

## ВЫСОТА БОРТА ЗАБОЙНОГО КОНВЕЙЕРА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПАРАМЕТРЫ ВЫГРУЗКИ УГЛЯ ШНЕКОМ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Тарасевич В.И., канд. техн. наук, доц., Донецкий  
национальный технический университет,  
Тарасевич А.В., инж., шахта им. А.Ф.Засядько

*Приведены некоторые результаты экспериментальных исследований выгрузки угля на конвейер шнеком с различной высотой погрузки.*

*Some results of experimental researches of a unloading coal on the conveyor drum with various height of loading are given.*

### *Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.*

Проведенные шахтные экспериментальные исследования (шахта Новгородовка №1-2, Селидовуголь) комбайна типа 1К-101, оснащенного шнеками диаметром 0,8 м, и последующие стендовые испытания в условиях ДПИ [1, 2, 3] показали значительное влияние ряда параметров шнекового исполнительного органа очистного комбайна на производительность и удельные энергозатраты выгрузки угля на забойный конвейер. Особо важное значение приобретает вопрос выгрузки угля шнеками малого диаметра при разработке весьма тонких пластов. Теоретическое описание как величины производительности, так и удельных энергозатрат выгрузки угля является довольно сложным, требует знания ряда коэффициентов и определения данных, обуславливающих выбор основных конструктивных параметров исполнительного органа и режима работы очистного комбайна при минимальной паузе в процессе выгрузки угля, выявление которых теоретически не представляется возможным в настоящее время или очень сложно со значительными допущениями (например: установление коэффициентов, характеризующих смещение начала и окончания выгрузки, заполнения площади зазоров невыгруженным углем, отстаивание выгружаемого угля относительно лопастей шнека как функции угла его поворота и др.).

*Анализ исследований и публикаций.* В настоящее время очистные комбайны работают, как правило, перемещаясь по верхним полкам рештаков забойного конвейера. Следовательно, постоянно на пути выгружаемого из шнека угля (за исключением выгрузки угля шне-

ком с бермы пласта при разработке его мощностью большей по величине диаметра используемых шнеков исполнительного органа комбайна) имеется сопротивление в виде борта конвейера определенной высоты. Высота борта конвейера является одной из многих составляющих, формирующих площадь сечения окна выгрузки перед лопастью шнека [4], которая оказывает существенное влияние на величину производительности и удельных энергозатрат выгрузки угля [5]. Проведенными исследованиями [5] установлены некоторые конкретные значения величин производительности и удельных энергозатрат при определенных режимах работы очистного комбайна. При этом не были установлены ряд коэффициентов и величин, необходимых для аналитического определения производительности выгрузки для вновь проектируемых шнеков исполнительных органов, а также коэффициентов, характеризующих процесс выгрузки угля шнеками малого диаметра.

В шахтных условиях значительная высота борта забойного конвейера (при малой мощности разрабатываемого угольного пласта) и необходимость достижения высокой производительности очистного комбайна обуславливают его работу, как правило, по односторонней схеме, с последующей зачисткой значительного объема угля, оставшегося на «машинной дороге».

Все приведенное подчеркивает актуальность рассматриваемой проблемы.

**Постановка задачи:** экспериментально исследовать влияние высоты борта забойного конвейера на производительность, удельные энергозатраты выгрузки угля, продолжительность паузы, коэффициенты начала выгрузки при различных режимах работы очистного комбайна и направлений вращения шнека.

**Характеристика исследований.** Экспериментальные исследования выгрузки угля на конвейер проводились шнеком диаметром 0,63 м с консольными лопастями и шнеками обычной конструкции. Консольные лопасти – лопасти со ступенчато изменяющейся высотой (две ступени): со стороны конвейера, на ширине, примерно равной половине захвата шнека, высота лопасти почти в 2 раза больше, чем высота у отрезного диска, т.е. с увеличенным свободным объемом у выхода из шнека. Работа шнека имитировалась в составе комбайна типа К-103 в пласте мощностью 0,7 м и расположением шнека у кровли пласта, как выполняющего основную работу по выгрузке угля в процессе его выемки. Причем, в связи с необходимостью располо-



жения на шнеке датчика угла его поворота, конструкция лопастей была несколько видоизменена: крайние кулаки на лопастях шнека были удалены с целью установки датчика. Площадь основания указанного датчика, в торцевой плоскости шнека, принималась примерно равной площади кулака. Эксперимент проводился на стенде ДПИ [6].

