

necessary to correctly calculate the loads on the twin wheel arrangement. At the moment such methodology is very approximate and conditional, implying equality of loads on both wheels in the block. At the same time the experience of pneumatic wheeled vehicles operation, especially on paved roads, shows that inner wheels wear out much faster than outer wheels, and this indicates greater loading of inner wheels. The methodology for approximate calculation of loads on both wheels in the block confirming this conclusion is presented.

*Keywords:* peat deposit, pneumatic wheel travel, double wheel, bending moment, loads, diagram, transport vehicle.

Поступила в редакцию/received: 17.02.2024; после рецензирования/revised: 22.02.2024;  
принята/accepted: 27.02.2024

УДК 622.232.72

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУРЫ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ ВЫЕМКИ ТОНКИХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ**

О.Е. ШАБАЕВ, д-р. техн. наук, Е.Ю. СТЕПАНЕНКО, канд. техн. наук,  
П.П. ЗИНЧЕНКО, канд. техн. наук

Донецкий национальный технический университет,  
283001, Донецк, ул. Артема, 58, e-mail: pawel.zin4encko@yandex.ru

© Шабаев О.Е., Степаненко Е.Ю., Зинченко П.П., 2024

Раскрыта физика процесса погрузки горной массы, отделенной шнековыми исполнительными органами малого диаметра. Установлены регрессионные зависимости экспоненциального вида мощности, удельных энергозатрат погрузки как функции ширины захвата шнека и скорости перемещения машины. На основе выполненных экспериментальных и теоретических исследований разработаны методика и математическая модель оптимизации структуры и параметров очистных комбайнов под заданные горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации. Отмечено, что рациональные значения геометрических и режимных параметров и структуры комбайна обеспечат рост технической производительности в 1,1...2,1 раза и снижение мощности и удельных энергозатрат разрушения и погрузки в 1,3...1,5 и 1,3...2,3 раза соответственно.

*Ключевые слова:* очистной комбайн, тонкие пологие пласты, шнек малого диаметра, ширина захвата шнека, погрузочная способность, циркуляция угля, оптимизация, эффективность работы.

**DOI: 10.46573/2658-5030-2024-3-55-66**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Угольная промышленность является основной сырьевой и энергетической базой для всех отраслей народного хозяйства Донецкого региона, а каменный уголь – единственным стратегическим энергоносителем, имеющим большие запасы. По данным Донецкого научно-исследовательского угольного института, запасы каменного угля Донбасса составляют 6,84 млрд т, из которых порядка 83 % сосредоточено в пологих пластах мощностью 0,55...1,2 м [1]. Из разведанных 1 092 пологих

шахтопластов 965 – наиболее приспособленные к комбайновой выемке, а остальные (127) могут выниматься с использованием струговых установок [1].

Для добычи угля в шахтах Донбасса применяют современные узкозахватные очистные комбайны со шнековыми исполнительными органами (УКД400, УКД200-500) и с вертикальными барабанами (КА200, КБТ200), входящие в состав механизированных комплексов. Наибольшее распространение среди исполнительных органов очистных комбайнов для тонких пластов нашли шнековые органы, что обусловлено рядом преимуществ. Вместе с тем недостаточная погрузочная способность шнеков малого диаметра ограничивает рабочую скорость перемещения комбайнов и, как следствие, снижает производительность комплекса, увеличивает энергоемкость процессов разрушения и погрузки горной массы [2, 3]. Таким образом, одним из основных направлений повышения технического уровня очистных комбайнов для тонких пологих пластов является повышение погрузочной способности шнековых исполнительных органов, что требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В основу первых представлений о функционировании шнековых исполнительных органов как погрузочных устройств была положена теория винтовых конвейеров [4–11]. Однако проведенные на кафедре «Горные машины» стендовые экспериментальные исследования процесса погрузки горной массы шнеками малых диаметров показали, что значения погрузочной способности исполнительных органов, полученные экспериментально и с использованием модели винтового конвейера, различаются между собой в 2...4 раза [2]. Причиной столь значительной разницы является отличие физической картины процесса погрузки разрушенной горной массы шнеками малых диаметров от физической картины функционирования винтового конвейера.

На основе комплекса проведенных стендовых экспериментальных исследований учеными кафедры «Горные машины» была разработана теория погрузки, учитывающая характер заполнения шнека малого диаметра, формирование окна выгрузки и объемное напряженное состояние горной массы [2, 3, 12]. На базе разработанной теории развиты и созданы новые методы расчета и выбора параметров шнеков малого диаметра [2]. Вместе с тем не установлены закономерности комплексного влияния структуры, конструктивных и режимных параметров подсистемы погрузки комбайна со шнековым исполнительным органом малого диаметра на эффективность его работы в конкретных условиях эксплуатации.

