ГЕОТЕХНОЛОГИЯ. ГОРНЫЕ МАШИНЫ

УДК 622.232 DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-8-17

К методике определения основных параметров схемы набора режущего инструмента с учетом структуры забоя, разрушаемого шнековым исполнительным органом

Шабаев О. Е.[1], Нечепаев В. Г.[1], Зинченко П. П.[1]*
[1] Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Россия
e-mail: pawel.zin4encko@yandex.ru

Реферат
Цель работы *– оценка влияния хрупко-пластических свойств пластов смешанной структуры на оптимальные параметры схемы набора резцового режущего инструмента шнековых исполнительных органов, обеспечивающие наибольшую эффективность процесса разрушения забоя.*
Методика. *Достижение поставленной цели обеспечивалось на основе системного подхода, при рациональном сочетании теоретических и экспериментальных методов исследований. Математическая модель влияния хрупко-пластических свойств пластов смешанной структуры на значение рациональной ширины среза базируется на общепризнанных положениях теории резания углей и пород.*
Результаты. *Проведенные исследования показали, что в условиях смешанного забоя увеличение эффективности работы очистного комбайна достигается за счет выбора рациональных параметров схемы набора резцового режущего инструмента шнекового исполнительного органа, важен учет особенностей структуры и хрупко-пластических свойств составляющих смешанного забоя, включая породные прослои.*
Выводы. *Существенное повышение эффективности работы очистного комбайна в условиях смешанного забоя может быть обеспечено выбором оптимальной ширины среза при формировании рациональной схемы набора резцового режущего инструмента шнекового исполнительного органа, важен учет структуры и хрупко-пластических свойств углей и пород, составляющих смешанный забой. Так, формирование схемы набора с учетом хрупко-пластических свойств углей и породных прослойков смешанного забоя обусловливает возможность снижения удельных энергозатрат работы комбайна до 74 % в зависимости от удельного веса мощности породных прослойков и их хрупко-пластических свойств.*

Ключевые слова: *схема набора; смешанный забой; хрупко-пластические свойства; энергоемкость разрушения; очистной комбайн.*

Введение. В эпоху продолжающейся индустриализации 4.0 и начинающейся индустриализации 5.0 актуальность проблемы энергообеспеченности государств возрастает практически во всем мире [1]. В настоящее время в Российской Федерации наиболее широко применяется открытый (карьерный) способ разработки углей. Однако коксующиеся и другие ценные экспортируемые марки угля залегают в пластах, которые разрабатываются подземным способом [2]. Анализ распределения угольных пластов по мощности и углам падения показал, что для Донецкого угольного бассейна бывшей УССР характерны пласты мощностью 0,55–1,20 м с углом падения до 35°; для Донецкого угольного бассейна бывшей РСФСР –

пласты мощностью 0,55–1,80 м с углом падения до 12°; для Карагандинского, Кузнецкого и Подмосковного бассейнов – пласты мощностью 1,2–3,5 м с углами падения до 12° (*Методика оценки и классификация показателей разрушаемости угольных пластов основных бассейнов СССР. Ч. II. Классификация показателей разрушаемости угольных пластов. ИГД им. А. А. Скочинского, 1978. 121 с.*). На долю чистых (без включений и прослойков) пластов основных угольных бассейнов бывшего СССР приходится не более 28 % запасов (*Методика оценки и классификация показателей разрушаемости угольных пластов…*) [3, 4]. При этом преобладают вязкие угли, реже встречаются хрупкие некрепкие угли [4]. Остальные пласты чаще всего содержат либо породные прослойки, либо твердые включения, либо то и другое одновременно [3]. Наиболее часто встречаются прослойки аргиллита и алевролита, реже – песчаника, сланца и углистого аргиллита, мощность которых варьируется в пределах 5–25 % и более от средней мощности пласта (*Методика оценки и классификация показателей разрушаемости угольных пластов…*). При этом расположение прослойков в структуре пласта варьируется весьма широко.

