

**О.Е. Шабаев /д.т.н./, В.Г. Нечепаев /д.т.н./, Е.Ю. Степаненко /к.т.н./****ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)****П.П. Зинченко****Институт горного дела и геологии ГОУ ВПО «ДонНТУ» (Донецк)**

## **УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ШНЕКОВЫХ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ ОТ ИХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ И НАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

*На основе разработанной математической модели применительно к рассматриваемым условиям проведен модельный эксперимент, позволивший установить характер и параметры влияния на погрузочную способность шнековых очистных комбайнов их режимных и геометрических параметров. Выделены три диапазона скорости перемещения, характеризующиеся существенными различиями рабочего процесса транспортирования и выгрузки разрушенного угля на забойный конвейер. Показано, что при определении рациональных значений режимных параметров по критерию максимальной технической производительности необходимо учитывать влияние на погрузочную способность комбайнов режимных и геометрических параметров их шнековых исполнительных органов.*

**Ключевые слова:** очистной комбайн, шнековый исполнительный орган, погрузочная способность, процесс выгрузки угля, циркуляция угля, эффективность погрузки, мощность на погрузку.

### **Постановка проблемы**

В настоящее время уголь является основным энергоносителем, способным полностью удовлетворить потребности Донецкого региона, – его промышленные запасы, по данным ДонУГИ, составляют порядка 6,84 млрд. т [1].

Горно-геологические и горнотехнические условия залегания угольных пластов Донбасса характеризуются как весьма сложные – порядка 83,2 % пластов имеют мощность 0,55...1,20 м [1]. В этих условиях наиболее перспективной мировой тенденцией является выемка углей с использованием струговых механизированных комплексов. Комбайновая выемка применяется преимущественно в случаях, когда применение стругов ограничивается горно-геологическими условиями. В условиях Донецкого региона применение струговой выемки весьма затруднительно – лишь 127 из имеющихся 1092 шахтных пластов являются пригодными к выемке с использованием струговых механизированных комплексов [1,2]. Преимущественное применение имеют очистные комбайны в составе механизированных комплексов.

Наиболее распространены очистные комбайны со шнековыми исполнительными органами вследствие простоты их конструкции, низкой энергоемкости, высокой надежности и сортности разрушаемого угля, а также приспособленности

к эффективной обработке границы «уголь – боковые породы».

В то же время функционирование очистных комбайнов в сложных условиях тонких и весьма тонких пологонаклонных пластов существенно затрудняется недостаточной погрузочной способностью шнековых исполнительных органов малого диаметра, работающих в режимах близких к заштыбовке. Это определяет высокую энергоемкость рабочего процесса [3,4], ограниченную диапазоном 2...5 м/мин рабочую скорость перемещения и, как следствие, низкую техническую производительность комбайна.

Поэтому весьма перспективным направлением интенсификации добычи угля из тонких и весьма тонких пологонаклонных пластов представляется повышение эффективности шнековых исполнительных органов очистных комбайнов как средства погрузки разрушенного угля. Важным этапом решения этой задачи является установление влияния основных режимных параметров шнековых очистных комбайнов, в частности скорости перемещения, на их погрузочную способность.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Корректное установление влияния скорости перемещения очистных комбайнов на погрузоч-

ную способность их шнековых исполнительных органов, как правило, выполняется на основе экспериментальных исследований, проведенных в представительных условиях эксплуатации комбайнов с использованием натурных образцов шнеков [3...11].

Методические подходы, изложенные в [3,4], предусматривают необходимость проведения сложных тензометрических исследований в приближенных к натурным условиям.

В [5,6] рассмотрено влияние ширины захвата шнека на погрузку. Установлено, что увеличением ширины захвата возрастает энергоемкость процесса погрузки.

В [7] выполнен анализ влияния процесса циркуляции выгружаемого угля на критическую по фактору погрузочной способности скорость перемещения комбайна также на основе громоздких экспериментальных исследований.

В [8] рассмотрено влияние на процесс циркуляции угля некоторых конструктивных и режимных параметров шнековых очистных комбайнов на основе экспериментальных исследований, выполненных на модельном стенде, поэтому полученные результаты могут рассматриваться только как оценочные.

В [9] приводятся усредненные значения циркулирующего угля, основанные на результатах натурных экспериментальных исследований. При этом рассматриваемая схема заполнения рабочего пространства шнека разрушенным углем имеет место только при не характерных для реальных условий неинтенсивных режимах работы очистного комбайна.

В [10] представлена математическая модель процесса погрузки разрушенного угля и установлены критические по заштыбовке шнеков значения скоростей перемещения комбайна, однако влияние циркуляции угля на рабочий процесс шнековых исполнительных органов в необходимой мере не учитывается.