Цель исследований заключается в повышении эффективности работы очистных комбайнов со шнековыми исполнительными органами в условиях тонких пологих пластов на основе оптимизации структуры, конструктивных и режимных параметров при учете закономерностей их влияния на производительность и энергоемкость.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

**Установление закономерности влияния ширины захвата шнека на энергоемкость процесса погрузки.** В качестве объектов исследований выбраны очистные комбайны нового технического уровня, эксплуатируемые в представительных условиях: УКД400 (шахта «Красный партизан», 77-я западная лава пласта  $k_5^I$  «Должанский»); УКД200-500 (шахта «Терновская» 524-й лавы пласта  $C_5^B$ ) [13]. Исполнительные органы исследуемых очистных комбайнов УКД400 и УКД200-500 отличались шириной захвата 0,7 и 0,8 м соответственно. В ходе

проведения шахтных экспериментов осуществлялась фиксация действующих фазных токов электродвигателей приводов опережающего и отстающего исполнительного органа, а также значений скорости перемещения очистного комбайна. Схема установки измерительных приборов в бортовую сеть изучаемых очистных комбайнов показана на рис. 1.

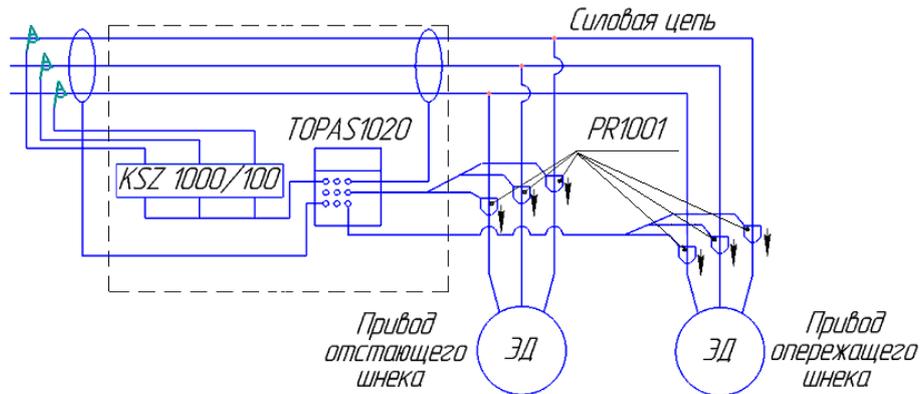


Рис. 1. Схема установки измерительных приборов в бортовую сеть исследуемых комбайнов: ЭД – электродвигатель

Для анализа полученных в результате шахтных экспериментов массивов данных была разработана методика их обработки [13]. Она позволяет находить значения мощности и удельных энергозатрат разрушения и погрузки горной массы современными очистными комбайнами с индивидуальной подсистемой привода каждого исполнительного органа на основе значений действующих в процессе выемки угля токов электродвигателей приводов шнековых исполнительных органов.

На основе разработанной методики и регрессионного анализа получены зависимости для определения мощности  $P_{\text{пог}}$  и удельных энергозатрат  $W_{\text{пог}}$  рабочего процесса погрузки отделенной горной массы как функции ширины захвата шнека  $B_3$  и скорости перемещения комбайна  $V_{\text{п}}$  (рис. 2).

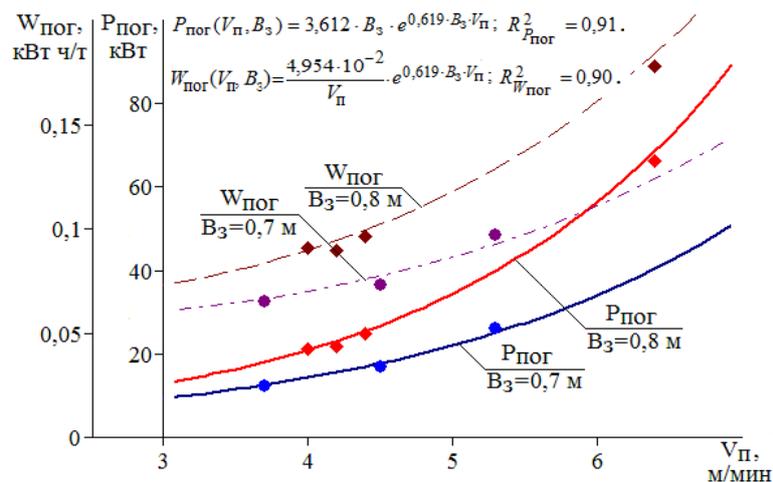


Рис. 2. Энергоемкость рабочего процесса погрузки с учетом ширины захвата шнека как функция скорости перемещения комбайна

Анализ приведенных на рис. 2 зависимостей показывает, что мощность и удельные энергозатраты процесса погрузки с увеличением ширины захвата исполни-

тельного органа экспоненциально возрастают с повышением скорости перемещения комбайна. Так, при работе очистного комбайна со скоростью перемещения  $V_{\Pi} = 4$  м/мин увеличение ширины захвата шнека с 0,7 до 0,8 м приводит к росту мощности в 1,5 раза и удельных энергозатрат погрузки в 1,3 раза. Дальнейшее ускорение перемещения до  $V_{\Pi} = 6$  м/мин вызывает значительный рост мощности (в 1,7 раза) и удельных энергозатрат погрузки в 1,5 раза. Этот рост обусловлен процессом циркуляции разрушенной горной массы в рабочем пространстве исполнительного органа. При этом чем больше ширина захвата шнека, тем раньше наступает и интенсивнее протекает увеличение мощности и удельных энергозатрат погрузки.

