Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института, том XXXII, вып. 1, 1954 г.

ВЛИЯНИЕ ШТАНГОВОГО АППАРАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОМБАЙНА «ДОНБАСС» В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ № 32 «ПОДЪЕМНАЯ»

Канд. техн. наук Г. А. Недолуженко

Характеристика условий работы комбайна

Шахта № 32 треста Снежнянантрацит, где производились замеры, разрабатывает пласт H_8 — Фоминский общей мощностью 1,08—1,10 *м*. Угол падения пласта 15°. Управление кровлей — частичная закладка. Длина лавы 167 *м*. Режим работы трехсменный: две смены добычные и одна подготовительная.

Пласт H_8 обычно относится к антрацитам средней крепости. Однако наличие ясно выраженного кливажа и отжима угольного массива с опускающейся кровлей позволяет отнести его по зарубаемости к нижесредней крепости: на зарубку 1 $м^2$ расходуется 0,04—0,05 шт. победитовых зубков типа КМЗ-1.

В лаве работал комбайн «Донбасс». Общая длина бара 1,6 *м*; полезная — 1,45 *м*; высота 0,83 *м*. На штанге — три диска, так как антрацит вязок и целик, вырезанный кольцевым баром, не разрушается на транспортабельные куски. Режущая цепь набрана по схеме семилинейной «елочки» с увеличенным числом зубков в крайних положениях. Замеры производились в начале цикла (у откаточного штрека). Все зубки в режущей цепи были заправлены и установлены согласно схеме. Клеваки на штанге и зубки на дисках изготовлены из углеродистой стали и армированы твердым сплавом Т-590.

Режим работы штангового аппарата

Кольцевой бар комбайна «Донбасс» подрезает пласт с трех сторон.

При работе комбайна на вязких пластах вырезанная кольцевым баром пачка угля образует консоль, которая прочно удерживается в массиве и не разрушается на транспортабельные куски даже при значительной ее длине.

Учитывая, что штанга размещена от кольцевого бара на расстоянии 100 *мм* (от зубков кольцевого бара на 500 *мм*), а диски выпуклостью входят в бар на 230—300 *мм* (в зависимости от диаметра дисков), клеваки штанги и диски разрезают эту консоль на ряд консолей меньшего сечения (в зависимости от высоты кольцевого бара и числа дисков, установленных на штанге, рис. 1, *а*). Эти консоли также прочно удерживаются в массиве. Пройдя штангу, достигнув определенной длины, они отламываются большими кусками под действием собственного веса, чем осложняют работу грузчика.

Вследствие вязкости пласта клеваки штанги прорезают в консоли канавки, между которыми остаются целички угля. При продвижении комбайна целички упираются в штангу и ступицы дисков (рис. 1, *б*), вызывая резкое увеличение сил сопротивления движению комбайна. Это, в свою очередь, приводит к частым неполадкам комбайна, т. е. к снижению его производительности.

Отметим, что целички не могут быть срезаны клеваками, так как штанга не имеет осевых возвратно-поступательных движений.

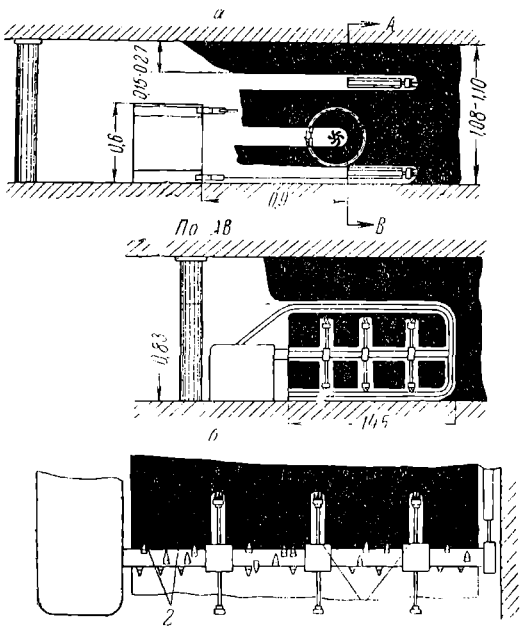


Рис. Схема работы комбайна «Донбасс» на шахте № 32:

1 — корпус комбайна; места упора угля; *2* — *3* — ступицы дисков

Таким образом, клеваки штанги и зубки разрезных дисков участвуют в разрушении пачки угля, вырезанной кольцевым баром, воздействуют на пласт антрацита, снимают стружки определенной глубины h. Глубина стружки зависит от скорости подачи $v_п$ комбайна, числа оборотов штанги n и числа клеваков z, расположенных в поперечном сечении штанги.

На шахте № 32 комбайн работал на первой и второй скоростях подачи, число оборотов штанги $n = 87$ об/мин и число клеваков в одном поперечном сечении штанги $z = 1$ шт., следовательно, максимальная глубина стружки при $v_п = 0{,}27$ *м/мин*

$$h = \frac{1000 v_п}{nz} = 3{,}1 \text{ мм},$$

а при $v_п = 0{,}54$ *м/мин*

$$h = \frac{1000 v_п}{nz} = 6{,}2 \text{ мм}.$$

Так как зубки разрезных дисков закреплены в однозубковых кулачках по окружности диска с разными углами наклона, не повторяющимися по окружности диска, и имеют одинаковое число оборотов со штангой, глубина внедрения одного зубка равна глубине стружки, снимаемой одним клеваком. Сравнивая глубину внедрения зубка режущей цепи кольцевого бара с глубиной внедрения клевака и зубка диска, при тех же условиях, получим: цепь семилинейная $n = 7$; двухзубковые кулачки в звене отсутствуют ($p = 0$); шаг цепи $l = 150$ *мм*; скорость резания $v_р = 128$ *м/мин*.

Глубина стружки при $v_п = 0{,}27$ *м/мин*

$$h = (n - p)\, l \frac{v_п}{v_р} = 2{,}21 \text{ мм},$$

а при $v_п = 0{,}54$ *м/мин*

$$h = 4{,}43 \text{ мм}.$$

Поскольку консоль угля, вырезанная кольцевым баром комбайна, выходит из бара не нарушенной, клеваки штанги и зубки разрезных дисков соприкасаются с этой консолью, внедряются в нее и снимают стружку, глубина которой будет немногим больше глубины стружки

режущей цепи кольцевого бара, что обеспечивается меньшим числом оборотов штанги. Поэтому штыб, получаемый от штангового аппарата, несколько крупнее штыба, получаемого от режущей цепи кольцевого бара.

В связи с этим, несмотря на выгодное условие для работы кольцевого бара и штангового аппарата в зоне отжатого угля, клеваки штанги и, тем более, зубки разрезных дисков работают на резание, а не на от-

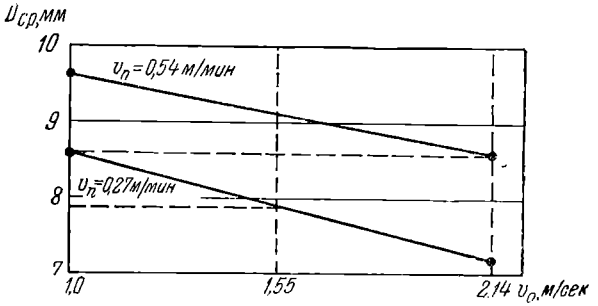


Рис. 2. Зависимость между скоростью резания и крупностью зарубного штыба

бойку угля. В результате штанга и диски являются по режиму работы не отбойными органами комбайна, а режущими, и разрушение вырезанной кольцевым баром пачки угля происходит за счет сил тяжести (рис. 1).

