанием.

Отработка нижним черпанием невозможна, т.к. ширина горизонтальной площадки недостаточна для размещения оборудования. Соответственно, данные пласты возможно обрабатывать либо простым верхним черпанием (со сниженной производительностью), либо сложным забоем.

На эффективность выемочно-погрузочных работ влияет организация работы карьерного транспорта. При отработке угленасыщенной зоны автосамосвалы вынуждены работать с экскаваторами меньшей производительности и в более стесненных условиях.

С учетом этого эффективные соотношения вместимости ковша обратных гидравлических лопат и грузоподъемности автосамосвала находятся в пределах 4-6 [1, 2, 11]; 3,7-5,43 [12].

Производительность экскаватора снижается за счет плановых и неплановых простоев. Во время рабочей смены экскаватор простаивает во время обмена автосамосвалов. В среднем время обмена составляет 1 мин, в этот промежуток времени экскаватор совершает черпание (~30 с) и с наполненным ковшом ожидает автосамосвал (~30 с). Результаты расчета простоев экскаватора (на примере применяемого оборудования в Кузбассе) за год по причине ожидания автосамосвалов приведены в таблице 9.



Таблица 9. Годовые простои экскаватора по причине ожидания обмена автосамосвалов

Показатели	Вместимость ковша экскаватора, м ³							
	2,5	2,5	2,8	2,8	3,1	3,1	4	4
Грузоподъемность автосамосвала, т	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0
Количество циклов при погрузке	10,0	12,0	9,0	10,0	8,0	9,0	6,0	7,0
Время погрузки 1 единицы, мин	5,0	6,0	4,5	5,0	4,0	4,5	3,0	3,5
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, ч/год	497,5	420,9	547,2	497,5	608,0	547,2	781,7	684,0
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, смен/год	78,5	66,5	86,4	78,5	96,0	86,4	123,4	108,0
Время простоя в % от рабочего времени за год	9,1	7,7	10,0	9,1	11,1	10,0	14,3	12,5
Грузоподъемность автосамосвала, т	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0
Количество циклов при погрузке	6,0	7,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0
Время погрузки 1 единицы, мин	3,0	3,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, ч/год	781,7	684,0	912,0	912,0	912,0	912,0	1094,4	1094,4
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, смен/год	123,4	108,0	144,0	144,0	144,0	144,0	172,8	172,8
Время простоя в % от рабочего времени за год	14,3	12,5	16,7	16,7	16,7	16,7	20,0	20,0

Для отработки сложных породугольных заходов в Кузбассе используются обратные гидравлические лопаты с ковшом небольшой вместимости с погрузкой преимущественно в БелАЗ-7547 (7555D). Исходя из эффективного соотношения грузоподъемности автосамосвала и вместимости ковша экскаватора, при отработке экскаваторами с небольшой вместимостью ковша следует применять транспортное средство меньшей грузоподъемности.

В линейке автосамосвалов БелАЗ серия с минимальной грузоподъемностью – 7540 (30 т), наибольшая эффективность которой достигается при работе с экскаваторами вместимостью ковша 4-8 м³. Соответственно, целесообразно обновление автопарка, приобретение самосвалов меньшей грузоподъемности.

Автосамосвалы зарубежных фирм, к примеру, Komatsu, обладают меньшими геометрическими параметрами при той же грузоподъемности, что положительно влияет на параметры забоя. Также зарубежные фирмы представляют более широкую линейку автосамосвалов меньшей грузоподъемности и, например, шарнирно-сочлененные автосамосвалы, обладающие большей маневренностью.

В таблице 10 приведены результаты сравнения минимальной ширины рабочей площадки при тупиковом развороте автосамосвалов БелАЗ и Komatsu.



Таблица 10. Сравнение минимальной ширины рабочей площадки при тупиковом развороте автосамосвала

Показатели	автосамосвал							
	БелАЗ	Komatsu	БелАЗ	Komatsu	БелАЗ	Komatsu	БелАЗ	Komatsu
Грузоподъемность, т	30-32		40-45		55		90-91	
Радиус поворота, м	8,7	7,2	10,2	7,2	9,0	8,5	11,0	9,9
Минимальная ширина рабочей площадки $Ш_{rp}=2,5R_n+2C$ (по СНиП)	24,75	21,0	28,5	21,0	25,5	24,25	30,5	27,75

Выводы.

Анализ выемочно-погрузочных работ по Кузбассу показал, что отработка угленасыщенной зоны в основном производится обратными гидравлическими лопатами с погрузкой в автосамосвалы. Данной работой были определены границы применения простого и сложного забоя. В качестве основного принимается раздельный способ выемки элементов простыми забоями. Сложные забои должны применяться только по необходимости.