Разработка угольных пластов подземным способом осуществляется преимущественно механизированными комплексами, оснащенными шнековыми очистными комбайнами [5, 6]. Шнековые исполнительные органы очистных комбайнов комплектуются значительным количеством резцового режущего инструмента (35–100 штук и более), располагаемого по определенной заданной схеме [7]. Параметры схемы набора режущего инструмента на шнековом исполнительном органе в существенной мере обусловливают параметры стружкообразования, которые в совокупности с режимами работы очистного комбайна определяют эффективность процесса разрушения угольного забоя и эффективность применения механизированного комплекса в целом.

Постановка проблемы. Параметры схемы набора резцового режущего инструмента исполнительных органов очистных комбайнов устанавливаются в соответствии с регламентированной методикой (*ОСТ 12.44.258-84 Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и по дачи на исполнительных органах. Методика Группа Г41. М.: Минуглепром СССР, 1984. 108 с.*), согласно которой параметры стружкообразования принимаются исходя из фактических условий эксплуатации выемочных машин, усредненных по определенным группам типовых условий. Типизация пластов по группам осуществляется на основе показателя разрушаемости пласта, зависящего от средневзвешенной сопротивляемости пласта резанию и степени хрупкости угля. Механические свойства породных прослойков и твердых включений при определении средневзвешенной сопротивляемости пласта приводятся к показателю сопротивляемости угля разрушению, при этом не учитывается различие хрупко-пластических свойств породных прослойков и собственно углей, составляющих массив. При определении параметров схемы набора резцового режущего инструмента на шнековом исполнительном органе в качестве основного параметра принимается ширина среза t, зависящая от максимального значения толщины среза h, которая, в свою очередь, обусловливается радиальным вылетом резца и показателем степени хрупкости угля (*ОСТ 12.44.258-84*). Оценка совокупного влияния толщины среза h и ширины среза t на энергоемкость разрушения угольной пачки (являющейся составной частью в общей структуре массива пласта) показала, что зависимость удельных энергоза-

трат W от соотношения t/h для разных значений толщины среза может быть графически интерпретирована семейством кривых, экстремумы которых лежат на линии, являющейся геометрическим местом точек минимальных энергозатрат [4]. При этом в зависимости от хрупко-пластических свойств этот экстремум смещается в сторону меньших значений для вязких и, наоборот, в сторону больших значений для хрупких и весьма хрупких углей.

Ранее, на основании результатов проведенных натурных экспериментов [8], считалось, что при разрушении породной пачки резцовым инструментом отсутствует значительный угол развала борозды (угол между боковой поверхностью борозды резания и плоскостью, проходящей по оси резца и перпендикулярной поверхности забоя), и оптимальное соотношение t/h следует принимать равным 1,5–2,0. Однако исследования [9–15], (*Методика испытания горных пород на статическое откалывание / Л. Б. Глатман, Л. С. Яшина. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1980. 20 с.*) показали, что породы, так же как и угли, обладают определенными хрупко-пластическими свойствами, характеризующимися параметром tgφ (показатель хрупко-пластических свойств по методу ИГД им. А. А. Скочинского (*Методика испытания горных пород на статическое откалывание…*)), что не нашло отражения в методике, представленной в ОСТ 12.44.258-84. Поэтому графические интерпретации зависимости удельных энергозатрат W разрушения пород от соотношения t/h для разных значений h будут схожи, но смещены в сторону меньших значений t по сравнению с аналогичными зависимостями для углей. Следовательно, игнорирование хрупко-пластических свойств породных прослоев при разработке пластов смешанной структуры приводит к росту удельных энергозатрат процесса разрушения ввиду неоптимальности принимаемых параметров схемы набора.