При проведении экспериментальных исследований изменение сечения окна выгрузки осуществлялось путем варьирования высоты погрузки. Высота погрузки принималась равной 0 м, 0,075 м, 0,133 м и 0,183 м. При этом всегда, за исключением  $h_{\text{п}} = 0$  м, нижняя полка линейного рештака забойного конвейера была на 0,070 м ниже условной почвы пласта выгружаемого угля, т.е. при исследованиях использовались высоты рештаков серийных забойных конвейеров (0,145 м, 0,203 м и 0,253 м). В случае высоты погрузки 0 м борт конвейера полностью опускался вниз, не препятствуя выходу угля из шнека.

*Изложение материала и результаты.* На рисунке 1 приведено фото, на котором зафиксирован процесс выгрузки угля из передней (забойной) части шнека при высоте погрузки 0 м, скорости вращения 80 об/мин и скорости перемещения комбайна 4,3 м/мин. Над корпусом редуктора привода шнека уголь по установленному вниз лотку не идет.

На рисунке 2 приведен фрагмент осциллограммы процесса выгрузки угля шнеком диаметром 0,63 м с консольными лопастями, при направлении вращения шнека от почвы к кровле, частоте его вращения 80 об/мин и высоте погрузки 0,183 м.

На осциллограмме зафиксированы следующие величины: скорость перемещения комбайна  $\bar{V}_{\text{ПК}} = 4$  м/мин, момент сил сопротивлений при выгрузке угля  $\bar{M}_{\text{с}} = 1700$  Н·м, масса выгружаемого на конвейер угля  $\bar{G}_{\text{ф}} = 30$  кг/об, угол поворота шнека  $\varphi = 2\pi$ .

Из приведенной осциллограммы можно установить: продолжительность паузы  $\varphi_{\text{п}} = 50\%$ , длительность выгрузки  $\varphi_{\text{в}} = 50\%$ , начало выгрузки угля на конвейер  $\varphi_{\text{вн}} = 45^\circ$ , изменение момента сил сопротивлений на валу шнека в период паузы и выгрузки угля. Таким образом, процесс выгрузки угля в течение оборота шнека является прерывистым.