Отработке сложным забоем подлежат наклонные пласты с углами падения 15-24°, а также пласты малой мощности по причине недостаточной ширины площадки для размещения оборудования.

Пласты, подлежащие отработке сложным забоем по недостаточной ширине площадки								
угол падения, град	15-17	18-23	24-30	31-37	38-44	45-53	54-64	65-90
мощность, м	<3	<4	<5	<6	<7	<8	<9	<10
Пласты, подлежащие отработке сложным забоем по условию $R_n > R_{необ}$								
угол падения, град	15-24							

Анализ выемочно-погрузочных работ по Кузбассу показал, что при невозможности отработки простым забоем применяется послойная отработка уступов, что в свою очередь ведет к потерям при зачистке слоев и к усложнению организации работ.

При отработке сложным забоем минимальная ширина рабочей площадки определяется по условию тупикового разворота автосамосвала, при простом забое ширина рабочей площадки определяется по условию тупикового разворота автосамосвала в разрезной траншее и горизонтальной мощности пласта. Таким образом, применение сложного забоя ведет к сокращению объемов разрезных траншей, т.е. к снижению текущего коэффициента вскрыши.

С другой стороны, уменьшение ширины рабочих площадок при отработке сложным забоем дает возможность вести работы сразу на нескольких смежных горизонтах, что, впрочем, может привести к уменьшению угла откоса рабочего борта и, соответственно, к увеличению текущего коэффициента вскрыши. Для ликвидации этого необходимо дополнительное изучение данного вопроса и разработка рекомендаций по применению сложного забоя.

Проведенный анализ показал необходимость обновления автопарка, приобретения автосамосвалов импортного производства, обладающих меньшими габаритами по сравнению с БелАЗами, автосамосвалов меньшей грузоподъемности. Обновление автопарка положительно повлияет на параметры забоя и повысит эффективность выемочно-погрузочных работ.

В среднем 5% рабочего времени экскаватора уходит на простои по причине обмена автосамосвалов. Эту цифру можно уменьшить, если применять схему двухстороннего подъезда автосамосвалов на погрузку. Также возможно применение попеременной погрузки автосамосвалов верхним и нижним черпанием, этот вопрос в данной работе не рассматривался и требует дальнейших исследований.



Список источников

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Производственные процессы. – М., Недра, 1985. – Ч.1. – 509 с.
2. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. – М., Недра, 1985. – Ч.2. – 549 с.
3. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М.: Недра, 1982. – 405 с.
4. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – Челябинск, НИИОГР, 1992. – 328 с.
5. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007. № 37-р. – Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2007. – 34 с.
6. Рыбаков, Б.Н. О создании карьерных гидравлических обратных лопат // Б.Н. Рыбаков, Б.Н. Лоханов, Н.Н. Мельников / Уголь. – 1978. – №11. – С. 38-42.
7. Сатовский, Б.И. О создании карьерных гидравлических экскаваторов / Б.И. Сатовский, Н.Н. Мельников, Л.С. Скобелев, В.Н. Штейнцвайг // Горный журнал. – 1977. – №5. – С. 41-45.
8. Штейнцвайг, Р.М. Методика выбора рациональной технологии отработки забоя карьерным гидравлическим экскаватором: Науч. тр. / ИГД им. А.А. Скочинского. – Люберцы, 1979. – 28 с.
9. Указания по нормированию, планированию и экономической оценке потерь угля в недрах по Кузнецкому бассейну: Открытые работы: Утв. концерном «Кузбассразрезуголь» 18.12.90. – Л.: ВНИМИ, 1991. – 25 с.
10. Репин Н.Я., Репин Л.Н. Выемочно-погрузочные работы: Учеб. пособие. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 267 с.
11. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технологические процессы открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. – 448 с.
12. Колесников В.Ф., Корякин А.И., Стрельников А.В. Технология ведения выемочных работ с применением гидравлических экскаваторов / Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. – 144 с.
13. Litvin O., Tyuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit // E3S Web of Conf., 2018. – Vol. 41. – 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101020
14. Литвин, О.И. Обоснование рациональных технологических параметров производства вскрышных работ обратными гидравлическими лопатами на разрезах Кузбасса: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2012. – 119 с.
15. Рыбаков, Б.Н. Исследование и обоснование технико-технологических условий обеспечения полноты выемки пластов угля на карьерах Кузбасса / Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М.: МГИ, 1980. – 22 с.
16. Стрельников, А.В. Обоснование структур слоевых технологических схем угленасыщенных зон разрезов Кузбасса обратными гидравлическими лопатами: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2012. – 152 с.
17. Tyulenev M.A., Khoreshok A.A., Garina E.A., Danilov S.N., Zhironkin S.A. Adaptive Technology of Using Backhoes for Full Coal Extraction // Proceedings of the 8th Russian-Chinese Symposium Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety. – 2016. – Vol. 92. – pp. 111-115.
18. Самозадов, А.В. Основные тенденции развития экскаваторно-автомобильных комплексов / А.В. Самозадов, Н.И. Паладеева, А.А. Беликов // Горная Промышленность. – 2009. – №4. – С. 20-23.
19. Мерзляков, В.Г. Опыт применения карьерных гидравлических экскаваторов Komatsu Mining Germany на предприятиях России / В.Г. Мерзляков, Б.В. Слесарев, В.М. Штейнцвайг // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – №5. – С. 15-20.
20. Подэрни, Р.Ю. Мировой рынок поставок современного выемочно-погрузочного оборудования для открытых горных работ / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №2. – С. 148-167.
21. Тюленев, М.А. Матричный метод идентификации схем забоев обратных гидравлических лопат / Тюленев М.А., В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S10. – С. 34-41.
22. Tyulenev M., Zhironkin S., Tyuleneva E., Abay A., Anyona S., Hellmer M. The calculation of coal losses in open pit faulted areas // Coal International. – 2017. – Vol. 265(3). – P. 30-34.
23. Федотов, А.А. Некоторые результаты расчета потерь угля при отработке дизъюнктивных нарушений / А.А. Федотов, Е.А. Гарина, Д.А. Кокурин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 6 (118). – С. 15-24.