Порядок проведения исследования. Для оценки влияния параметра схемы набора резцового режущего инструмента t на эффективность работы очистного комбайна со шнековыми исполнительными органами при разрушении пластов смешанной структуры в качестве критерия принимаем средневзвешенные удельные энергозатраты $\overline{W_{\text{ок}}}$, кВт · ч/м^3, которые можно определить по зависимости:

$$\overline{W_{\text{ок}}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i h_{\text{п}\,i}}{H_{\text{пл}}}, \tag{1}$$

где W_i – удельные энергозатраты при разрушении i-й пачки пласта смешанной структуры, кВт · ч/м^3; n – количество разрушаемых пачек пласта смешанной структуры; $h_{\text{п}\,i}$ – мощность i-й разрушаемой пачки пласта смешанной структуры, м; $H_{\text{пл}}$ – мощность разрушаемого пласта (суммарная толщина всех пачек пласта смешанной структуры), м.

Зависимость для определения удельных энергозатрат процесса разрушения горных пород в общем случае имеет вид [4]:

$$W_i = 2{,}72 \cdot 10^{-3} \frac{Z_{\text{ср}\,i}}{h_{\text{ср}\,i} t}, \tag{2}$$

где $Z_{\text{ср}\,i}$ – средняя сила резания на резце при разрушении i-й пачки, Н; $h_{\text{ср}\,i}$ – средняя толщина среза при разрушении i-й пачки, см.

С учетом разрушения нескольких пачек, имеющих различные физико-механические и хрупко-пластические свойства, зависимость для определения средней силы резания на резце при средней толщине среза имеет вид (*ОСТ 12.44.258-84*), [4]:

$$Z_{\text{ср}\,i} = \begin{cases} 10A_{\text{у}\,i}\dfrac{0{,}3+d_{\text{к}}0{,}35}{d_{\text{к}}+E_i\sqrt{h_{\text{ср}\,i}}}h_{\text{ср}\,i}tk_{\text{з}\,i} \text{ – при разрушении угольной пачки;} \\ P_{\text{к}\,i}k_{d\,\text{к}}\left(0{,}25+1{,}8h_{\text{ср}\,i}t\right)k_{\text{об}\,i} \text{ – при разрушении породной пачки,} \end{cases} \quad (3)$$

где $A_{\text{у}\,i}$ – сопротивляемость резанию i-й угольной пачки, Н/мм; $d_{\text{к}}$ – диаметр твердосплавной вставки (керна) резца, см; E_i – показатель степени хрупкости i-й угольной пачки; $k_{\text{з}\,i}$, $k_{\text{об}\,i}$ – коэффициенты обнажения забоя при разрушении i-й угольной или породной пачки, соответственно; $P_{\text{к}\,i}$ – контактная прочность i-й породной пачки, МПа; $k_{d\,\text{к}}$ – коэффициент, учитывающий влияние диаметра керна резца на усилие резания [11].

Коэффициенты $k_{\text{з}}$ и $k_{\text{об}}$ отражают влияние хрупко-пластических свойств материалов разрушаемых пачек и параметров стружкообразования на энергоемкость разрушения. Физически эти коэффициенты представляют собой отношение удельных энергозатрат разрушения при исследуемых значениях $h_{\text{ср}}$ и t к удельным энергозатратам разрушения при эталонном резании с одинаковой толщиной среза $h_{\text{ср}}$ [4, 13].

Значение коэффициента обнажения забоя при разрушении i-й пачки:
– для углей (ОСТ 12.44.258-84)

$$k_{\text{з}\,i} = \begin{cases} \left[1+1{,}6\left(\dfrac{t}{t_{\text{опт у}\,i}}-1\right)^2\right]\left(0{,}25+\dfrac{0{,}66}{h_{\text{ср}\,i}+1{,}3}\right), \text{ если } t \le t_{\text{опт у}\,i}; \\ \left[1+0{,}21h_{\text{ср}\,i}\left(\dfrac{t}{t_{\text{опт у}\,i}}-1\right)\right]\left(0{,}25+\dfrac{0{,}66}{h_{\text{ср}\,i}+1{,}3}\right), \text{ если } t > t_{\text{опт у}\,i}; \end{cases} \quad (4)$$

– для пород [14]

$$k_{\text{об}\,i} = \begin{cases} 1{,}19-0{,}19\dfrac{t}{t_{\text{опт п}\,i}}, \text{ если } \dfrac{t}{t_{\text{опт п}\,i}} \le 1; \\ \text{иначе } 1{,}62-1{,}33\dfrac{t}{t_{\text{опт п}\,i}}+0{,}73\left(\dfrac{t}{t_{\text{опт п}\,i}}\right)^2, \end{cases} \quad (5)$$

где $t_{\text{опт у}\,i}$, $t_{\text{опт п}\,i}$ – оптимальная ширина среза i-й угольной или породной пачки, соответственно, см.