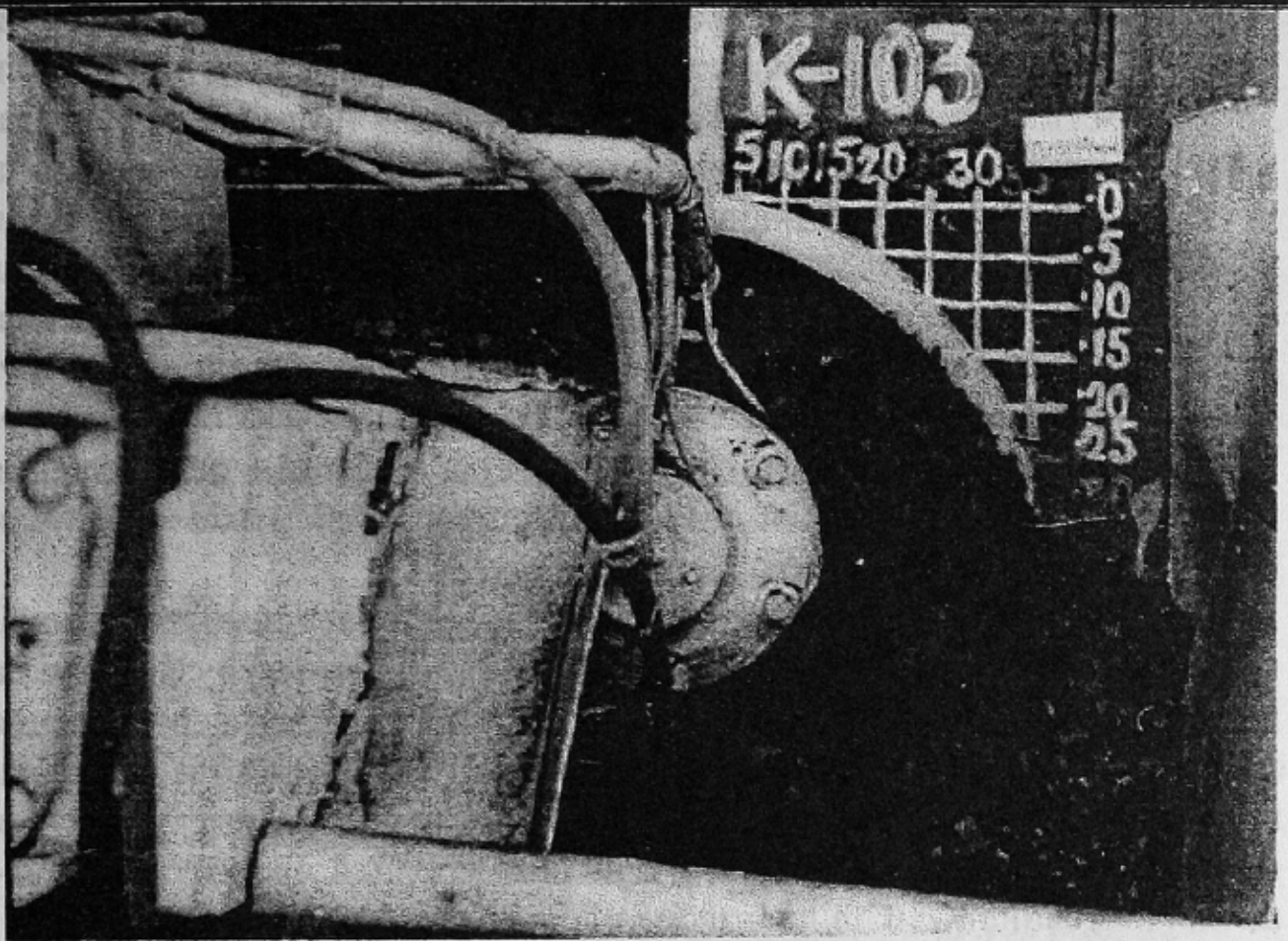


Рисунок 1 – Выгрузка угля шнеком при  $n = 80$  об/мин, скорости подачи 4,3 м/мин и 0 м высоте погрузки