При этом в [11] показано, что циркуляция разрушенного угля в рабочем пространстве шнека оказывает определяющее влияние на рабочий процесс шнековых исполнительных органов очистных комбайнов, поэтому при корректной постановке и рассмотрении проблемы ее влиянием нельзя пренебрегать.

### **Цель (задачи) исследования**

Целью настоящей работы является корректное, для решения с достаточной степенью точности современных задач проектирования очистных комбайнов нового технического уровня, установление зависимости погрузочной способности шнековых исполнительных органов

комбайнов от их режимных параметров на основе модельных и натурных экспериментов.

### **Основной материал исследования**

Объектом исследований в настоящей работе являются очистные комбайны УКД400 и УКД200-500, являющиеся характерными представителями очистной техники нового технического уровня.

Указанные машины имеют аналогичную компоновочную схему, но некоторые различия (табл. 1) в значениях параметров, определяющих погрузочную способность очистного комбайна: ширина захвата; расстояние между лопастями шнека; угол наклона лопасти шнека; радиус рукояти качалки редуктора резания в зоне разгрузочного торца; высота вынесенного на забой корпуса редуктора; высота решетка конвейера; расстояние от разгрузочного торца шнека до полки решетки забойного конвейера и др.

В качестве основы для решения поставленной задачи использована математическая модель [12], позволяющая имитировать процессы разрушения и погрузки разрушенной горной массы на решеточный став забойного конвейера шнековым исполнительным органом очистного комбайна, работающего в условиях тонких и весьма тонких полигонаклонных пластов. Разработанная модель в существенной мере учитывает характерные особенности рабочего процесса рассматриваемого объекта исследований – циркуляцию угля в шнеке, формирование объемного напряженного состояния и другие специфические особенности процесса погрузки шнеками малого диаметра.

Основными исходными данными для реализации математической модели являются геометрические и режимные параметры очистного комбайна (табл. 1), геометрические параметры решеточного става конвейера (элемента механизированного комплекса) и др.

Основными выходными параметрами математической модели являются: объем (в единицу времени) угля, разрушенного опережающим шнеком  $V_y$ ; объем (в единицу времени) угля, выгруженного шнеком  $V_b$ ; объем (в единицу времени) угля, оставшегося на почве пласта  $V_{o.n.}$ ; объем (в единицу времени) угля, переброшенного лопастью шнека на его нерабочую сторону  $V_{nep}$ ; объем (в единицу времени) угля, расположенного в зазорах между корпусом комбайна, почвой и стенкой очистного забоя  $V_{zaz}$ ; объем (в единицу времени) угля, циркулирующего в рабочем пространстве шнека  $V_{cup}$ ; мощность на погрузку угля шнеком  $P_{noe}$ .

Табл. 1. Технические характеристики очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500

Параметры	Очистной комбайн	
	УКД400	УКД200-500
<b>Параметры исполнительного органа</b>		
Диаметр шнека по резцам $D_{uo}$ , м		0,9
Диаметр ступицы шнека $d_{cm}$ , м		0,385
Ширина захвата шнека $B_3$ , м	0,715	0,810
Радиальный вылет резца $l_p$ , м		0,072
Расстояние между лопастями шнека $t_l$ , м	0,245	0,215
Угол наклона лопасти по ступице шнека $\alpha_{cm}$ , град.	15,85	13,90
Число заходов шнека $N_{зах}$		2
<b>Параметры корпуса редуктора резания</b>		
Радиус рукояти качалки редуктора резания в зоне разгрузочного торца $R_k$ , м	0,220	0,255
Высота вынесенного на забой корпуса редуктора $h_k$ , м	0,500	0,515
<b>Параметры решетчатого става забойного конвейера и его увязки с очистным комбайном</b>		
Высота решетка конвейера $H_k$ , м		0,23
Расстояние от разгрузочного торца шнека до полки решетки забойного конвейера $L_{mp}$ , м	0,582	0,416
<b>Режимные параметры</b>		
Частота вращения шнека $n_{об}$ , об/мин	78	79
Скорость подачи комбайна $V_n$ , м/мин		1...8

Значения этих параметров определялись по зависимостям:

$$V_y = V_n \cdot D_{uo} \cdot B_3 \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$V_e = F_{ок.макс} \cdot V_{o.y.} \cdot N_{зах}, \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$V_{nep} = V_y - V_{o.n.} - V_e, \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$V_{o.n.} = 0,3 \cdot l_p \cdot B_3 \cdot V_n + V_{nep}, \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$V_{заз} = F_{заз} \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$V_{up} = V_{o.n.} - V_{заз}, \text{ м}^3/\text{мин},$$

$$P_{noz} = M_c \cdot (\pi \cdot n_{об}) \cdot 30^{-1}, \text{ кВт},$$

где  $\rho$  – коэффициент разрыхления угля;  $F_{ок.макс}$  – максимальная площадь окна выгрузки,  $\text{м}^2$ ;  $V_{o.y.}$  – осевая скорость движения угля,  $\text{м}/\text{мин}$ ;  $M_c$  –

вращающий момент на валу шнека, обусловленный рабочим процессом погрузки разрушенного угля,  $\text{kH}\cdot\text{м}$ ;  $F_{заз}$  – площадь зазоров,  $\text{м}^2$ .