Значение оптимальной ширины среза i-й пачки:
– для углей (ОСТ 12.44.258-84)

$$t_{\text{опт у}\,i} = d_{\text{к}} + \left(\frac{5h_{\text{ср}\,i}}{0{,}5h_{\text{ср}\,i}+4{,}5}+0{,}7h_{\text{ср}\,i}\right)\frac{1{,}47E_i}{E_i+1{,}2}; \quad (6)$$

– для пород [10, 14]

$$t_{\text{опт п}\,i} = 1{,}15 k_{\text{р}} \text{tg}\varphi_i \sqrt{h_{\text{ср}\,i}}, \tag{7}$$

где $k_{\text{р}}$ – коэффициент, учитывающий влияние диаметра твердосплавной вставки (керна) [13]; $\text{tg}\varphi_i$ – показатель хрупко-пластических свойств *i*-й породной пачки по методу ИГД им. А. А. Скочинского (*Методика испытания горных пород на статическое откалывание…*).

Значение средней толщины среза при разрушении i-й пачки, определяется по зависимости:

$$h_{\text{ср}\,i} = \frac{h_{\max}}{\gamma_{i+1} - \gamma_i} \int_{\gamma_i}^{\gamma_{i+1}} \sin(\varphi) d\varphi, \tag{8}$$

где $h_{\max}$ – максимальная толщина среза, см; γ_i, γ_{i+1} – угол начала и окончания контакта резца с разрушаемой *i*-й пачкой, соответственно, рад.

Угол контакта резца с *i*-й разрушаемой пачкой определяется по зависимости:

$$\gamma_i = \arccos\left(\frac{0{,}5 D_{\text{ио}} - \sum_{i=1}^{n} h_{\text{п}\,i}}{0{,}5 D_{\text{ио}}} \right), \tag{9}$$

где $D_{\text{ио}}$ – диаметр исполнительного органа (шнека) по резцам, м.

Приведенные зависимости (1)–(9) положены в основу математической модели влияния хрупко-пластических свойств пластов смешанной структуры и фактической скорости перемещения очистного комбайна на значение рациональной ширины среза *t* как основного параметра схемы набора резцового режущего инструмента шнековых исполнительных органов, обеспечивающего наибольшую эффективность процесса разрушения пластов смешанной структуры. Математическая модель реализована в среде Mathcad, разработана соответствующая методика определения рациональных значений параметров схемы набора резцового режущего инструмента шнекового исполнительного органа.

В процессе моделирования определялись рациональные значения отношения *t*/*h* для формирования схемы набора режущего инструмента шнекового исполнительного органа очистного комбайна согласно методике, изложенной в ОСТ 12.44.258-84, и согласно разработанной методике. Исходные данные для моделирования, соответствующие рассматриваемым горно-геологическим условиям, приведены далее, модельный эксперимент выполнялся в полнофакторном формате.