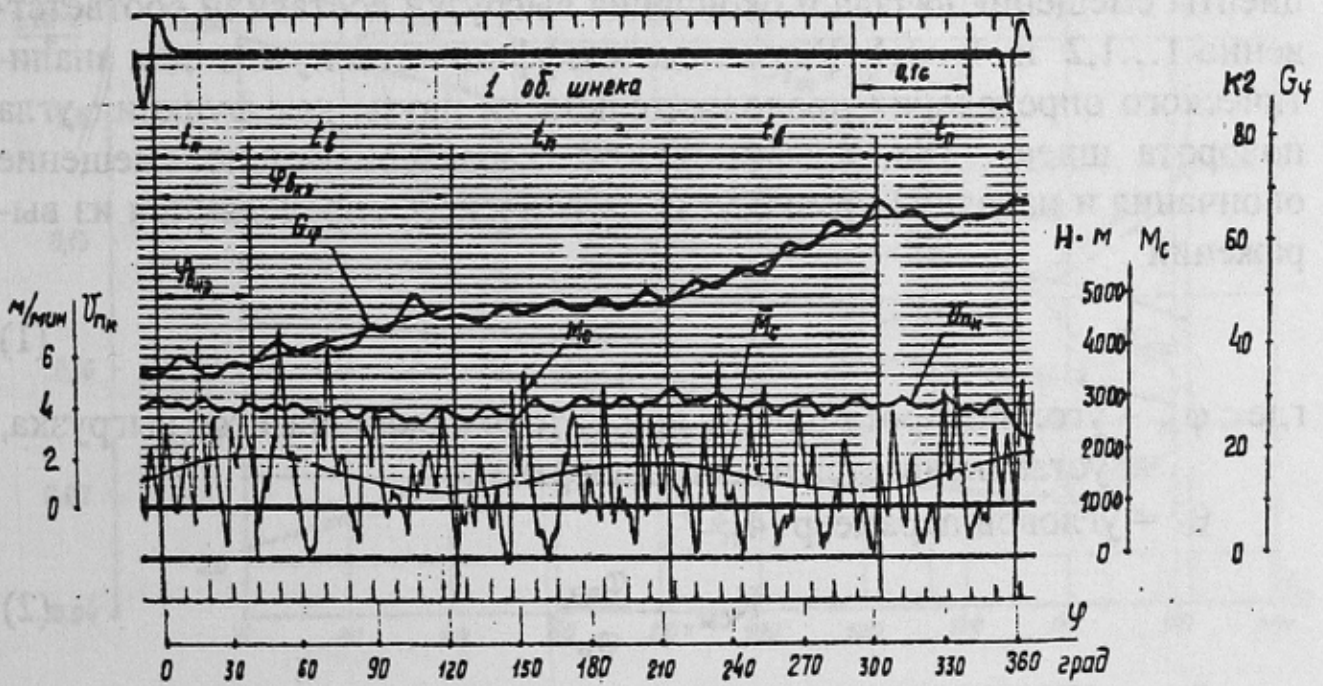


Рисунок 2 – Осциллограмма процесса выгрузки угля шнеком диаметром 0,63 м



При обработке осциллограмм как функции времени работы очистного комбайна в установившемся режиме выгрузки угля, продолжительность осциллограммы принималась равной времени, как правило, не менее 10...12 оборотам шнека. Проведенный анализ осциллограмм показал, что установившимся рабочим процессом выгрузки угля присуще постоянство математического ожидания момента сил сопротивлений и скорости перемещения загрузочного устройства при его рабочем ходе. В связи с этим минимальный рабочий ход загрузочного устройства выбирался таким образом, что при скорости перемещения его 16 м/мин (это соответствует скорости перемещения комбайна 9,4 м/мин) фиксировался установившийся режим выгрузки угля на забойный конвейер.

На рисунках 3 и 4 представлены графики зависимостей производительности шнека и удельных энергозатрат при выгрузке угля на конвейер как функции высоты погрузки и скорости перемещения комбайна при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин. Графики построены по результатам статистической обработки выгрузки угля шнеком диаметром 0,63 м при изменении средней скорости перемещения комбайна К-103 в диапазоне 4...7 м/мин.

Результатами исследований установлено, что при высоте погрузки 0,183 м изменение скорости перемещения комбайна в диапазоне 4...6 м/мин и частоты вращения шнека 80...115 об/мин коэффициенты смещения начала и окончания выгрузки составили соответственно 1...1,2 и 1...1,1. Указанные коэффициенты нужны для аналитического определения продолжительности паузы как функции угла поворота шнека. Так, коэффициенты, характеризующие смещение окончания и начала выгрузки угля на конвейер, определяются из выражений

$$K_{см_к} = \frac{\varphi_{вк}}{\pi - \theta}, \quad (1)$$

где  $\varphi_{вк}$  – угол поворота шнека, при котором оканчивается выгрузка, устанавливается из осциллограмм;

$\theta$  – угловой параметр [4];

$$K_{см_н} = \frac{\varphi_{вн}}{\varphi_v}, \quad (2)$$

$\varphi_{вн}$  – угол поворота шнека, при котором начинается выгрузка угля на конвейер, устанавливается из осциллограмм;