24. Tyulenev M.A., Garina E.A., Zhironkin S.A. The method of coal losses reducing at mining by shovels / International Journal of Mining and Mineral Engineering. – 2016. Vol. 7(4). – P. 363-370.

25. Кантович Л.И., Литвин О.И., Хорешок А.А., Тюленева Е.А. Опыт и перспективы применения гидравлических экскаваторов при отработке угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 152–160. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-152-160.

References

1. Rzhetskij V.V. Otkrytye gornye raboty. Proizvodstvennyye processy. – M., Nedra, 1985. – CH.1. – 509 s.
2. Rzhetskij V.V. Otkrytye gornye raboty. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya. – M., Nedra, 1985. – CH.2. – 549 s.
3. Tipovye tekhnologicheskie skhemy vedeniya gornyh rabot na ugol'nyh razrezakh. – M.: Nedra, 1982. – 405 s.
4. Tipovye tekhnologicheskie skhemy vedeniya gornyh rabot na ugol'nyh razrezakh. – CHelyabinsk, NII OGR, 1992. – 328 s.
5. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu Klassifikatsii zapasov mestorozhdenij i prognoznnykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Ugli i goryuchie slancy. Uтверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007. № 37-р. – Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2007. – 34 s.
6. Rybakov, B.N. O sozdaniy kar'ernykh gidravlicheskih obratnykh lopat // B.N. Rybakov, B.N. Lohanov, N.N. Mel'nikov / Ugol'. – 1978. – №11. – S. 38-42.
7. Satovskij, B.I. O sozdaniy kar'ernykh gidravlicheskih ehkskavatorov / B.I. Satovskij, N.N. Mel'nikov, L.S. Skobelev, V.N. SHtejncajg // Gornyj zhurnal. – 1977. – №5. – S. 41-45.
8. SHtejncajg, R.M. Metodika vybora racional'noj tekhnologii otrabotki zaboya kar'ernym gidravlicheskim ehkskavatorom: Nauch. tr. / IGD im. A.A. Skochinskogo. – Lyubercy, 1979. – 28 s.
9. Ukazaniya po normirovaniyu, planirovaniyu i ehkonomicheskoy ocenke poter' uglya v nedrah po Kuzneckomu bassejnu: Otkrytye raboty: Utv. koncernom «Kuzbassrazrezugol'» 18.12.90. – L.: VNIMI, 1991. – 25 s.
10. Repin N.YA., Repin L.N. Vyemochno-pogruzochnye raboty: Ucheb. posobie. – 2-e izd., ster. – M.: Izd-vo «Gornaya kniga», 2012. – 267 s.
11. Anistratov YU.I., Anistratov K.YU. Tekhnologicheskie processy otkrytyh gornyh rabot. – M.: OOO «NTC «Gornoe delo», 2008. – 448 s.
12. Kolesnikov V.F., Koryakin A.I., Strel'nikov A.V. Tekhnologiya vedeniya vyemochnyh rabot s primeneniem gidravlicheskih ehkskavatorov / Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2008. – 144 s.
13. Litvin O., Tyuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit // E3S Web of Conf., 2018. – Vol. 41. – 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101020
14. Litvin, O.I. Obosnovanie racional'nykh tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva vskryshnyh rabot obratnymi gidravlicheskim lopatami na razrezakh Kuzbassa: dis. ... kand. tekhn. nauk. – Kemerovo, 2012. – 119 s.
15. Rybakov, B.N. Issledovanie i obosnovanie tekhniko-tekhnologicheskikh uslovij obespecheniya polnoty vyemki plastov uglya na kar'erah Kuzbassa / Avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk. – M.: MGI, 1980. – 22 s.
16. Strel'nikov, A.V. Obosnovanie struktur sloevykh tekhnologicheskikh skhem uglenasyshchennykh zon razrezov Kuzbassa obratnymi gidravlicheskim lopatami: dis. ... kand. tekhn. nauk. – Kemerovo, 2012. – 152 s.
17. Tyulenev M.A., Khoreshok A.A., Garina E.A., Danilov S.N., Zhironkin S.A. Adaptive Technology of Using Backhoes for Full Coal Extraction // Proceedings of the 8th Russian-Chinese Symposium Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety. – 2016. – Vol. 92. – pp. 111-115.
18. Samolazov, A.V. Osnovnye tendentsii razvitiya ehkskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov / A.V. Samolazov, N.I. Paladeeva, A.A. Belikov // Gornaya Promyshlennost'. – 2009. – №4. – S. 20-23.
19. Merzlyakov, V.G. Opyt primeneniya kar'ernykh gidravlicheskih ehkskavatorov Komatsu Mining Germany na predpriyatiyah Rossii / V.G. Merzlyakov, B.V. Slesarev, V.M. SHtejncajg // Gornoe oborudovanie i ehlektromekhanika. – 2013. – №5. – S. 15-20.
20. Podehrni, R.YU. Mirovoj rynek postavok sovremennogo vyemochno-pogruzochnogo oborudovaniya dlya otkrytyh gornyh rabot / Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2015. – №2. – S. 148-167.
21. Tyulenev, M.A. Matrichnyj metod identifikatsii skhem zaboev obratnykh gidravlicheskih lopat / Tyulenev M.A., V.G. Pronoza, A.V. Strel'nikov // Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2011. – № S10. – S. 34-41.
22. Tyulenev M., Zhironkin S., Tyuleneva E., Abay A., Anyona S., Hellmer M. The calculation of coal losses in open pit faulted areas // Coal International. – 2017. – Vol. 265(3). – P. 30-34.
23. Fedotov, A.A. Nekotorye rezul'taty rascheta poter' uglya pri otrabotke diz'yunktivnykh narushenij / A.A. Fedotov, E.A. Garina, D.A. Kokurin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2016. – № 6 (118). – S. 15-24.