Мощность, расходуемая на резание угля, связана с целым рядом факторов и в различных условиях различна. Прежде всего она зависит

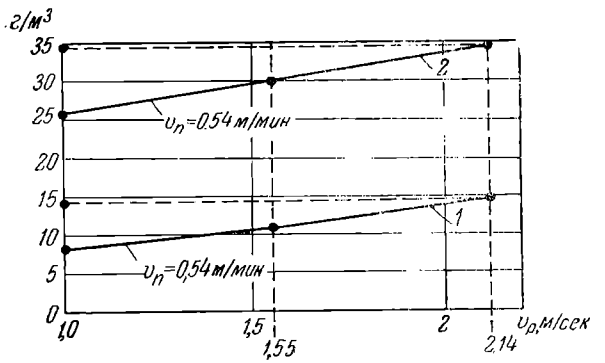


Рис. 3. Зависимость между количеством угольной пыли в воздухе и скоростью резания:
1 — с орошением; 2 — без орошения

от свойств и крепости угля, состояния зубков и клеваков, а также от скорости резания и подачи. Только определенное сочетание скорости подачи и резания в каждом отдельном случае даст наиболее эффективный режим работы комбайна.

На шахте № 32 при одной и той же скорости подачи комбайна «Донбасс» и с переходом со скорости резания 2,14 на 1 *м/сек* средний размер угольного зерна увеличивается на 34% (рис. 2), а содержание угольной пыли в воздухе уменьшается (рис. 3) на 50% [1]. Существенных изменений в загрузке электродвигателя при этом не наблюдается.

На других пластах с уменьшением скорости резания до 1 *м/сек* средний размер угольного зерна увеличивается на 20,4%, а количество угольной пыли уменьшается на 40%. При этом полезная мощность на валу электродвигателя уменьшается на 21,5%, а на некоторых пластах (при увеличении скорости подачи) на 30—40% [1]. Такое снижение расхода мощности ведет к увеличению возможной производительности комбайна.

Во время работы в лаве комбайн часто выходит из строя. Данные хронометражных наблюдений над работой лавы за июнь 1952 г. показывают, что простои лавы из-за неполадок комбайна составляют 14,4% общего времени работы лавы.

При исследовании работы комбайна измерялись мощность, потребляемая электродвигателем, и тяговые усилия на канате. Кроме того, производился ситовый анализ состава отбитого антрацита.

Нагрузка электродвигателей

Электроизмерения производились с целью определения мощности, потребляемой электродвигателем при различных режимах работы штангового аппарата комбайна.

При работе комбайна «Донбасс» замеры производились без отделения грузчика и снятия расштыбовщика. Замеры мощности, потребляемой электродвигателями комбайна, и усилий в тяговом канате проводились в нижней части лавы, на участке 15 *пог. м* при переменных скоростях подачи и постоянной скорости резания. Для каждой скорости подачи производилось несколько измерений на участках 1—5 *м* каждый. В результате определялась средняя мощность на валу электродвигателя ($P_{2ср}$), подсчитанная только за время его работы под нагрузкой, без учета холостого хода и пусков.

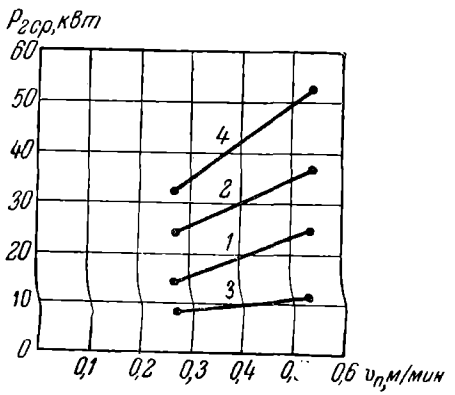


Рис. 4. Нагрузка главного электродвигателя комбайна «Донбасс» при работе на различных режимах:

1 — при зарубке кольцевым баром, холостой работе штанги и выключенном грузчике; *2* — при одновременной работе кольцевого бара и штангового аппарата; *3* — при нагрузке, зависящей только от работы штангового аппарата; *4* — при работе всех органов комбайна

Режим работы комбайна во время испытаний до некоторой степени обусловливался наличием рельсового транспорта, в результате чего, независимо от прочих условий, после загрузки углем вагонеток, имели место простои, вызванные нерегулярной подачей порожняка.