Для подтверждения адекватности рассматриваемой математической модели (по мощности погрузки разрушенной горной массы  $P_{noz}$ ) были использованы результаты экспериментальных исследований работы очистных комбайнов УКД400 (в условиях 77-й западной лавы,  $k_5^1$  пласта ОП «Шахта «Красный партизан» ГП «Свердловантрацит») и УКД200-500 (в условиях 524-й лавы, пласта  $C_5^B$  ш. «Герновская») [5,6,14]. Результаты экспериментальных и модельных (в соответствующих режимах) исследований приведены в табл. 2. Из сравнения данных модельных и экспериментальных исследований следует, что расхождение значений мощности погрузки  $P_{noz}$  не превышает 17 %.

Проверка адекватности математической модели по объему циркулирующего угля [11] показала, что расхождение результатов модельного и натурного экспериментов не превышает 10 %.

Табл. 2. Результаты модельных и экспериментальных исследований работы очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500

№ п/п	УКД400			УКД200-500			
	$V_n$ , м/мин	$P_{noz}$ , кВт		$ \Delta $ , %	$V_n$ , м/мин	$P_{noz}$ , кВт	
		модель	эксперимент			модель	эксперимент
1	3,75	13	12	8,33	4,00	23	21
2	4,50	17	16	6,25	4,20	25	22
3	5,30	26	26	0	4,40	28	24
4	-	-	-	-	6,40	63	66
							4,54

Из приведенных данных следует, что рассматриваемая математическая модель [12] отвечает требованиям адекватности и может быть использована для установления закономерностей исследуемых процессов функционирования очистных машин. Особенности компоновочной схемы очистных комбайнов со шнековым исполнительным органом для тонких и весьма тонких пологонаклонных пластов предопределяют технологическую схему, при которой опережающий шнек разрушает пачку угля, находящуюся у почвы пласта, и осуществляет погрузку разрушенной при этом горной массы. Отстающий шнек разрушает только остающуюся у кровли пласта пачку угля небольшой мощности, а погрузку угля практически не осуществляет.

Поскольку в этом случае опережающий шнек

осуществляет основные технологические функции, то, естественно, эффективность функционирования комбайна в целом определяется в первую очередь эффективностью рабочего процесса опережающего исполнительного органа. Соответственно, опережающий шнек является наиболее нагруженным и представляет основной интерес для установления закономерностей функционирования.

На рис. 1 приведена модельная, согласно [12], реализация рабочего процесса очистного комбайна, работающего в условиях тонких и весьма тонких пологонаклонных пластов, – графическое представление процесса погрузки разрушенного угля опережающим исполнительным органом очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500, а также мощность погрузки.