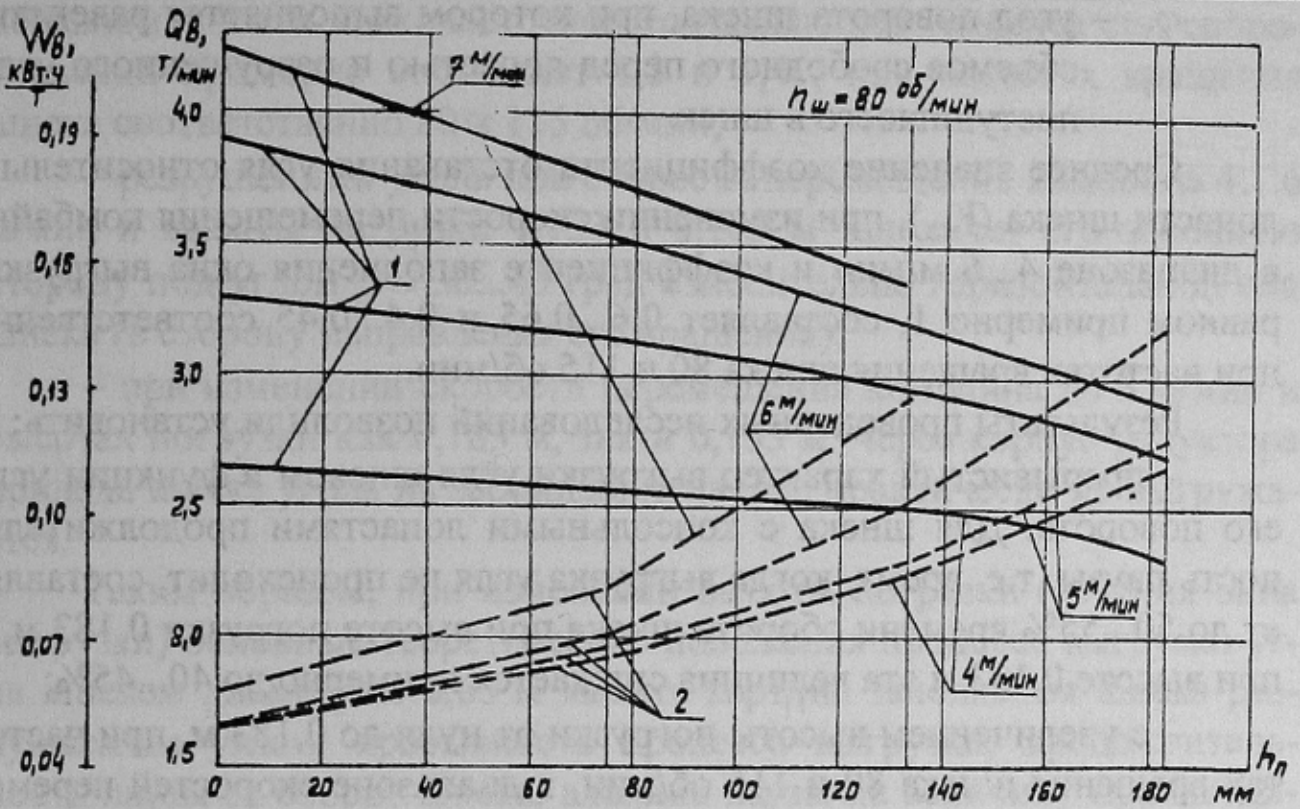


Рисунок 3 – Производительность (1) и удельные энергозатраты (2) по выгрузке угля в функции скорости перемещения комбайна и высоты погрузки