Результаты произведенных измерений дают возможность судить потребляемой и полезной мощностях как для вспомогательных, так и основных рабочих операций комбайна.

Данные нагрузки главного электродвигателя комбайна «Донбасс» при различных режимах работы на шахте № 32 треста Снежнянантрацит приведены в табл. 1.

На основании табл. 1 и рис. 4 можно сделать следующие выводы.

1. Полезная, средневзвешенная мощность при работе комбайна с тремя дисками на штанге составила на первой скорости подачи

Таблица 1

Режим работы комбайна	Полезная глубина захвата,	Высота бара,	Число дисков на штанге	Мощность, *кат*		Тяговы усилия на канате, *т*	Примечание
				потребляемая из сети $P_{1ср}$	полезная $P_{2ср}$		
Работа цепи грузчика вхолостую		0,83	3	3,2	2,7		Шнек расшты-бовщика работал все время
Перемещение комбайна на первой скорости подачи при холостой работе режущей цепи и штанги и выключенном грузчике		0,83	3	6,0			
То же, на второй скорости подачи		0,83	3	7,0			
Работа кольцевого бара на первой скорости подачи при работе вхолостую штанги и выключенном грузчике	1,45	0,83	3	17,5	14,9	3,2—4,5	
Работа кольцевого бара и штангового аппарата на первой скорости подачи при холостой работе грузчика	1,45	0,83	3	29,8	26,2	4,8—6,3	
Работа кольцевого бара и штангового аппарата при работе всех органов комбайна на первой скорости подачи	1,45	0,83	3	36	32,4	6,5—7,0	
Работа кольцевого бара на второй скорости подачи при холостой работе штанги и выключенном грузчике	1,45	0,83	3	27,8	25,1	4,3—5,2	
Работа кольцевого бара и штангового аппарата на второй скорости подачи при холостой работе грузчика	1,45	0,83	3	43,4	39,1	6,2—7,8	
Работа кольцевого бара штангового аппарата на второй скорости подачи при работе всех органов комбайна	1,45	0,83	3	58	52,5	7,5—8	
Мощность, потребляемая на работу штангового аппарата при работе комбайна:							
на первой скорости подачи				9,1	8,6		
на второй скорости подачи				12,4	11,3		
Тяговые усилия на канате, идущие на работу штангового аппарата:							
на первой скорости подачи						1,6—1,8	
на второй скорости подачи						1,9—2,6	

$v_п = 0{,}27$ *м/мин* — 32,4 *квт*, на второй $v_п = 0{,}54$ *м/мин* — 52,5 *квт*. На третьей скорости подачи замеры мощности не производились, так как комбайн на этой скорости в лаве работать не мог.

2. Наиболее эффективным режимом работы комбайна, с точки зрения потребления мощности и максимально-возможного использования установленной на комбайне мощности электродвигателей, является работа комбайна по выемке на второй скорости подачи ($v_п = 0{,}54$ *м/мин*) при работе всех органов комбайна. Среднее значение полезной мощности при этом режиме работы составляет 52,5 *квт*.

3. Перевод комбайна на третью скорость подачи ($v_п = 0{,}81$ *м/мин*) при работе всех его органов не может носить характера устойчивого режима, так как вызывает «опрокидывание» основного электродвигателя комбайна. Это происходит, например, тогда, когда машинист комбайна в середине лавы включает комбайн на третью скорость подачи; электродвигатель при этом значительно перегружается и «опрокидывается».

4. Мощность основного электродвигателя МАД-191/11 в 65 *квт* (часовая мощность) не обеспечивает длительной бесперебойной работы комбайна при $v_п = 0{,}54$ *м/мин*, так как недостаточно длительна мощность электродвигателя (25 *квт*). Электродвигатель комбайна работает в повторно-кратковременном режиме, при котором чередование периодов работы и пауз нерегулярно.

Согласно хронометражным данным, машинное время работы комбайна на шахте № 32 в 8-часовую смену составляет 6 час.