**Физическая картина процесса погрузки разрушенной горной массы шнеками малых диаметров.** Для установления закономерностей влияния структуры, конструктивных и режимных параметров очистного комбайна на показатели эффективности его работы была разработана комплексная математическая модель процессов разрушения и погрузки горной массы, учитывающая особенности рабочего процесса погрузки шнеком малого диаметра. Отличие разработанной модели от ранее созданных заключается в учете формирования потоков погруженной и переброшенной выгружающей лопастью, циркулирующей в рабочем объеме опережающего исполнительного органа и остатка горной массы на почве пласта.

Адекватность разработанной комплексной математической модели оценивалась путем сравнения интегральных показателей, отражающих эффективность рабочего процесса погрузки горной массы, а именно мощности погрузки, объема выгруженной, переброшенной выгружающей лопастью и циркулирующей горной массы в рабочем объеме шнека. Расхождения не превышали 20 % [14].

**Установление закономерностей влияния структуры, конструктивных и режимных параметров очистного комбайна на показатели эффективности его работы.** Исследования проводились на основе вычислительного эксперимента с учетом средней мощности пласта  $\bar{N}_{\text{пл}}$ , сопротивляемости угля резанию и степени его хрупкости, диаметра  $D_{\text{ИО}}$  и ширины захвата шнека, скорости подачи комбайна и наличия дополнительных погрузочных устройств (погрузочного щитка с зазорами, зачистного лемеха или полноразмерного погрузочного щитка). Анализ эффективности работы очистного комбайна осуществлялся по производительности разрушения  $V_T$  и погрузки  $V_B$ , перебросу выгружающей лопастью  $V_{\text{пер}}$  циркулирующей горной массы в рабочем объеме шнека  $V_{\text{цир}}$ ; мощности на разрушение и погрузку горной массы исполнительными органами  $P_{\text{ИО}}$ ; удельным энергозатратам разрушения и погрузки горной массы очистным комбайном  $W_{\text{ОК}}$ .

На основе результатов имитационного моделирования (рис. 3) установлены характерные для очистных комбайнов со шнеками малых диаметров три диапазона скоростей перемещения, отличающихся физической картиной процесса погрузки.

Первый диапазон – тот, на котором производительность очистного комбайна не ограничивается погрузочной способностью шнека. На почве пласта при этом остается не превышающий вылета резца слой непогруженной горной массы. При работе очистного комбайна с погрузочным щитком с зазорами непогруженная горная масса  $V_{\text{ост}}$  частично заполняет зазоры между погрузочным щитком и горным массивом. В случае использования зачистных лемехов или полноразмерных погрузочных щитков непогруженная горная масса полностью заполняет зазоры и подается в рабочее пространство шнека в циркулирующем виде. При этом циркулирующая горная масса в рассматриваемом диапазоне выгружается из рабочего объема исполнительного органа без ее накопления. Отношение мощности процесса погрузки  $P_{\text{пог}}$  к мощности процесса разрушения не превышает 9...39 % (в зависимости от свойств разрушаемого массива).

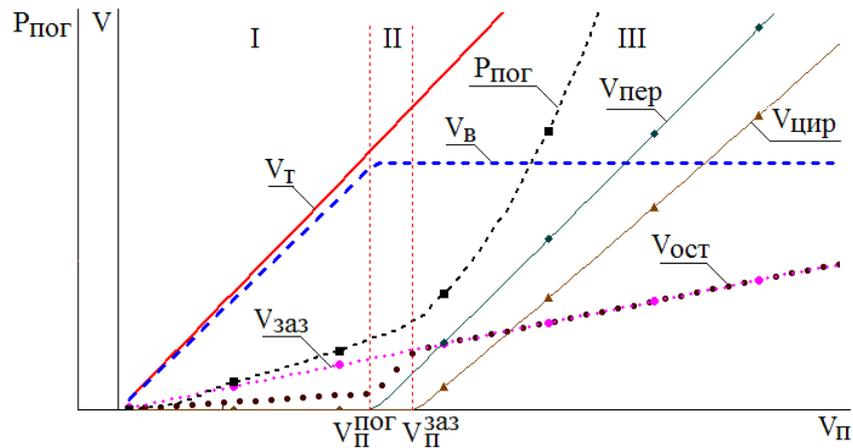


Рис. 3. Графическое представление процесса погрузки:  
 $V_{\text{Пог}}^{\text{II}}$  и  $V_{\text{П}}^{\text{заз}}$  – скорости перемещения, соответствующие границам  
 первого и второго диапазона соответственно

Во втором диапазоне производительность комбайна также не ограничивается погрузочной способностью его исполнительного органа, однако объем непогруженной горной массы полностью заполняет зазоры между вынесенным в уступ забоя корпусом очистного комбайна и горным массивом. Скорость перемещения, соответствующая границе второго диапазона, определяется по выражению

$$V_{\text{П}}^{\text{заз}} = V_{\text{В}} \cdot (D_{\text{ИО}} \cdot B_3 \cdot \gamma - S_{\text{заз}})^{-1}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – коэффициент разрыхления отделенной горной массы;  $S_{\text{заз}}$  – площадь зазоров дополнительного погрузочного устройства.