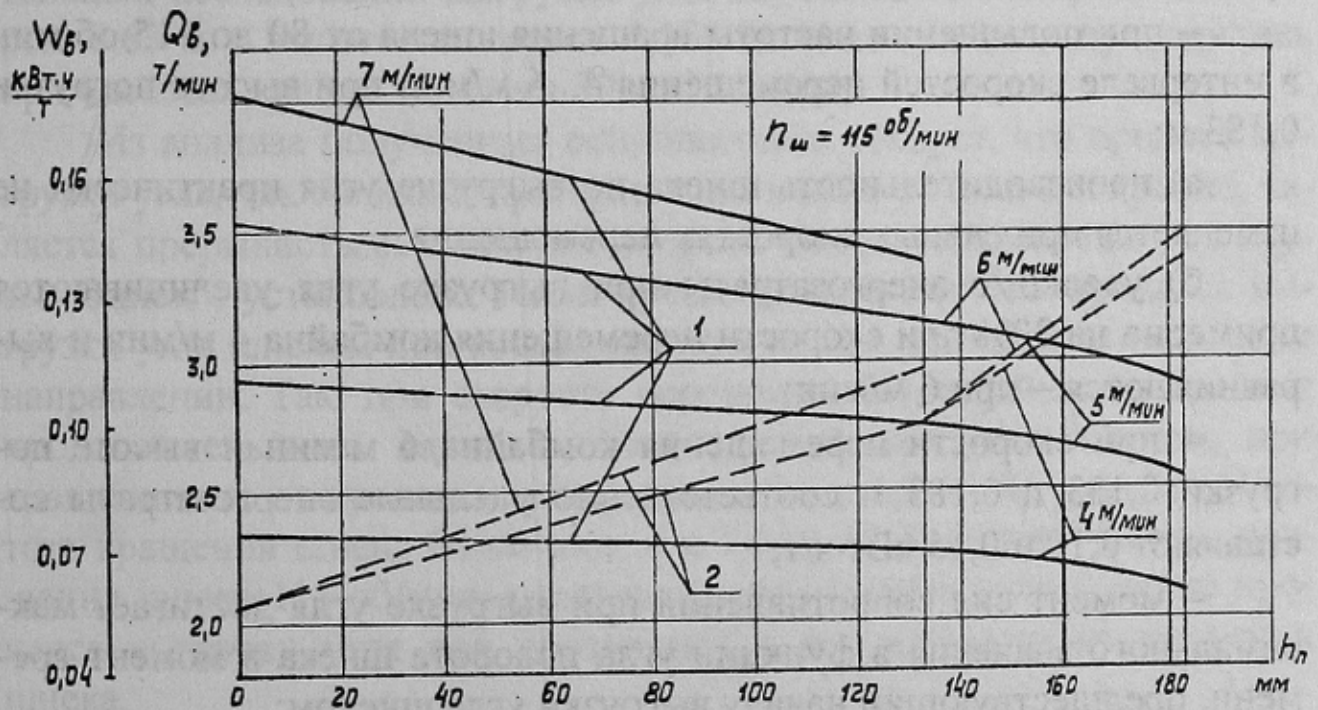


Рисунок 4 – Производительность (1) и удельные энергозатраты (2) по выгрузке угля в функции скорости перемещения комбайна и высоты погрузки



$\varphi_v$  – угол поворота шнека, при котором выполняется равенство объемов свободного перед лопастью и разрушенного угля, поступившего в шнек.

Среднее значение коэффициента отставания угля относительно лопасти шнека ( $K_{от}$ ), при изменении скорости перемещения комбайна в диапазоне 4...6 м/мин и коэффициенте заполнения окна выгрузки, равном примерно 1, составляет 0,6...0,65 и 0,4...0,45 соответственно при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин.

Результаты проведенных исследований позволили установить:

– прерывистый характер выгрузки угля шнеком в функции угла его поворота. Для шнека с консольными лопастями продолжительность паузы, т.е. время, когда выгрузка угля не происходит, составляет до 50...55% времени оборота шнека при высоте погрузки 0,183 м, а при высоте 0,133 м эта величина снижается примерно до 40...45%;

– с увеличением высоты погрузки от нуля до 0,183 м, при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин, в диапазоне скоростей перемещения комбайна от 4 до 6 м/мин:

а) производительность шнека по выгрузке угля на забойный конвейер уменьшается примерно на величину до 25%;

б) удельные энергозатраты при выгрузке угля увеличиваются примерно в 2,5...3 раза;

– при повышении частоты вращения шнека от 80 до 115 об/мин в интервале скоростей перемещения 4...6 м/мин при высоте погрузки 0,183 м:

а) производительность шнека по выгрузке угля практически не изменяется при равных скоростях перемещения;

б) удельные энергозатраты при выгрузке угля увеличиваются примерно на 20% при скорости перемещения комбайна 4 м/мин и выравниваются – при 6 м/мин;

– при скорости перемещения комбайна 6 м/мин и высоте погрузки 0,133 и 0,183 м соответственно удельные энергозатраты составляют 0,10 и 0,15 кВт·ч/т;

– момент сил сопротивлений при выгрузке угля достигает максимального значения в функции угла поворота шнека в момент времени, предшествующий началу выгрузки угля шнеком;

– момент сил сопротивлений на валу шнека неравномерный в функции угла его поворота. При скорости перемещения комбайна 6 м/мин и высоте погрузки 0,183 м среднее значение коэффициента

неравномерности низкочастотной составляющей момента сил сопротивления примерно составляет 1,3 и 1,45, при частотах вращения шнека соответственно 80 и 115 об/мин;

– разрушенный уголь при скорости перемещения комбайна 4...6 м/мин и высоты погрузки 0,133 и 0,183 м заполняет его забойную сторону под углом  $\rho \approx 30...45$  град относительно горизонтальной оси шнека (в сторону направления его вращения);

– при изменении скорости перемещения комбайна до 6 м/мин и высотах погрузки как 0,183 м, так и 0,133 м, через корпус редуктора привода шнека уголь на забойный конвейер практически не выгружается.

Таким образом, при изменении высоты погрузки (сечения окна выгрузки) основные теоретические положения процесса выгрузки угля шнеком диаметром 0,63 м как-то: картина заполнения шнека разрушаемым углем, прерывность процесса выгрузки, продолжительность паузы за оборот шнека, влияние паузы на величину производительности, среднее значение производительности шнека по выгрузке угля на забойный конвейер, экспериментально подтвердились.