Для электродвигателей комбайнов существует оптимальный режим работы, при котором, не допуская перегрева двигателя, можно получить максимальную производительность комбайна. Этот оптимальный режим определяется зависимостью допускаемой нагрузки электродвигателя от продолжительности его включения $P_2 = f$ (ПВ%).

Как показывает анализ, возможная максимальная производительность комбайна в условиях шахты № 32 достигается при работе на первой скорости подачи. При увеличении скорости подачи вследствие увеличения потребляемой мощности электродвигателем, ПВ падает, поэтому возможная производительность, несмотря на увеличение $v_п$ уменьшится. На вязких углях можно допустить скорость подачи выше 0,27 *м/мин*, но лишь в течение коротких промежутков времени, в противном случае электродвигатель перегреется, работа его станет неустойчивой и он часто будет «опрокидываться».

Следовательно, комбайн с двигателем МАД-191/11 может обеспечить достаточно надежную и производительную работу на шахте № 32 только на первой скорости подачи. Чтобы повысить перегрузочную способность электродвигателя, применяют иногда повышение напряжения в участковой сети.

Необходимо отметить, что состояние участковой сети, где производились замеры, весьма существенно сказывалось на нормальной работе электродвигателя комбайна. Значительное отставание участковой подстанции и несоответствие сечения кабельной сети и мощности силовых трансформаторов приводило к потере напряжения на зажимах электродвигателя и уменьшению его перегрузочной способности, что вынуждало вести комбайн на пониженных скоростях подачи, т. е. снижало производительность комбайна.

Наблюдения и замеры мощности, потребляемой электродвигателем при работе комбайна «Донбасс» в условиях пласта H_8 на различных режимах, позволили установить следующие факты.

1. Шпонки, установленные на поверхности штанги, частично сбивают целики, образовавшиеся между клеваками. По мере стирания

передних граней шпонок нагрузка на электродвигатель комбайна заметно увеличивается.

2. Корончатые гайки (24 на штанге), укрепляющие клеваки в штанге, интенсивно истираются, образуются ступенчатые бороздки, вырезанные клеваками в консоли; при этом первая ступень примерно соответствует высоте и ширине гайки.

3. Ступицы разрезных дисков всегда упираются в целик антрацита.

Указанные выше факторы значительно повышают потребляемую электродвигателем мощность и уменьшают скорость подачи комбайна, т. е. понижают его производительность.

4. Когда передние грани шпонок, укрепленных на штанге, срабатываются или диски закрепляются на штанге шпонками, не выходящими из ступиц дисков, целики между клеваками упираются в штангу. В этом случае чрезмерно перегружаются электродвигатель и все органы комбайна, рвется подающий канат, выходят из строя храповой узел в подающей части комбайна, редуктор привода штанги, подшипник второй опоры штанги и утюг кольцевого бара, а также чрезмерно нагревается электродвигатель комбайна и повторяются случаи «опрокидывания». При этом работа комбайна чрезмерно напряжена, а на высоких скоростях подачи — невозможна. Так, при работе комбайна на первой скорости подачи полезная мощность, идущая на работу кольцевого бара (штанга работает вхолостую) и его перемещение вдоль лавы, $P_2 = 14{,}9$ *квт*, а на работу одного штангового аппарата $P_2 = 8{,}6$ *квт*.

Если вычесть мощность, идущую на перемещение комбайна, холостую работу цепи и штанги, на что расходовалось $P_2 = 5{,}9$ *квт*, то полезная мощность на работу одного кольцевого бара $P_2 = 9{,}0$ *квт*, т. е. немногим (на 0,4 *квт*) больше, чем на работу одного штангового аппарата.

При работе комбайна на второй скорости подачи полезная мощность, идущая на работу одного кольцевого бара (штанга работает вхолостую) и его перемещение вдоль лавы $P_2 = 25{,}1$ *квт*, а на работу штангового аппарата $P_2 = 11{,}3$ *квт*. На перемещение комбайна и холостую работу цепи и штанги $P_2 = 6{,}9$ *квт*, а на работу одного кольцевого бара $P_2 = 18{,}2$ *квт*, т. е. больше, чем на работу штангового аппарата, всего лишь на 6,9 *квт*.