При оснащении комбайна зачистными лемехами или полноразмерными погрузочными щитками выделенный диапазон отсутствует, что приводит к снижению максимальной скорости перемещения в зависимости от  $D_{\text{ИО}}$  и  $B_3$  в 1,1...1,3 раза [15]. Отношение мощности процесса погрузки к мощности процесса разрушения находится в пределах 10...44 %.

В третьем диапазоне процесс погрузки сопровождается накоплением циркулирующей горной массы и интенсивным возрастанием напряженного состояния транспортируемой массы в рабочем пространстве исполнительного органа, следствием чего являются значительное дополнительное переизмельчение и экспоненциальное увеличение мощности погрузки как функция скорости перемещения комбайна. Отношение мощности процесса погрузки к мощности процесса разрушения составляет 27...82 %.

Работа очистного комбайна с постоянной скоростью перемещения в режиме циркуляции приводит к заштыбовке опережающего исполнительного органа, что обуславливает необходимость остановки очистного комбайна для ее ликвидации и, как следствие, влечет за собой дополнительные затраты времени на технологические перерывы. Тогда зависимость для определения технической производительности комбайна будет выглядеть следующим образом:

$$Q_{\text{тех}} = \begin{cases} \frac{60 \cdot \bar{H}_{\text{пл}} \cdot B_3 \cdot \rho \cdot k_{\text{тех}}}{t_{\text{разг}} + t_{\text{раб}} + t_{\text{разш}}} \cdot \left[ \int_0^{t_{\text{разг}}} V_{\text{п}}^{\text{разг}}(t) dt + V_{\text{п}} \cdot t_{\text{раб}} \right] & \text{при } V_{\text{п}} > V_{\text{п}}^{\text{заз}}, \\ \text{иначе } 60 \cdot \bar{H}_{\text{пл}} \cdot B_3 \cdot V_{\text{п}} \cdot \rho \cdot k_{\text{тех}} & \end{cases} \quad (2)$$

где  $V_{\text{п}}^{\text{разг}}$  – функция скорости перемещения комбайна при разгоне;  $k_{\text{тех}}$  – коэффициент технического совершенства машины;  $\rho$  – плотность отделенной горной массы;  $t_{\text{разг}}$ ,  $t_{\text{раб}}$ ,  $t_{\text{разш}}$  – время разгона очистного комбайна, работы до заштыбовки и на разштыбовку опережающего шнека соответственно.

На рис. 4 представлен график зависимости технической производительности очистного комбайна от скорости перемещения для ширины захвата исполнительного органа, изменяющейся в пределах от 0,9 до 0,5 м. Использовался шнек диаметром 0,8 м.

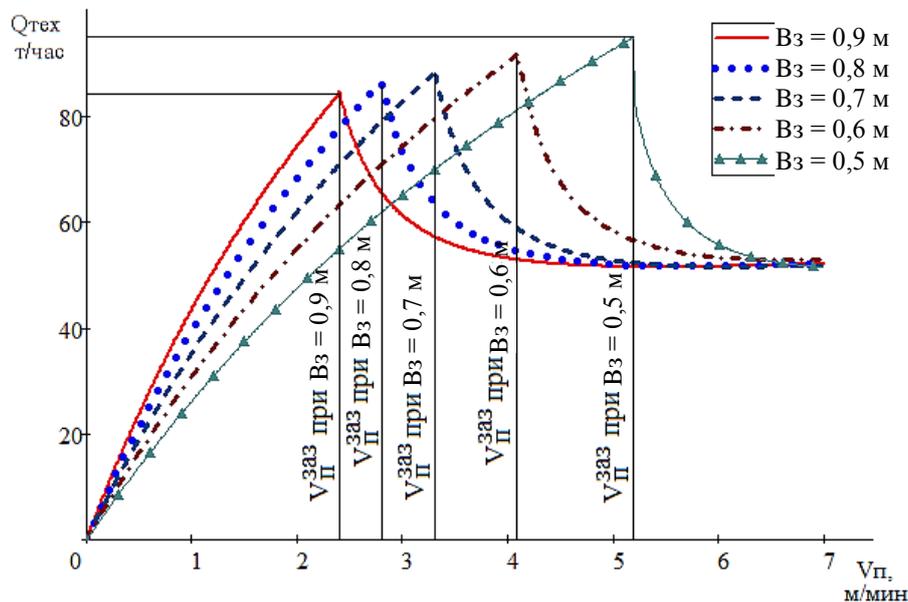


Рис. 4. Графики зависимости технической производительности очистного комбайна  $Q_{\text{тех}}$  от скорости перемещения для различных значений ширины захвата

Анализ результатов моделирования показал, что работа комбайна со скоростями перемещения  $V_{\text{п}} > V_{\text{п}}^{\text{заз}}$  обуславливает снижение технической производительности в 1,5...1,7 раза по сравнению с режимами работы, не приводящими к циркуляции. При этом максимальное значение  $Q_{\text{тех}}$  достигается при минимальном значении  $B_з$ .