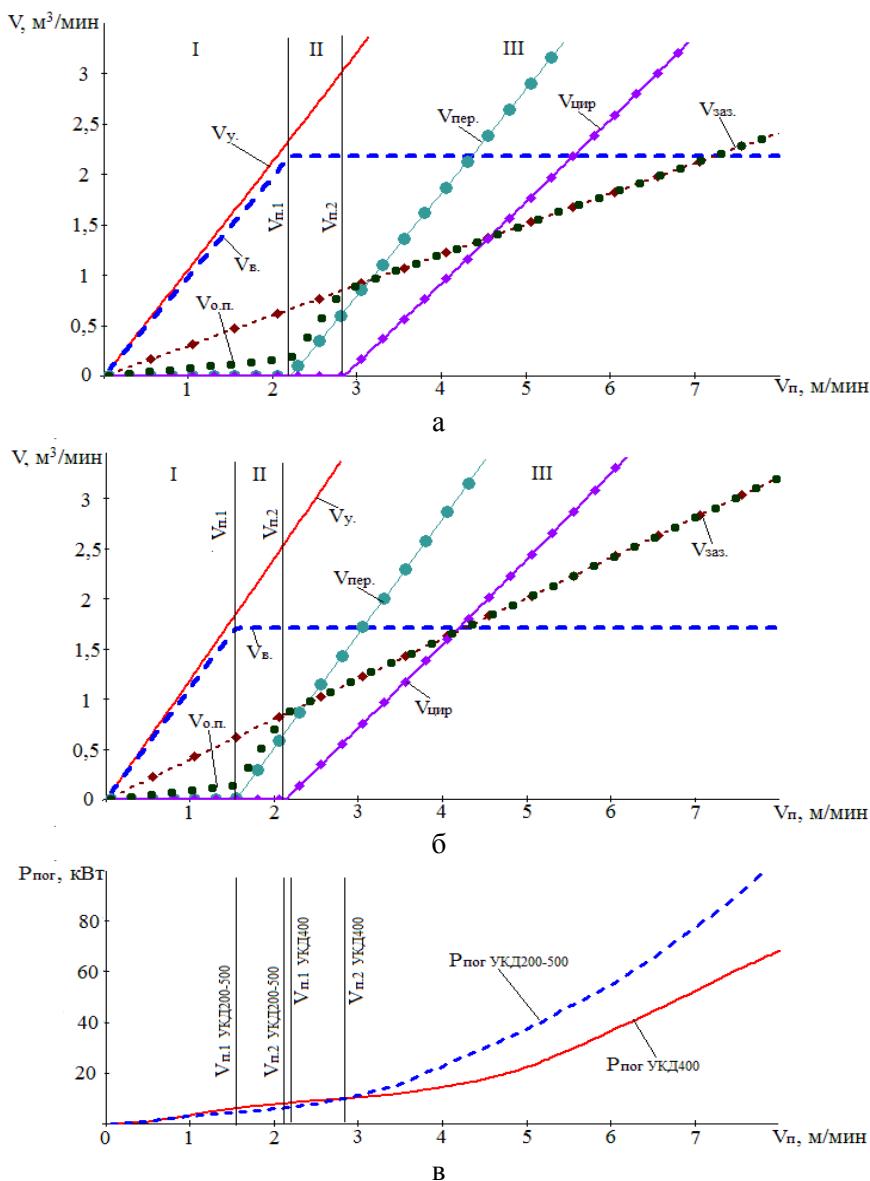


Рис. 1. Результаты модельного эксперимента:

- a* – графическое представление процесса погрузки для очистного комбайна УКД400;
- b* – графическое представление процесса погрузки для очистного комбайна УКД200-500;
- в* – мощность процесса погрузки очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500

Анализ результатов модельного эксперимента позволил выделить три характерные зоны в возможном диапазоне изменения скорости перемещения очистного комбайна.

Зона I (см. рис. 1) характеризуется высокой эффективностью процесса погрузки разрушенного угля шнековым исполнительным органом очистного комбайна (зона режимов работы, при которых производительность комбайна не ограничивается погрузочной способностью его исполнительных органов). В этом случае  $V_y - V_{o.n.} = V_\theta$ .

Окно выгрузки не ограничивает скорость перемещения потока выгружаемого угля, поэтому циркуляция угля внутри шнека отсутствует.

На почве пласта остается слой не погруженного угля  $V_{o.n.}$ , частично заполняющий зазоры между корпусом комбайна и почвой пласта. Высота не погруженного слоя составляет примерно треть радиального вылета резца [14]. Процесс погрузки осуществляется при небольшом значении давления перемещаемого разрушенного угля на лопасти шнека, что обуславливает линейный характер зависимости изменения мощности погрузки как функции перемещения комбайна.

Для очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500 значение мощности погрузки опережающим шнеком в первой зоне не превышает 9 кВт и 5 кВт соответственно. Границные значения скорости перемещения  $V_{n.1}$ , соответствующие режиму работы без ограничения производительности комбайна по фактору недостаточной погрузочной способности, можно определить из условия  $V_y - V_{o.n.} = V_\theta$ .

Зона I для очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500 находится в пределах значений

скорости перемещения  $V_{n.1}$  до 2,6 м/мин и до 1,5 м/мин соответственно. Смещение границы зоны  $V_{n.1}$  для комбайна УКД200-500 в сторону меньших значений обусловлено более высокой его производительностью по разрушению пласта вследствие большей ширины захвата шнека, а также вследствие меньшей площади окна выгрузки.

На рис. 2 представлен график изменения соотношения основных параметров, характеризующих эффективность процесса погрузки разрушенного угля опережающим шнековым исполнительным органом очистного комбайна УКД400 как функции его перемещения.

Из анализа приведенных на рис. 2 зависимостей следует, что погрузочная способность (отношение выгруженного объема угля к объему разрушенного шнеком угля  $V_\theta/V_y$ ) опережающего шнека очистного комбайна УКД400 в зоне I является постоянной величиной, значение которой составляет 0,93.

Значение  $V_{o.n.}/V_y$  (соотношение объема оставшегося на почве пласта не погруженного, расположенного в зазорах угля и объема разрушенного опережающим шнеком угля) составляет 0,07.

Зона II (см. рис. 1) характеризуется ограниченной эффективностью процесса погрузки разрушенного угля шнековым исполнительным органом очистного комбайна (однако погрузочная способность такого уровня еще не ограничивает производительность комбайна).