24. Tyulenev M.A., Garina E.A., Zhironkin S.A. The method of coal losses reducing at mining by shovels / International Journal of Mining and Mineral Engineering. – 2016. Vol. 7(4). – P. 363-370.

25. Kantovich L.I., Litvin O.I., Horeshok A.A., Tyuleneva E.A. Opyt i perspektivy primeneniya gidravlicheskikh ehkskavatorov pri otrabotke uglenasyschennykh zon na razrezakh Kuzbassa // Gornyj informacionno-analiticheskiy byulleten'. – 2019. – No 4. – S. 152–160. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-152-160.

Авторы

Тюленева Екатерина Александровна,
аспирант кафедры маркшейдерского дела и геологии
e-mail: garina_e@mail.ru
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
руководитель группы, отдел открытых горных работ
Прокопьевский горно-проектный институт

Лесин Юрий Васильевич,
доктор технических наук,
профессор кафедры маркшейдерского дела и геологии,
e-mail: lyuv.geo@kuzstu.ru
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Литвин Ярослав Олегович,
кандидат технических наук,
директор
e-mail: insomnia@list.ru
Филиал АО УК «Кузбассразрезуголь» «Моховский угольный разрез»

Библиографическое описание статьи

Тюленева, Е.А. Исследование технологии отработки угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса простыми и сложными забоями / Е.А. Тюленева, Ю.В. Лесин, Я.О. Литвин // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 1 (4). – С. 35-49.

Authors

Ekaterina A. Tyuleneva,
Graduate Student of the Surveying and Geology Department
e-mail: garina_e@mail.ru
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Team Leader, Open Pit Mining Department
Prokopyevsk Mining and Design Institute

Yury V. Lesin,
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Surveying and Geology Department
e-mail: lyuv.geo@kuzstu.ru
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Yaroslav O. Litvin,
Candidate of Technical Sciences,
Director
e-mail: insomnia@list.ru
Branch of the JSC “Kuzbassrazrezugol” Mokhovsky Open Pit Mine

Cite this article

Tyuleneva, E.A., Lesin, Yu.V., and Litvin, Ya.O. (2019) Research of the coal-bearing zones' mining technology at Kuzbass open pits using simple and complex faces, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 1(4):35.