Для выбора рациональной структуры, конструктивных и режимных параметров очистного комбайна, обеспечивающих наибольшую техническую производительность при заданной мощности электродвигателя привода исполнительного органа  $P_{\text{ио}}^{\text{уст}}$  (см. штрихпунктирную линию) или минимальной мощности на разрушение и погрузку горной массы при требуемом значении технической производительности  $Q_{\text{тех}}^{\text{рф}}$  (см. штриховую линию), а также при ограничении скорости подачи (например, по скорости

перемещения оператора в забое  $V_{\Pi}^{\text{чел}}$  (см. сплошную линию)), была разработана номограмма (рис. 5) [16].

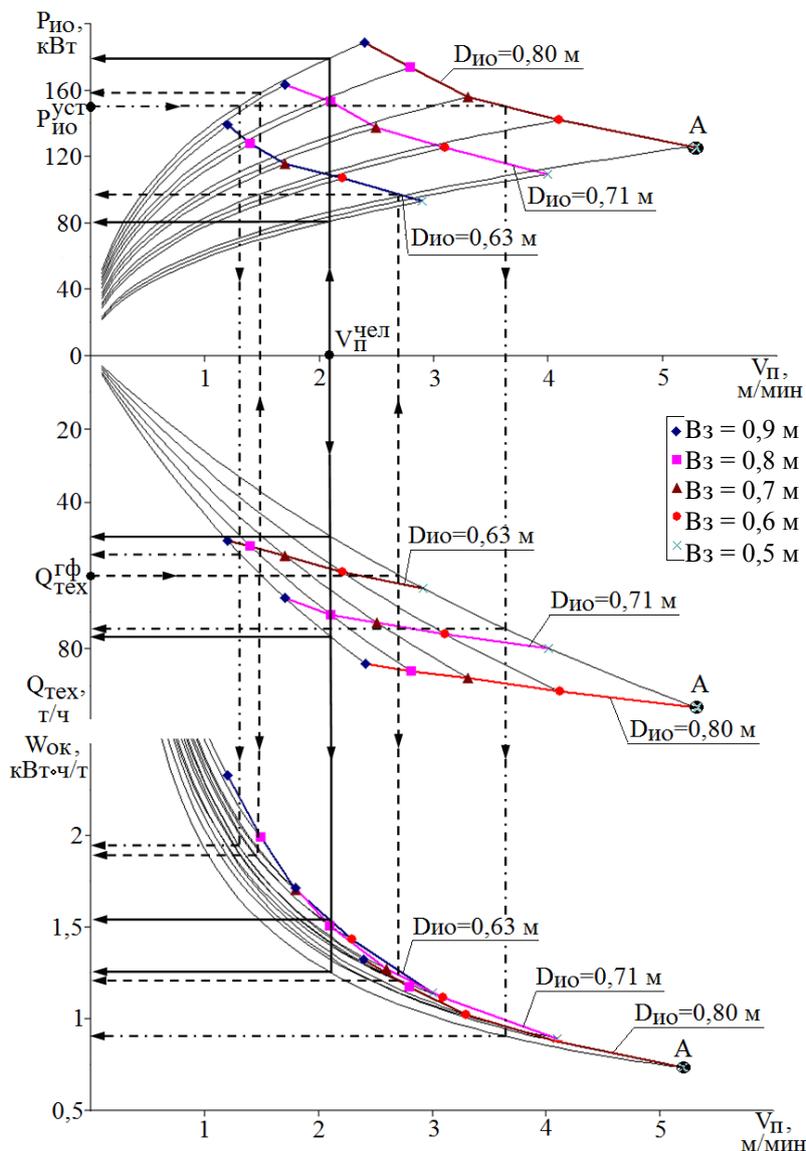


Рис. 5. Номограмма выбора рационального диаметра и ширины захвата шнека

Установлено, что максимальная техническая производительность при минимальной мощности и удельных энергозатратах разрушения и погрузки горной массы очистным комбайном достигается при его работе с предельной скоростью перемещения до начала циркуляции разрушенной горной массы в рабочем пространстве исполнительного органа диаметром, близким к средней мощности пласта, и с наименьшей из рассматриваемого ряда шириной захвата (в точке А).