Ограниченнная эффективность процесса погрузки разрушенного угля в этой зоне обусловлена, в первую очередь, малыми значениями площади окна выгрузки шнека.

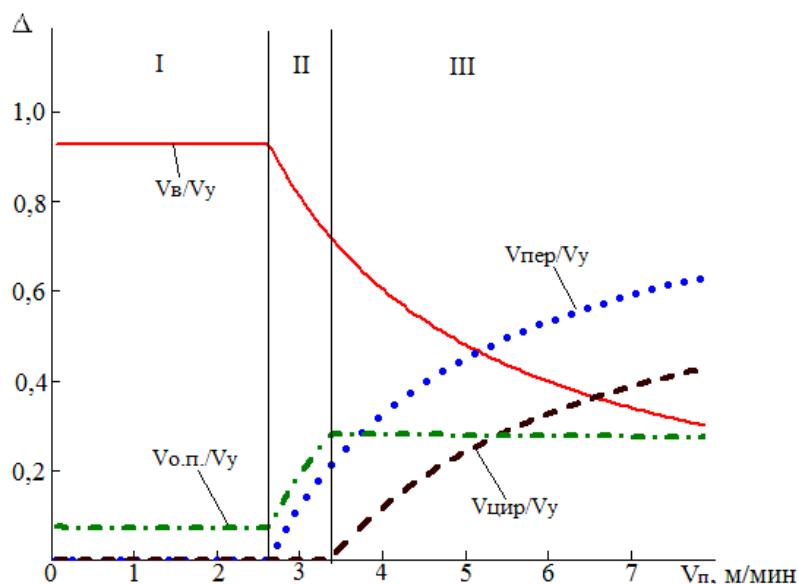


Рис. 2. К анализу эффективности процесса погрузки разрушенного угля опережающим шнековым исполнительным органом комбайна УКД400

Объем разрушенного, но не выгруженного из рабочего пространства шнека угля можно определить из выражения:

$$V_{nep} = V_y - V_{o.n.} - V_e.$$

Этот объем перебрасывается лопастью шнека на ее нерабочую сторону и добавляется к объему угля, оставшегося на почве пласта в предыдущем цикле выгрузки.

При выполнении условия  $V_{o.n.} \leq V_{заз}$  весь объем не погруженного угля размещается в зазорах между корпусом комбайна, почвой и грудью очистного забоя. Циркуляция угля в рабочем пространстве шнека при работе очистного комбайна в этой зоне отсутствует [4].

Процесс погрузки в зоне II осуществляется также при относительно невысоком значении давления перемещаемого разрушенного угля на лопасти шнека, что обуславливает сохранение линейного характера зависимости изменения мощности на погрузку как функции перемещения комбайна.

Для очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500 значение мощности погрузки опережающим шнеком во второй зоне изменяется от 9 кВт до 11 кВт и от 5 кВт до 6 кВт соответственно.

Максимальную скорость перемещения  $V_{n.2}$ , соответствующую работе очистного комбайна во второй зоне, можно определить из условия:  $V_{o.n.} = V_{заз}$ . Зона II для очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500 находится в пределах значений скорости перемещения  $V_{n.2}$  от 2,6 м/мин до 3,3 м/мин и от 1,5 м/мин до 2,1 м/мин соответственно. Смещение границы зоны II для комбайна УКД200-500 в сторону меньших значений скорости перемещения  $V_{n.2}$  обусловлено соответствующими значениями ширины захвата шнека и геометрических параметров вынесенного на забойную часть корпуса редуктора резания (т.е. значениями площади зазоров между корпусом комбайна, почвой и грудью очистного забоя).

Работа очистного комбайна во второй зоне (см. рис. 2) характеризуется снижением значения погрузочной способности шнека ( $V_e/V_y$ ) с 0,93 до 0,72. Объем угля, остающийся на почве ( $V_{o.n.}/V_y$ ), во второй зоне соответственно возрастает с 0,07 до 0,28 (разность 0,21 соответствует объему перебрасываемого лопастью шнека угля).

Зона III (см. рис. 1) характеризуется недостаточной эффективностью процесса погрузки разрушенного угля шнековым исполнительным органом очистного комбайна, обуславливающей ограничение производительности комбайна по фактору недостаточной погрузочной способности.

Рабочий процесс в третьей зоне сопровождается циркуляцией угля в рабочем пространстве шнека [4,13]. Циркуляция имеет место в случае, если  $V_{o.n.} > V_{заз}$ , то есть когда объем не погруженного шнеком угля возрастает настолько, что он уже не может быть размещен в зазорах между корпусом комбайна, почвой пасты и грудью забоя.