Варьируемые параметры при проведении модельного эксперимента

Мощность разрушаемого пласта $H_{пл}$, м 1,2; 2,0; 3,4
Показатель степени хрупкости угля E 1,65; 2,80
Сопротивляемость угля резанию $A_у$, Н/мм 120; 180; 210
Показатель хрупко-пластических свойств породы tgφ 1,0; 1,2; 1,5; 2,0
Контактная прочность породы $P_к$, МПа 105; 220; 343
Соотношение мощностей породной пачки и разрушаемого пласта $h_п/H_{пл}$ 0,05; 0,10; 0,15; 0,20
Ширина среза t, см 1–10
Количество породных прослойков 1
Диаметр твердосплавной вставки (керна) резца $d_к$, см 2
Диаметр шнека по резцам $D_{ио}$, м 0,9; 1,2; 1,8
Расположение породного прослойка ..... у опережающего шнека; у отстающего шнека

На рис. 1 приведены результаты моделирования применительно к следующим условиям: мощность пласта – 2,0 м; уголь – вязкий, сопротивляемость разрушению – 120 Н/мм; породный прослой – алевролит мощностью 0,4 м и контактной прочностью 105 МПа с показателем хрупко-пластических свойств по методу ИГД им. А. А. Скочинского 1,19 [16]; породная пачка разрушается отстающим шнеком;

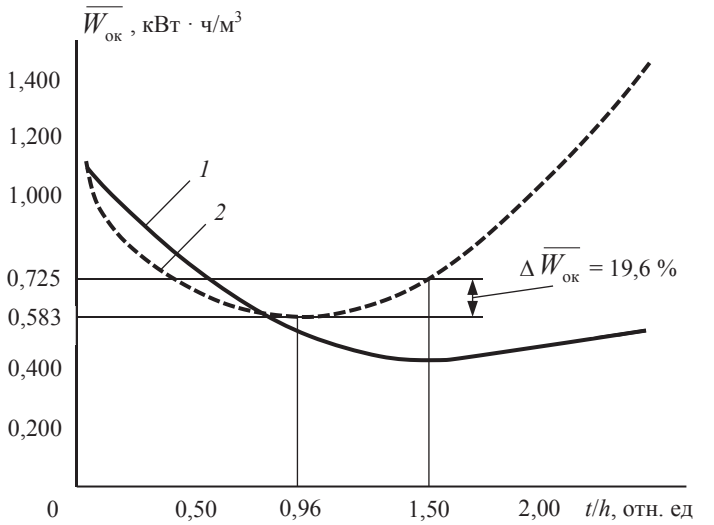

Рисунок 1. График зависимости удельных энергозатрат разрушения смешанного забоя $\overline{W}_{ок}$ от параметров стружкообразования t/h: *1* – по методике ОСТ 12.44.258-84; *2* – по предлагаемой математической модели

Figure 1. Graph of the dependence of specific energy consumption for the a mixed face destruction $\overline{W}_{ок}$ on the chip formation parameters t/h: *1* – according to the OST 12.44.258-84 method; *2* – according to the proposed mathematical model

прослой располагается таким образом, чтобы при его разрушении формировалась максимальная толщина среза; направление вращения шнека – встречное; максимальная толщина среза – 3 см.

Согласно рис. 1, оптимальное соотношение t/h по методике ОСТ 12.44.258-84 равно 1,5; по предлагаемой методике – 0,96. Удельные энергозатраты разрушения смешанного забоя составляют 0,725 и 0,583 кВт · ч/м^3, соответственно, т. е., реализация схемы набора по методике ОСТ 12.44.258-84 увеличивает удельные энергозатраты разрушения примерно на 20 %.

Анализ результатов модельного эксперимента, проведенного для установления влияния структуры и хрупко-пластических свойств составляющих смешанного забоя на эффективность работы очистного комбайна, позволил установить следующее.

Положение породного прослойка относительно кровли и почвы пласта существенно не влияет на значение удельных энергозатрат разрушения.

При разрушении смешанных тонких пластов независимо от значения показателя tgφ (характеризующего хрупко-пластические свойства по методу ИГД им. А. А. Скочинского) и смешанных забоев средней и большой мощности с породными прослойками при значениях tgφ ≤ 1,5 требуется корректировка значения оптимальной ширины среза согласно методике ОСТ 12.44.258-84, так как в этом случае удельные энергозатраты разрушения смешанного забоя возрастают на 10–74 % (в зависимости от значения средней мощности пласта и максимальной толщины среза). При этом увеличение толщины среза в 2 раза и толщины породной пачки от 5 до 20 % определяют возрастание удельных энергозатрат разрушения смешанного забоя в 1,5–2,0 раза.