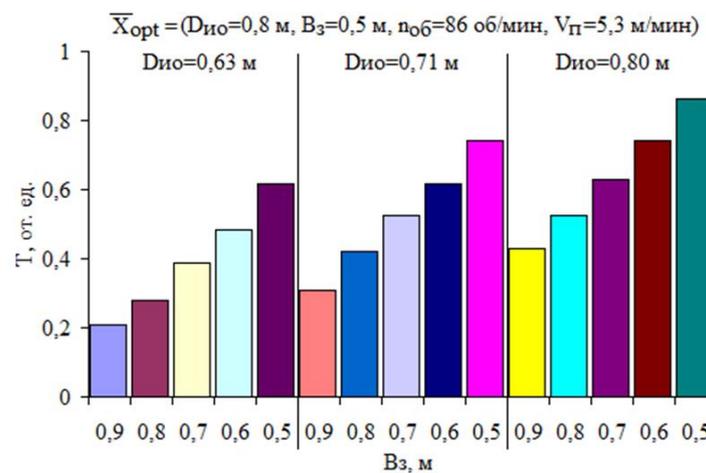
**Оптимизация структуры, конструктивных и режимных параметров подсистемы погрузки горной массы.** Выбор рациональных геометрических и режимных параметров очистного комбайна, обеспечивающих наибольшую эффективность его работы, является многокритериальной задачей, решение которой противоречиво ввиду значительного количества ограничивающих факторов,

требующих разработки соответствующей математической модели оптимизации [17]. Задача оптимизации решалась методом свертывания частных критериев ( $Q_{\text{тех}}$ ,  $P_{\text{ио}}$ ,  $W_{\text{ок}}$ ) в комплексный критерий качества. Математическая модель оптимизации может быть представлена в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Найти } \bar{X}_n^{\text{opt}} (n=1, N_n) \text{ при которых: } T \rightarrow \max; \\ \bar{X} \in R_x^n, \bar{C}; \quad R_x^n \supset \bar{X} \left\{ \begin{array}{l} g_i(\bar{X}, \bar{C}) \leq 0, \quad i = \overline{1, N_i} \\ X_k^{\min} \leq X_k \leq X_k^{\max}, \quad k = \overline{1, N_k} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (3)$$

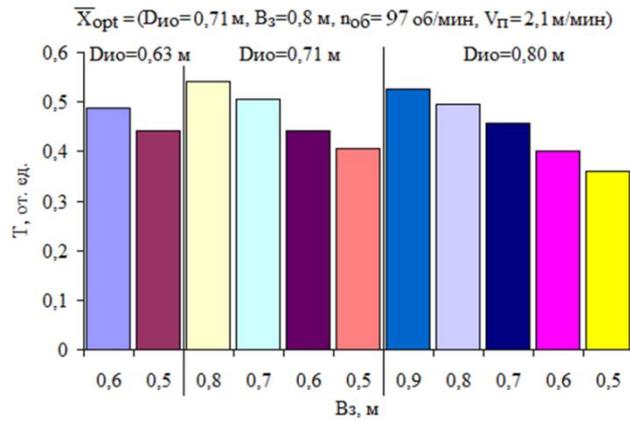
где  $\bar{X}_n^{\text{opt}}$  –  $n$ -е оптимальное значение вектора параметров;  $T$  – комплексный критерий качества;  $\bar{X}$  – вектор переменных проектирования (параметров, оптимальные значения которых должны быть найдены в процессе оптимизации);  $\bar{C}$  – вектор постоянных проектирования;  $R_x^n$  – пространство проектирования, представляющее собой множество возможных (с учетом ограничивающих факторов) значений вектора переменных проектирования, из которых необходимо выбрать оптимальные значения (это пространство задается в виде функций ограничений  $g(\bar{X}, \bar{C})$ , количество которых определяется факторами, ограничивающими возможные значения параметров проектирования);  $X_k^{\min}$ ,  $X_k^{\max}$  – минимальное и максимальное возможные значения  $k$ -й составляющей вектора переменных проектирования.

На основе математической модели оптимизации с использованием комплексной математической модели рабочих процессов разрушения и погрузки горной массы шнеками малых диаметров разработана методика выбора рациональной структуры и параметров очистного комбайна под конкретные условия эксплуатации. Результаты оптимизации параметров очистного комбайна (при учете ограничивающих факторов) представлены на рис. 6.

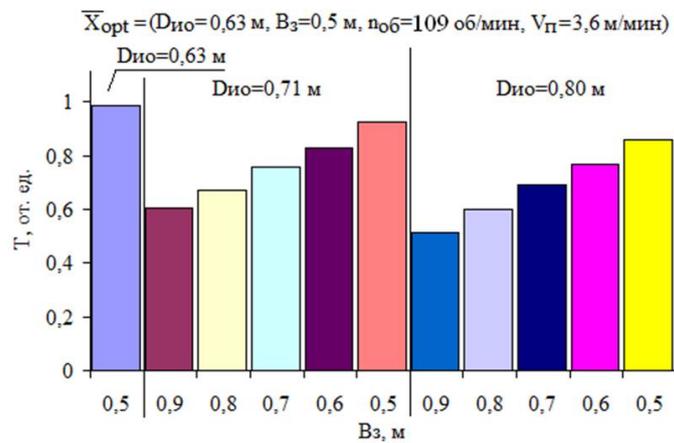


(а)