Циркулирующий уголь снижает рабочий объем шнека [11], что сопровождается интенсивным возрастанием напряженного состояния угля в рабочем пространстве шнека. Следствием этих процессов является значительное дополнительное измельчение угля и нелинейный характер зависимости [15] изменения мощности на погрузку как функции скорости перемещения комбайна вида (см. рис. 1в):

$$P_{noe} = k_1 \cdot B_3 \cdot e^{k_2 \cdot B_3 \cdot V_n}, \text{ кВт},$$

где  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты уравнения регрессии, полученные экспериментально.

Так, например, при возрастании скорости перемещения очистного комбайна УКД200-500 от  $V_{n.2}$  (2,1 м/мин) до 5 м/мин (в 2,4 раза) мощность погрузки опережающим шнеком увеличивается от 6 кВт до 37 кВт (более чем в 6 раз).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что процесс циркуляции угля в опережающем шнеке очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500 начинается уже при малых значениях скорости перемещения 2,8 м/мин и 2,1 м/мин соответственно. Поэтому погрузочная способность шнекового исполнительного органа (см. рис. 2) при дальнейшем возрастании скорости перемещения (начиная с указанных значений) значительно снижается (по сравнению со значением 0,72 во второй зоне) и составляет только 0,48 для комбайна УКД400 при скорости перемещения 5 м/мин.

Отношение объема угля, остающегося на почве пласта, к объему угля, разрушенного опережающим шнеком ( $V_{o.n.}/V_y$ ), в рассматриваемой (третьей) зоне возможных значений скорости перемещения комбайна является константой и составляет  $V_{o.n.}/V_y = 0,28$ .

Соответственно,  $V_{nep}/V_y = 0,52$ . При этом  $V_{цир.}/V_y = 0,24$  определяется циркуляцией угля в шнеке, а  $V_{заз}/V_y = 0,28$  соответствует объему угля, расположенного в зазорах между корпусом комбайна, почвой и грудью очистного забоя.

По мере возрастания скорости перемещения комбайна более 5 м/мин объем разрушаемого угля линейно возрастает, а объем выгружаемого, циркулирующего и размещающегося в зазорах между корпусом комбайна, почвой пасты и грудью забоя угля остается постоянным. При неко-

тором значениях скорости перемещения комбайна значения этих объемов выравниваются, а при дальнейшем увеличении скорости перемещения объем разрушающегося угля начинает превышать объем выгружаемого, циркулирующего и размещающегося в зазорах угля. Далее следует уплотнение разрушенного и находящегося в шнеке и околоснековом пространстве угля (защиты), сопровождающееся нелинейным возрастанием сил трения и соответствующего существенного возрастания мощности процесса выгрузки как функции скорости перемещения комбайна. Этот процесс развивается до момента опрокидывания приводного электродвигателя вследствие исчерпания запаса его мощности.

Следует отметить, что в зоне III выход на режим защиты происходит очень быстро, что практически не позволяет даже кратковременную эксплуатацию комбайна в интенсивных режимах.

Из анализа графиков зависимости времени заполнения  $t_{\text{зап}}$  (с учетом циркулирующего угля) рабочего пространства опережающих шнеков очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500 (рис. 3) как функции скорости перемещения следует, что с увеличением скорости перемещения время заполнения рабочего пространства шнека циркулирующим углем убывает нелинейно. Так, для комбайна УКД400 время полного заполнения рабочего объема шнека циркулирующим углем находится в пределах от 3,24 до 0,12 мин, а для УКД200-500 – в пределах от 2,19 до 0,1. Т.е. при  $V_n > V_{n,2}$  время полного заполнения рабочего пространства шнека соответствует всего 10...15 оборотам шнека.

## Выводы

На основе сравнения данных модельных и экспериментальных в реальных условиях работы комбайна исследований установлена адекватность разработанной математической модели процесса погрузки шнековым исполнительным

органом по критериям мощности погрузки и объема циркулирующего угля. Расхождение значений мощности погрузки угля не превышает 17 %, а значений объема циркулирующего угля – 10 %.

Установлено, что погрузочная способность шнековых исполнительных органов в существенной мере зависит от скорости перемещения очистных комбайнов. При этом целесообразно выделить три характерные зоны работы очистных комбайнов в пределах возможного диапазона их перемещения:

– первая зона соответствует диапазону значений скорости перемещения, при которых производительность комбайна не ограничивается погрузочной способностью его исполнительных органов. На почве пласта при этом остается небольшой слой не погруженного угля, который только частично заполняет зазоры между корпусом комбайна и почвой пласта;

– вторая зона соответствует диапазону значений скорости перемещения, при которых производительность комбайна также еще не ограничивается погрузочной способностью его исполнительных органов, однако объем не погруженного угля полностью заполняет зазоры между корпусом комбайна, почвой и грудью очистного забоя. Значительный объем не погруженного угля в значительной мере снижает эффективность процесса погрузки разрушенного угля;

– третья зона соответствует диапазону значений скорости перемещения, при которых производительность комбайна существенно ограничивается недостаточной погрузочной способностью его исполнительных органов.