Влияние направления вращения шнека малого диаметра на процесс выгрузки угля устанавливалось при проведении экспериментальных исследований выгрузки угля двухзаходным шнеком диаметром 0,63 м с высотой погрузки 0,133 м. Исследования проводились при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин.

Из анализа полученных осциллограмм следует, что процесс выгрузки угля, так же как и при вращении шнека от почвы к кровле, является прерывистым: в течение оборота шнека установлены две паузы. Однако, установлено также существенное отличие процесса выгрузки угля шнеком при вращении его в одном или противоположном направлении. Так, при скорости перемещения комбайна 4...7 м/мин продолжительность паузы в процессе выгрузки угля шнеком, при вращении его от кровли к почве, примерно в 1,5...1,65 раза, при частоте вращения шнека 80 об/мин, и в 1,3...1,45 раза, при частоте вращения шнека 115 об/мин, превышает продолжительность паузы процесса выгрузки угля при противоположном направлении вращения шнека.

В случае вращения шнека от кровли к почве с частотой 80 и 115 об/мин коэффициент заполнения сечения зазоров на 45...20% больше в сравнении с величиной коэффициента, установленного при противоположном направлении вращения шнека. Эти значения относятся



при изменении скорости перемещения комбайна в диапазоне 4,5...6 м/мин.

Из анализа осциллограмм процесса выгрузки как функции угла поворота шнека, при вращении его от кровли к почве, установлено, что начало и окончание выгрузки угля на конвейер опережающей лопастью составляет соответственно от 80 до 65 и от 145 до 165 град, при изменении скорости перемещения комбайна от 4 до 7 м/мин и частоте вращения шнека 80 об/мин. При частоте же вращения шнека 115 об/мин и изменении скорости перемещения комбайна в диапазоне 4,3...7,2 м/мин начало и окончание выгрузки угля опережающей лопастью составляет соответственно 90...80 град и 155...170 град.

Коэффициенты смещения начала и окончания выгрузки угля на забойный конвейер, в указанных выше режимах работы комбайна, примерно равны 1,1...1,2.

В табл. 1 приведены результаты экспериментальных исследований выгрузки угля шнеком при вращении его от кровли к почве. Согласно данным табл. 1, значений площади окна выгрузки и коэффициентов заполнения окна, равных примерно 1, выявлены коэффициенты, характеризующие отставание выгружаемого угля относительно лопастей шнека. Так, при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин, в интенсивных режимах работы комбайна (от 4,5 до 7 м/мин), указанный коэффициент составляет соответственно 0,8...0,85 и 0,6...0,65.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Результаты исследований выгрузки угля шнеком, при вращении его от кровли к почве, позволили сформулировать следующие выводы:

1. Производительность шнека по выгрузке угля на конвейер, при изменении скорости перемещения комбайна в диапазоне 4,5...7 м/мин, составляет 2,6...3,3 и 2,2...3,5 т/мин, соответственно при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин.

2. Мощность при выгрузке равна 35 кВт при скорости перемещения комбайна 7 м/мин и частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин.

3. Удельные энергозатраты выгрузки угля на конвейер, при изменении скорости перемещения комбайна 4,5...7 м/мин, составляют примерно 0,13...0,17 кВт·ч/т при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин.

4. Коэффициент заполнения сечения зазоров невыгруженным углем равен 0,7...1,0 при изменении скорости перемещения от 4,5 до 6,6 м/мин и частоте вращения шнека 80 об/мин; при частоте же 115

об/мин и скорости перемещения комбайна 4,5...7,0 м/мин – равен 0,9...1,0.

5. Направление вращения шнека от почвы к кровле в сравнении с вращением от кровли к почве, при изменении скорости перемещения, обуславливает:

– уменьшение мощности примерно на 35 и 45%, соответственно при частотах вращения шнека 80 и 115 об/мин;

– увеличение производительности по выгрузке угля на 10% при частоте вращения шнека 115 об/мин; при частоте же 80 об/мин производительность практически не изменяется.

6. Момент сил сопротивления при выгрузке угля, зафиксированный на валу шнека при вращении его от кровли к почве, неравномерный в функции угла поворота. Коэффициент неравномерности низкочастотной составляющей момента равен 1,3...1,2 при изменении скорости перемещения комбайна в диапазоне 4,5...7 м/мин.