При разрушении смешанного пласта, вмещающего породные прослойки с показателем хрупко-пластических свойств по методу ИГД им. А. А. Скочинского tgφ ≥ 2 (независимо от соотношения сопротивляемости угля резанию и контактной прочности породы, показателя хрупко-пластических свойств угля и породы, значения скорости подачи комбайна, а также при крепких углях и слабых породах независимо от хрупкости породы), оптимальную ширину среза следует определять согласно рекомендациям методики ОСТ 12.44.258-84 (такой же, как и для чистого угольного массива). В этом случае удельные энергозатраты разрушения смешанного забоя $W_{ок}$ возрастают на 2–5 %. Исключения составляют случаи, когда разрушается пласт, состоящий из слабого хрупкого угля ($A_у$ = 120 Н/мм, E = 2,8) и крепкого хрупкого породного прослойка ($P_к$ = 343 МПа, tgφ = 2) мощностью около 20 % от средней мощности пласта.

Заключение. Повышение эффективности работы очистного комбайна путем снижения удельных энергозатрат разрушения пласта сложного строения на 10–74 % может быть обеспечено на основе формирования схемы набора исполнительного органа со скорректированной шириной среза согласно предложенной методике, учитывающей структуру и хрупко-пластические свойства пачек разрушаемого забоя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жиронкин С. А., Коновалова М. Е., Жиронкина О. В., Селюков А. В., Буялич Г. Д. Майнинг 5.0 как технологическая платформа угледобычи в четвертом энергетическом переходе // Вестник «Кузбасского государственного технического университета». 2024. № 6(166). С. 120–132.

2. Стародубов А. Н., Кадочигова А. Н., Каплун А. В. Использование метода дискретных элементов для имитации моделирования выемки угля очистным комбайном // Горная промышленность. 2023. № S2. С. 150–154.

3. Линник Ю. Н., Линник В. Ю., Жабин А. Б., Цих А. Взаимосвязь характеристик прочности неоднородностей в угольных пластах // ГИАБ. 2023. № 3. С. 5–15.

4. Позин Е. З., Меламед В. З., Тон В. В. Разрушение углей выемочными машинами. М.: Недра, 1984. 288 с.

5. Hekimoglu O. Z., Ozdemir L. Effect of angle of wrap on cutting performance of drum shearers and continuous miners // Mining Technology (Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy A). 2004. Vol. 113. P. 118–122.

6. Казанин О. И., Евсюкова А. А. Подготовка выемочных участков тонких пластов с оставлением породы от проходки в шахте // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2024. № 6. С. 29–37. DOI: 10.21440/0536-1028-2024-6-29-37

7. Габов В. В., Задков Д. А., Прялухин А. Ф., Садовский М. В., Молчанов В. В. Совершенствование конструкции шнекового исполнительного органа очистного комбайна // ГИАБ. 2023. № 11-1. С. 51–71. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_111_0_51

8. Барон Л. И., Глатман Л. Б., Губенков Е. К. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Научно-методические основы. Разрушение резцовым инструментом. М.: Наука, 1968. 216 с.

9. Bao R. H., Zhang L. C., Yao Q. Y., Lun J. Estimating the peak indentation force of the edge chipping of rocks using single point-attack pick // Rock Mechanics Rock Engineering. 2011. No. 44. P. 339–347. DOI: 10.1007/s00603-010-0133-2

10. Глатман Л. Б., Яшина Л. С., Букчин С. Г. Определение оптимального шага резания горных пород // Научные сообщения ИГД им. А. А. Скочинского. М.: ННЦ ГП–ИГД им. А. А. Скочинского, 1985. С. 6–10.

11. Balci C., M. A. Demircin, Copur H., Tuncdemir H. Estimation of optimum specific energy based on rock properties for assessment of roadheader performance // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2004. Vol. 104. No. 11. P. 633–642.