Процесс погрузки сопровождается циркуляцией и интенсивным возрастанием напряженного состояния угля в рабочем пространстве шнека, следствием чего является значительное дополнительное измельчение угля и увеличение мощности погрузки как функции скорости перемещения комбайна.

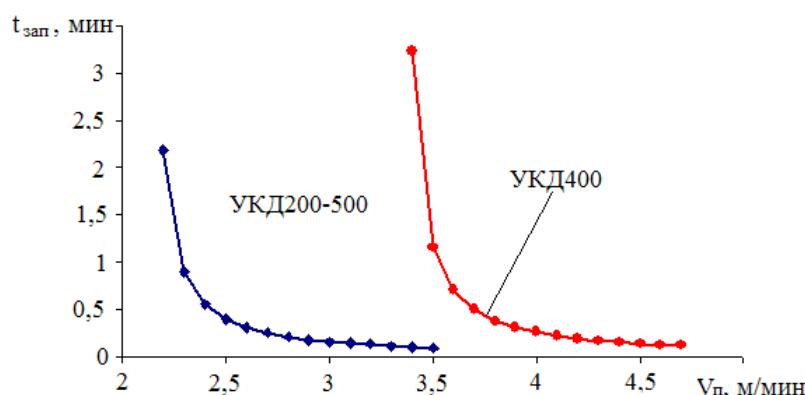


Рис. 3. График зависимости времени заполнения рабочего объема опережающего шнека комбайнов УКД400 и УКД200-500 как функция скорости перемещения

Процесс погрузки сопровождается циркуляцией и интенсивным возрастанием напряженно-го состояния угля в рабочем пространстве шнека, следствием чего является значительное дополнительное измельчение угля и увеличение мощности погрузки как функции скорости перемещения комбайна.

Определение рациональных, по критерию максимальной технической производительности, значений скорости перемещения шнековых очистных комбайнов должно производиться с учетом характера и особенностей рабочего процесса погрузки угля их шнековыми исполнительными органами. При этом характер и особенности рабочего процесса погрузки в существенной мере определяются не только значениями геометрических параметров шнековых исполнительных органов, но и диапазоном значений (зоной) возможной скорости перемещения машины.

### Список литературы

1. Горные машины для подземной добычи угля: учебное пособие для вузов / П.А. Горбатов и др. – Донецк: Норд-Компьютер, 2006. – 669 с.
2. Гуляев, В.Г. Актуальность и проблемы создания автоматизированных струговых комплексов для безлюдной выемки пологих тонких угольных пластов Донецкого бассейна // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2016. – №6. – С. 24-34.
3. Нечепаев, В.Г. Механо-гидравлические шнековые системы выгрузки и транспортирования. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – 215 с.
4. Бойко, Н.Г. Очистные комбайны для тонких пластов. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – 476 с.
5. Шабаев, О.Е. Методика определения оптимальной ширины захвата шнекового исполнительного органа очистных комбайнов / О.Е. Шабаев, В.Г. Нечепаев, П.П. Зинченко // Сборник трудов XXV Международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», 10-16 сентября 2018 г., г. Севастополь. – Донецк: ДонНТУ. – Т.2. – С. 237-243.
6. Шабаев, О.Е. Обоснование параметров шнекового исполнительного органа очистных комбайнов для тонких пластов / О.Е. Шабаев [и др.] // Седьмая Всероссийская научно-практическая конференция «Системы управления электротехническими объектами» 11-12 декабря, г. Тула.– Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – С. 83-88.
7. Миничев, В.И. Угледобывающие комбайны. – М.: Машиностроение, 1976. – 248 с.
8. Кальманович, З.З. Исследование транспортирующей способности шнековых исполнительных органов угольных комбайнов (на примере комбайнов 1К-101 и 2К-52): автореф. дис.... канд. техн. наук: 172 / Кальманович, З.З. – Москва, 1968. – 20 с.
9. Тарасевич, В.И. Циркуляция и коэффициент циркуляции угля для шнеков малого диаметра / В.И. Тарасевич, А.В. Тарасевич // Научные труды Донецкого национального технического университета. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – Вып.12. – С. 264-275.
10. Ткачев, В.В. Использование имитационного моделирования для исследования системы автоматического управления добычным комбайном / В.В. Ткачев, А.В. Бубликов.– Днепропетровск: НГУ, 2015. – 182 с.
11. Шабаев, О.Е. Анализ процесса циркуляции угля в шнеках очистных комбайнов для тонких пологонаклонных пластов / О.Е. Шабаев, В.Г. Нечепаев, П.П. Зинченко // Материалы 5-й Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса», 21-23 мая, г. Донецк. – Донецк: ДонНТУ, 2019. – Т.3. – С. 138-142.
12. Шабаев, О.Е. Имитационная модель функционирования шнековых очистных комбайнов, предназначенных для выемки тонких пологонаклонных пластов / О.Е. Шабаев, Е.Ю. Степаненко, П.П. Зинченко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: сб. научн. тр. – Донецк: ДонНТУ, 2019. – № 2(65). Т.2. – С. 26-34.
13. Шабаев, О.Е. Экспериментальные исследования влияния ширины захвата шнекового исполнительного органа комбайна на эффективность процесса погрузки / О.Е. Шабаев, П.П. Зинченко, А.В. Мезников // Горные науки и технологии. – 2019. – №2. – С. 90-103.
14. Тарасевич, В.И. Влияние резцов шнекового исполнительного органа на выгрузку угля из рабочего пространства шнека / В.И. Тарасевич, А.В. Тарасевич // Научные труды Донецкого национального технического университета (сер. горно-электромеханическая). – Донецк: ДонНТУ, 2005. – Вып.94. – С. 210-217.
15. Нечепаев, В.Г. Исследование и определение параметров шнеков с переменным шагом очистных комбайнов для тонких пластов с целью повышения их погрузочной способности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Нечепаев Валерий Георгиевич. – Донецк, 1982. – 17 с.