Если учесть мощность, потребляемую расштыбовщиком (по данным ДонУГИ она достигает примерно 6—7 *квт*), то и в этом случае мощность, потребляемая штанговым аппаратом, незначительно меньше, чем мощность, потребляемая при работе одним кольцевым баром. Приведенные данные свидетельствуют о том, что пласт H_8 по зарубаемости ниже средней крепости. Поэтому полезная мощность, идущая на работу одного кольцевого бара, небольшая по сравнению с мощностью, потребляемой при работе всех органов комбайна, и особенно штанговым аппаратом.

При работе комбайна с четырьмя дисками на штанге, при тех же условиях, средняя мощность на валу главного электродвигателя на первой скорости подачи составляла 29,3 *квт*, на второй — 43,3 *квт*, а тяговые усилия на канате соответственно изменялись на первой скорости подачи в пределах 5—7 *т* и на второй — 6—8 *т* и более.

Как свидетельствуют проведенные эксперименты по замеру тяговых усилий на канате и мощности, потребляемой электродвигателем комбайна, штанговый аппарат на различных режимах работы в условиях вязких углей не эффективен.

Измельчение угля

Степень измельчения комбайном добываемого им антрацита характеризуется данными ситового анализа.

При работе комбайна «Донбасс» на различных скоростях подачи с различным числом дисков на штанге в одной и той же лаве отбирались пробы зарубного штыба. Результаты ситового анализа зарубного штыба, взятого при работе комбайна «Донбасс» на шахте № 32 треста Снежнянантрацит, приведены в сравнительной табл. 2 и на рис. 5.

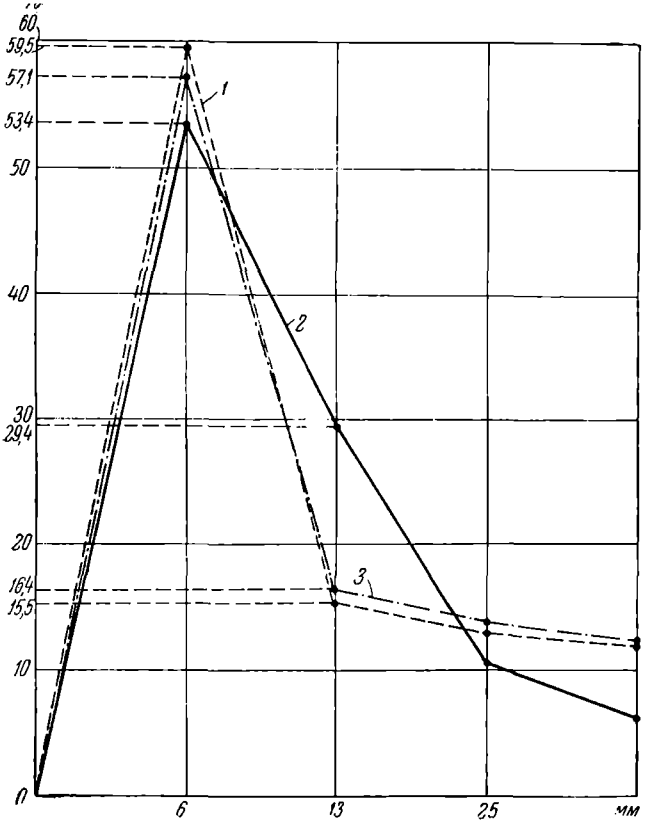


Рис. Диаграммы ситовых анализов зарубного штыба в зависимости от числа дисков на штанге:
1 – с четырьмя дисками; 2 – с двумя дисками; 3 – с тремя дисками