12. Copur H., Bilgin N., Tuncdemir H., Balci C. A set of indices based on indentation tests for assessment of rock cutting performance and rock properties // The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. 2003. Vol. 103(9).

13. Vogt D. A review of rock cutting for underground mining: Past, present, and future // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2016. Vol. 116(11). P. 1011–1026. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n11a3

14. Леванковский И. А. Научные основы создания высокоэффективных инструментов для разрушения горных пород и породосодержащих композитов: дисс. … докт. техн. наук. М., 1999. 335 с.

15. Kuidong G., Changlong D., Hongxiang J., Songyong L. A theoretical model for predicting the Peak Cutting Force of conical picks // Fracture and Structural Integrity. 2013. Vol. 8. No. 27. P. 43–52. DOI: 10.3221/IGF-ESIS.27.06

16. Аверин Е. А. Развитие теоретических основ проектирования горнопроходческих машин для проведения подземных горных выработок различного назначения: дисс. … докт. техн. наук. Тула, 2021. 363 с.

Поступила в редакцию 6 мая 2025 года

Сведения об авторах:

Шабаев Олег Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой горных машин Донецкого национального технического университета. E-mail: oeshabaev@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0002-0845-7449

Нечепаев Валерий Георгиевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой основ проектирования машин Донецкого национального технического университета. E-mail: nechepayev@mech.donntu.ru; https://orcid.org/0000-0003-4016-1661

Зинченко Павел Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин Донецкого национального технического университета. E-mail: pawel.zin4encko@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0002-4070-2715

DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-8-17

Determining the main parameters of the pick lacing scheme, taking into account the structure of the face destroyed by the auger executive

Oleg E. Shabaev[1], Valerii G. Nechepaev[1], Pavel P. Zinchenko[1]
[1] Donetsk National Technical university, Donetsk, Russia.

Abstract

Research objective *is to assess the effect the composite strata brittle-plastic properties have on the optimal parameters of pick lacing on cutting tools for auger executives that ensure the highest efficiency of the face mining.*

Methods of research *included a systematic approach with a balance of theoretical and experimental research methods. The mathematical model of composite strata brittle-plastic properties effect on the value of the rational cut width is based on the generally accepted provisions of the coal and rock cutting theory.*
Research results *have shown that it is possible to improve shearer's efficiency in conditions of a mixed face by selecting rational parameters of pick lacing on cutting tools for auger executives, taking into account the structural features and brittle-plastic properties of all components of the mixed face, including rock layers.*
Conclusions. *It is possible to significantly improve shearer's efficiency in conditions of a mixed face by selecting optimal cut width when forming the rational parameters of pick lacing on cutting tools for auger executives, taking into account the structural features and brittle-plastic properties of all components of the mixed face. Thus, the formation of a pick lacing scheme taking into account the brittle-plastic properties of coal and rock layers in a mixed face allows for a reduction in the shearer's specific energy consumption by up to 74%, depending on the specific weight of the rock layer thickness and their brittle-plastic properties.*

Keywords: *set scheme; mixed face; brittle-plastic properties; energy intensity of destruction; shearer.*

REFERENCES

1. Zhironkin S. A., Konovalova M. E., Zhironkina O. V., Seliukov A. V., Buialich G. D. Mining 5.0 as a technological platform for coal extraction in the fourth energy transition. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of The Kuzbass State Technical University.* 2024; 6(166): 120–132. (In Russ.)

2. Starodubov A. N., Kadochigova A. N., Kaplun A. V. Application of the discrete element method for simulation of coal mining by a cutter-loader in a working face. *Gornaia promyshlennost = Russian Mining Industry.* 2023; S2: 150–154. (In Russ.)

3. Linnik Iu. N., Linnik V. Iu., Zhabin A. B., Tsikh A. Interplay of strengths of nonuniformities in coal seams. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal).* 2023; 3: 5–15. (In Russ.)