Полученные результаты исследований позволят в дальнейшем установить аналитические зависимости влияния борта забойного конвейера, коэффициентов отставания, начала и конца выгрузки, продолжительности пауз на величину производительности выгрузки угля вновь проектируемых шнеков малого диаметра очистных комбайнов.

Список источников:

1. Альшиц Я.И., Малеев Г.В., Бойко Н.Г., Тарасевич В.И. и др. Влияние взаиморасположения шнеков комбайна типа 1К-101 на удельные энергозатраты, производительность и условия погрузки угля на конвейер. – Сб. "Горные машины", МВССО УССР, учебно-методический кабинет проблем высшей школы. Киев, 1971, с. 1-17
2. Альшиц Я.И., Малеев Г.В., Тарасевич В.И., Обухов В.И. Исследование транспортирующей способности шнековых исполнительных органов без огибающих щитков.– Информационная карта №13. Серия 7, ЦНИЭИуголь, Москва, 1975. – с.1.
3. Тарасевич В.И. Результаты исследований погрузки угля шнековым исполнительным органом угледобывающего комбайна при изменении межшнекового расстояния и направления вращения шнека.– Рукопись депонирована в институте ЦНИЭИуголь, Москва, 1976, № 619 Деп., – 23.
4. Тарасевич В.И., Тарасевич А.В. О процессе формирования окна выгрузки перед лопастью шнека очистного комбайна.– Наукові праці ДонНТУ. Серія: гірничо-електромеханічна, випуск 83, Донецьк.- 2004, с. 279-289.
5. Тарасевич В.И., Бойко Н.Г., Самсонов Г.Н., Кальманович З.З. Влияние высоты борта забойного конвейера на выгрузку угля шнеком очистного комбайна для тонких пластов.– Информационная карта №206, серия 7, ЦНИЭИуголь, М.- 1977.
6. Альшиц Я.И., Тарасевич В.И., Нечпаев В.Г. Стенд для исследований погрузки угля шнековыми исполнительными органами комбайнов, работающих в лавах, подвигающихся по падению (восстанию).– Сб. "Угольное машиностроение", ЦНИЭИуголь, вып. 1, М., 1977, – с.10-12.



Таблиця 1 – Экспериментальные данные по выгрузке угля шнеком при  $n_{ш} = 80$ ; 115 об/мин,  $h_{ш} = 0,133$  м (лопасти консольные, направление вращения – от кровли к почве, комбайн без погрузочного щита)

$V_{Пк}$ , м/мин	$Q_p$ , т/мин	$Q_v$ ,		$\frac{t_v}{t_{об}}$ , %	$\frac{t_{п}}{t_{об}}$ , %	$M_{max}$ , кН·м	$\bar{M}_{max}$ , кН·м	$\bar{M}_c$ , кН·м	$K_{нч} = \frac{\bar{M}_{max}}{\bar{M}_c}$	$P_v$ , кВт	$W_v$ , кВт·ч/т	$Q_z$ , т/мин
		кг/об	т/мин									
$n_{ш} = 80$ об/мин												
1,19	1,33	13	1,04	30	70	3,35	2,05	1,35	1,52	11	0,18	0,29
2,6	1,82	19	1,52	30	70	3,75	2,45	1,65	1,49	14	0,15	0,30
3,0	2,1	21	1,68	35	65	3,80	2,65	1,85	1,43	15	0,15	0,42
3,5	2,45	25	2,00	35	65	3,90	2,80	2,00	1,40	16	0,14	0,45
4,0	2,8	28	2,24	40	60	4,20	3,05	2,25	1,36	18	0,13	0,56
4,5	3,15	32	2,56	40	60	4,50	3,30	2,50	1,32	21	0,13	0,59
6,0	4,20	39	3,12	45	55	5,95	3,80	3,20	1,19	26	0,14	1,08
6,8	4,76	41	3,28	50	50	7,50	4,85	4,10	1,18	34	0,17	1,48
$n_{ш} = 115$ об/мин												
3,8	2,66	17	1,96	35	65	3,80	2,20	1,60	1,38	19	0,16	0,70
4,3	3,01	19	2,19	35	65	4,15	2,35	1,75	1,34	21	0,16	0,82
6,6	4,62	28	3,22	45	55	4,35	3,25	2,50	1,30	30	0,16	1,40
7,2	5,04	31	3,57	50	50	4,75	3,55	2,90	1,22	34	0,16	1,47