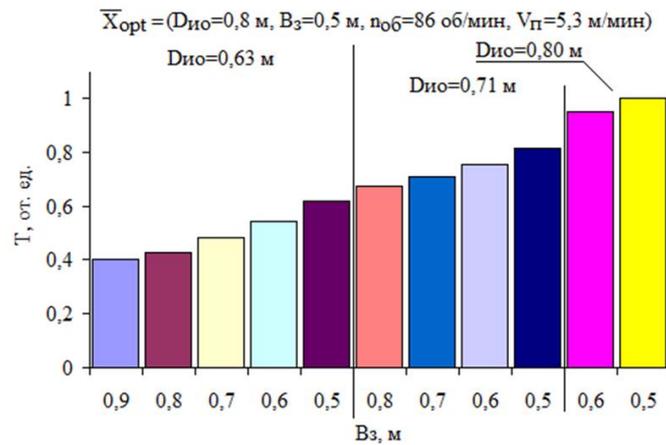
Рис. 6. Результаты оптимизации параметров очистного комбайна с учетом ограничений: по условию отсутствия циркуляции горной массы в рабочем пространстве шнека (а); по скорости перемещения человека в забое (б); по производительности (в); по мощности электродвигателя привода исполнительного органа (г)



(б)



(в)



(г)

Рис. 6. Продолжение

Таким образом, установлено, что в случае возникновения ограничений, связанных с горно-геологическими и горнотехническими условиями эксплуатации, необходимо рассматривать весь диапазон возможных значений  $D_{ио}$  и  $B_3$  для установления их рационального сочетания, обеспечивающего наибольшую техническую производительность при приемлемой энергоемкости работы комбайна. Рациональные значения структуры и конструктивных, режимных параметров очистного комбайна под конкретные горно-геологические и горнотехнические условия обеспечат повышение  $Q_{тех}$  в 1,1...2,1 раза, и снижение  $P_{ио}$  и  $W_{ок}$  в 1,3...1,5 и 1,3...2,3 раза соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что мощность и удельные энергозатраты процесса погрузки с увеличением ширины захвата шнека возрастают тем интенсивнее, чем выше скорость перемещения комбайна. Этот рост обусловлен началом процесса циркуляции разрушенной горной массы. При этом чем больше ширина захвата шнека, тем раньше этот процесс начинается и интенсивнее протекает. Экспериментально получены регрессионные зависимости мощности  $P_{пог}$  и удельных энергозатрат  $W_{пог}$  погрузки отделенной горной массы шнеками малого диаметра с различной шириной захвата  $B_3$  от скорости перемещения комбайна  $V_{п}$  экспоненциального вида:

$$P_{пог}(V_{п}, B_3) = k_1 \cdot B_3 \cdot e^{k_2 \cdot B_3 \cdot V_{п}}; W_{пог}(V_{п}, B_3) = k_3 \cdot V_{п}^{-1} \cdot e^{k_2 \cdot B_3 \cdot V_{п}}.$$

2. Характер и особенности рабочего процесса погрузки в значительной степени зависят от значения скорости перемещения очистных комбайнов и их структурных параметров. При этом можно выделить три диапазона скоростей перемещения, отличающихся физической картиной процесса погрузки (первый характеризуется свободной погрузкой; второй – перебросом непогруженной горной массы на нерабочую сторону шнека ввиду ограниченной площади окна выгрузки; третий – циркуляцией горной массы, обусловленной ограниченной пропускной способностью зазоров дополнительного погрузочного устройства) и отношением мощности процесса погрузки к мощности процесса разрушения (в первом и втором диапазонах – 9...44 %, в третьем – 27...82 % в зависимости от свойств разрушаемого массива).

3. Оснащение комбайна зачистным лемехом или полноразмерным погрузочным щитком приводит к снижению остатка горной массы на почве пласта в 1,2...5,9 раза при интенсификации процесса циркуляции горной массы в рабочем пространстве шнека, что обуславливает отсутствие второго диапазона с уменьшением границы первого диапазона в 1,1...1,3 раза.

4. Максимальная техническая производительность при минимальной мощности и удельных энергозатратах разрушения и погрузки горной массы достигается путем применения погрузочных щитков с зазорами при работе комбайна с граничной скоростью перемещения по условию отсутствия циркуляции горной массы в рабочем пространстве шнека диаметром, близким к средней мощности пласта, и с наименьшей из принятого диапазона шириной захвата.