**O.E. Shabaev /Dr. Sci. (Eng.)/, V.G. Nechepaev /Dr. Sci. (Eng.)/, E.U. Stepanenko /Cand. Sci. (Eng.)/**

*Donetsk National Technical University (Donetsk)*

**P.P. Zinchenko**

*DonNTU Institute of Mining and Geology (Donetsk)*

**DETERMINATION OF LOADING CAPACITY DEPENDENCE  
OF AUGER CUTTER-LOADERS ON THEIR OPERATING PARAMETERS  
BASED ON MODEL AND FULL-SCALE EXPERIMENTS**

**Background.** When designing cutter-loaders capable of working effectively in thin flat layers at intensive coal mining, it is necessary to consider the influence of operating parameters of the machine on the loading capacity of auger working bodies.

**Materials and/or methods.** An adequate mathematical model used to solve this problem allows simulating the processes of destruction and loading of rock mass on the conveyor by the screw of a cutter-loader working in thin sloping layers.

**Results.** Determined that the loading capacity of the auger working bodies significantly depends on the speed of the cutter-loader movement. Thus, it is expedient to allocate three special zones. The first zone corresponds to the range of values of movement speed, at which the productivity of the cutter-loader not limited to the loading capacity of the augers. The second zone corresponds to the range of values of movement speed at which the performance of the cutter-loader is not limited to the loading capacity of its working bodies. However, the volume of half-loaded coal fills the gaps between the housing of the cutter-loader, soil, and stope face. The third zone is a range of values of movement speed at which cutter-loader performance mostly limited by insufficient loading capacity of its working bodies. The loading process accompanied by circulation and an intensive increase in the stress state of coal in the working space of the auger, which results in a significant additional grinding of coal and an increase in the loading capacity as a function of the cutter-loader movement speed.

**Conclusion.** The definition of the rational, according to the criterion of maximum technical performance, values of auger cutter-loaders movement speed should be made taking into account the nature and features of the working process of loading coal by their auger working bodies. The quality and characteristics of the workflow of loading to a significant extent determined not only by the values of geometrical parameters of screw working bodies but with a range (zone) of the possible movement speed of the machine.

**Keywords:** cutter-loader, auger working body, loading capacity, coal unloading process, coal circulation, loading efficiency, bearing capacity.

**Сведения об авторах**

**О.Е. Шабаев**

SPIN-код: 1447-2343

ORCID iD: 0000-0002-0845-7449

Телефон: +380 (95) 429-13-32

Эл. почта: oeshabaev@ya.ru

**Е.Ю. Степаненко**

ORCID iD: 0000-0002-8789-307X

Телефон: +380 (71) 337-94-31

Эл. почта: gm@donntu.org

**В.Г. Нечепаев**

ORCID iD: 0000-0003-4016-1661

Телефон: +380 (71) 391-12-64

Эл. почта: nechepayev@mech.donntu.org

**П.П. Зинченко**

SPIN-код: 4710-7409

ORCID iD: 0000-0002-4070-2715

Телефон: +380 (66) 427-45-36

Эл. почта: pawel.zin4encko@yandex.ru

Статья поступила 03.06.2019 г.

© O.E. Шабаев, В.Г. Нечепаев, Е.Ю. Степаненко, П.П. Зинченко, 2019

Рецензент д.т.н., проф. В.Г. Гуляев