Таблица 2

мм	Сравнительные данные ситовых анализов при $v_п$ = 0,27 м/мин, %					Сравнительные данные ситовых анализов при $v_п$ = 0,54 м/мин, %				
	с двумя дисками на штанге	с тремя дисками на штанге	с четырьмя дисками на штанге	изменения к показателям с двумя дисками на штанге		с двумя дисками на штанге	с тремя дисками на штанге	с четырьмя дисками на штанге	изменения к показателям с двумя дисками на штанге	
				три диска	четыре диска				три диска	четыре диска
Более 25	6,5	12,5	12,0	+6,0	+5,5	8,8	17,8	15,8	+9,0	+7,0
25–13	10,7	14,0	13,1	+3,3	+2,4	13,2	15,8	14,8	+2,6	+1,6
13–6	29,4	16,4	15,5	13,0	13,9	27,2	14,9	17,2	–12,3	–10,0
0–0	53,4	57,1	59,5	3,7	6,1	50,8	51,5	52,9	–0,7	–1,4

Как видно из таблицы, при увеличении скорости подачи комбайна «Донбасс» и всех других равных условиях произойдет также и увеличение среднего размера угольного зерна. Сокращение числа разрезных

дисков на штанге, при одной и той же скорости подачи, также уменьшит выход штыба. Следовательно, уменьшится и пылеобразование в лаве. Увеличение крупности угля происходит в основном за счет уменьшения выхода штыба класса (6—0 *мм*), что очень важно для повышения ценности добычного антрацита.

Пылеобразование

При работе комбайна «Донбасс» получается большое пылеобразование. Особенно большое количество пыли дают режущая цепь кольцевого бара, разрезные диски, установленные на штанге, и консольные скребки грузчика, которые вследствие постоянной полной загруженности захватывают куски антрацита скребками холостой ветви и бросают их к груди забоя, в то время, как нижние скребки стремятся выбросить их на конвейер. При этом фактически дополнительно перемалывается антрацит и происходит интенсивное образование пыли.

Специальными исследованиями МакНИИ, ДонУГИ и Института физиологии и гигиены труда в г. Сталино установлено:

1) количество пыли, образуемой при работе комбайна без орошения, получается настолько значительным, что эксплуатация комбайна является недопустимой (согласно правилам техники безопасности ведения горных работ);

2) выполненное на шахте простейшее оросительное устройство, смачивающее водой верхнюю ветвь режущей цепи, а также отрезные доски и пункт, где уголь сбрасывается скребками грузчика на забойный конвейер, сокращает концентрацию пыли в воздухе в 2,5 раза и улучшает условия труда рабочих, обслуживающих комбайн.

По данным ДонУГИ, без орошения максимальная концентрация пыли на расстоянии 1 *м* от машиниста комбайна достигала 35 *г/м*^{3}, а при орошении — 14 *г/м*^{3} (рис. 3)

Как показывает экспериментальное изучение, процесс разрушения антрацита исполнительным органом комбайна «Донбасс» заключается в отрыве режущим инструментом кусочков антрацита от массива и дроблении. При этом количество энергии, расходуемой на дробление угля, превалирует над энергией, расходуемой на отрыв кусочков. С другой стороны, из учения о твердости хрупкого тела следует, что расходуемая на измельчение энергия пропорциональна степени измельчения [2].

Понятно, что при больших скоростях резания и относительно малых скоростях подачи получающийся штыб имеет большое количество мелких фракций, на образование которых тратится большая энергия. При сильном же измельчении угля исполнительным органом комбайна происходит обильное пылеобразование.

Штанговый аппарат комбайна «Донбасс» (в существующем серийном исполнении) при работе на вязких углях, наряду с большим штыбопылеобразованием и высоким расходом мощности, не обеспечивает надлежащего разрыхления вырезанной кольцевым баром консоли угля. Штанга с клеваками и разрезными дисками работает при этом на резание, а не на отбойку, чем создается большое сопротивление подачи комбайна и значительно снижается его производительность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Е. Г. Опыт работы комбайна «Донбасс» со скоростями резания 1, 1,55 и 2,14 *м/сек*. Сборник № 11. Углетехиздат, 1952.

2. Кучеров П. С. Рациональный режим работы угледобывающих машин с режущими исполнительными органами. Сборник трудов Института горного дела № 1 (10). АН УССР, 1951.

Поступило 20.II.1954 г.