5. Разработаны методика и математическая модель оптимизации структуры и параметров очистных комбайнов под заданные горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации по критерию максимальной технической производительности при приемлемой энергоемкости процессов разрушения и погрузки горной массы на основе установленных закономерностей комплексного влияния этих параметров на процессы разрушения и погрузки с учетом ограничивающих факторов. Установлено, что рациональные значения геометрических и режимных параметров и структуры комбайна обеспечат рост технической производительности в 1,1...2,1 раза,

снижение мощности и удельных энергозатрат разрушения и погрузки в 1,3...1,5 и 1,3...2,3 раза соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горные машины для подземной добычи угля: учебное пособие для вузов / П.А. Горбатов [и др.] / под общ. ред. П.А. Горбатова. Донецк: Норд Компьютер. 2006. 669 с.
2. Бойко Н.Г. Очистные комбайны для тонких пластов. Донецк: ДонНТУ. 2010. 476 с.
3. Нечепаяев В.Г. Механо-гидравлические шнековые системы выгрузки и транспортирования. Донецк: ДонНТУ. 2005. 215 с.
4. КД 12.10.040-99. Изделия угольного машиностроения. Комбайны очистные. Методика выбора параметров и расчета сил резания и подачи на исполнительных органах (взамен ОСТ12.44.258-84). Введ. 2000-01-01. Донецк: Минуглепром Украины. 1999. 75 с.
5. Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В. Разрушение углей выемочными машинами. М.: Недра. 1984. 288 с.
6. Моделирование разрушения углей режущими инструментами / отв. ред. Ю.Д. Красников. М.: Наука. 1981. 181 с.
7. An applied model of minimum rotating speed for drum shearer to avoid drum clogging / K. Gao [et al.] // *Journal of Engineering Research*. 2019. V. 7. № 1. P. 1–19.
8. Nguyen K.L., Gabov V.V., Zadkov D.A. Improvement of drum shearer coal loading performance // *Eurasian Mining*. 2018. № 2. P. 22–25.
9. Nguyen K.L., Gabov V.V., Zadkov D.A. Improving efficiency of cleanup and coal flow formation on conveyor by shearer loader with accessorial blade // *Eurasian Mining*. 2019. № 1. P. 37–39.
10. Ayhan M., Eyyuboglu E.M. Comparison of globoid and cylindrical shearer drums' loading performance // *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*. 2006. V. 106. № 1. P. 51–56.
11. Justification of process of loading coal onto face conveyors by auger heads of shearer-loader machines / K.L. Nguyen [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. V. 327. P. 42132.
12. Бойко Н.Г. Погрузка угля очистными комбайнами. Донецк: ДонНТУ. 2002. 157 с.
13. Шабаев О.Е., Зинченко П.П., Мезников А.В. Экспериментальные исследования влияния ширины захвата шнекового исполнительного органа комбайна на эффективность процесса погрузки // *Горные науки и технологии*. 2019. № 2. С. 90–103.
14. Установление зависимости погрузочной способности шнековых очистных комбайнов от их режимных параметров на основе модельных и натуральных экспериментов / О.Е. Шабаев [и др.] // *Вестник Донецкого национального технического университета*. 2019. № 3. С. 42–50.
15. Шабаев О.Е., Бридун И.И., Зинченко П.П. Влияние дополнительных погрузочных устройств на производительность очистных комбайнов со шнеками малых диаметров // *Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 16 Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики: в 2 т.* Тула: ТулГУ. 2020. Т. 1. С 187–194.

16. Обоснование параметров шнекового исполнительного органа очистных комбайнов для тонких пластов / О.Е. Шабает [и др.] // *Системы управления электротехническими объектами: сборник научных трудов восьмой Всероссийской научно-практической конференции*. Тула: ТулГУ. 2018. Вып. 8. С. 83–88.

17. Шабает О.Е. Нечепает В.Г., Зинченко П.П. Методика выбора параметров очистных комбайнов со шнеками малых диаметров применительно к заданным горно-геологическим условиям // *Вестник Донецкого национального технического университета*. 2020. № 3. С. 43–51.

**Для цитирования:** Шабает О.Е., Степаненко Е.Ю., Зинченко П.П. Выбор рациональных структуры, геометрических и режимных параметров очистного комбайна для выемки тонких пологих пластов // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2024. № 3 (23). С. 55–66.

### **THE CHOICE OF RATIONAL STRUCTURE, GEOMETRIC AND OPERATING PARAMETERS OF A CLEANING COMBINE FOR DREDGING THIN COAL SEAMS**

O.E. SHABAEV, Dr. Sc., E.Yu. STEPANENKO, Cand. Sc.,  
P.P. ZINCHENKO, Cand. Sc.

Donetsk National Technical University,  
58, Artema st., Donetsk, 283001, e-mail: pawel.zin4encko@yandex.ru

The physics of the process of loading of rock mass separated by auger actuators of small diameter is disclosed. Regression dependences of exponential type of power, specific energy consumption of loading as a function of auger working width and speed of machine movement are established. On the basis of the performed experimental and theoretical studies the methodology and mathematical model of optimization of the structure and parameters of shearers under the given mining-geological and mining-technical conditions of operation are developed. It is noted that rational values of geometrical and mode parameters and structure of the shearer will provide growth of technical productivity in 1,1...2,1 times and reduction of power and specific energy consumption of destruction and loading in 1,3...1,5 and 1,3...2,3 times respectively.

*Keywords:* coal combine, thin coal seams, small diameter shearer, web width of the shearer, loading capacity, coal circulation, optimization, work efficiency.

Поступила в редакцию/received: 15.03.2024; после рецензирования/revised: 17.03.2024;  
принята/accepted: 27.03.2024