4. Pozin E. Z., Melamed V. Z., Ton V. V. Destruction of coal by excavation machines. Moscow: Nedra Publishing; 1984. (In Russ.)

5. Hekimoglu O. Z., Ozdemir L. Effect of angle of wrap on cutting performance of drum shearers and continuous miners. *Mining Technology (Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy A).* 2004; 113: 118–122.

6. Kazanin O. I., Evsiukova A. A. Front preparation in thin seams with rock stowing in mine. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering.* 2024; 6: 29–37. (In Russ.) Available from: doi: 10.21440/0536-1028-2024-6-29-37

7. Gabov V. V., Zadkov D. A., Prialukhin A. F., Sadovskii M. V., Molchanov V. V. Mining combine screw executive body design. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal).* 2023; 11-1: 51–71. (In Russ.) Available from: doi: 10.25018/0236_1493_2023_111_0_51

8. Baron L. I., Glatman L. B., Gubenkov E. K. *Destruction of rocks by tunneling combines. Scientific and methodological foundations. Destruction by a cutting tool.* Moscow: Nauka Publishing; 1968. (In Russ.)

9. Bao R. H., Zhang L. C., Yao Q. Y., Lun J. Estimating the peak indentation force of the edge chipping of rocks using single point-attack pick. *Rock Mechanics Rock Engineering.* 2011; 44: 339–347. Available from: doi: 10.1007/s00603-010-0133-2

10. Glatman L. B., Iashina L. S., Bukchin S. G. Determination of the optimal rock cutting step. In: *Scientific Report of A. A. Skochinsky Institute of Mining.* Moscow: A. A. Skochinsky Institute of Mining Publishing, 1985. P. 6–10. (In Russ.)

11. Balci C., M. A. Demircin, Copur H., Tuncdemir H. Estimation of optimum specific energy based on rock properties for assessment of roadheader performance. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.* 2004; 104(11): 633–642.

12. Copur H., Bilgin N., Tuncdemir H., Balci C. A set of indices based on indentation tests for assessment of rock cutting performance and rock properties. In: *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy.* 2003. Vol. 103(9).

13. Vogt D. A review of rock cutting for underground mining: Past, present, and future. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.* 2016; 116(11): 1011–1026. Available from: doi: 10.17159/2411-9717/2016/v116n11a3

14. Levankovskii I. A. *Scientific foundations for the creation of highly effective tools for the destruction of rocks and rock-containing composites: DSc in Eng. diss.* Moscow: 1999. (In Russ.)

15. Kuidong G., Changlong D., Hongxiang J., Songyong L. A theoretical model for predicting the Peak Cutting Force of conical picks. *Fracture and Structural Integrity.* 2013; 8(27): 43–52. Available from: doi: 10.3221/IGF-ESIS.27.06

16. Averin E. A. *Development of theoretical foundations for designing mining machines for underground mining for various purposes: DSc in Eng. diss.* Tula; 2021. (In Russ.)

Received 6 May 2025

Information about the authors:

Oleg E. Shabaev – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of Mining Machinery, Donetsk National Technical university. E-mail: oeshabaev@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0002-0845-7449
Valerii G. Nechepaev – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of Machine Design Foundations, Donetsk National Technical university. E-mail: nechepayev@mech.donntu.ru; https://orcid.org/0000-0003-4016-1661
Pavel P. Zinchenko – PhD (Engineering), associate professor of the Department of Mining Machinery, Donetsk National Technical university. E-mail: pawel.zin4encko@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0002-4070-2715

Для цитирования: Шабаев О. Е., Нечепаев В. Г., Зинченко П. П. К методике определения основных параметров схемы набора режущего инструмента с учетом структуры забоя, разрушаемого шнековым исполнительным органом // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2025. № 5. С. 8–17. DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-8-17
For citation: Shabaev O. E., Nechepaev V. G., Zinchenko P. P. Determining the main parameters of the pick lacing scheme, taking into account the structure of the face destroyed by the auger executive. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering.* 2025; 5: 8–17 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-8-17