

УДК 622.33.013.3

**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ  
В ПОДСИСТЕМЕ “ШНЕКОВЫЙ КОМБАЙН – СКРЕБКОВЫЙ КОНВЕЙЕР”  
ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

**А. А. Ордин<sup>1</sup>, А. А. Метельков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: ordin@misd.nsc.ru,  
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>ЗАО “Гипроуголь”, ул. Трикотажная, 41а, 630015, Новосибирск, Россия

Представлен анализ основных закономерностей изменения производительности очистного забоя от его длины в системе “очистной комбайн – лавный скребковый конвейер” при подземной разработке пологих угольных пластов. На основании анализа взаимодействия работы очистного комбайна и скребкового конвейера установлено существование максимума производительности очистного забоя в зависимости от длины лавы.

*Угольный пласт, длина лавы, очистной комбайн, скребковый конвейер, производительность*

Существуют многочисленные исследования в области оптимального проектирования шахт, моделирования технологических параметров и методических обоснований расчетной производительности очистного забоя [1 – 13].

В [11 – 13] в зависимости от горно-геологических и технологических факторов производительность очистного забоя устанавливается как минимальное значение из вектора производительности очистного комбайна, пропускной способности лавного скребкового конвейера, скорости передвижки секций механизированной крепи и допускаемой нагрузки на очистной забой по газовому фактору. В частности, в [11] определена гиперболическая асимптотическая зависимость технической производительности  $A$  очистного забоя (т/мин) от его длины  $L$  вида:

при односторонней схеме работы комбайна

$$A(L) = \gamma m r v_1(L) = \frac{\gamma m r}{\frac{fP \cos \alpha \pm P \sin \alpha + S_i^{\text{cp}} D n_3 K_{\text{от}} K_a K_b K_{\text{зр}} K_{\text{фр}}}{30 N \eta_{\text{пл}} K_{\text{п}}} + \frac{1}{v_{\text{м}}} + \frac{k_y L_{\text{к}}}{v_{\text{к}} L}}, \quad (1)$$

при челноковой работе комбайна

$$A(L) = \gamma m r v_2(L) = \frac{\gamma m r}{\frac{fP \cos \alpha + S_i^{\text{cp}} D n_3 K_{\text{от}} K_a K_b K_{\text{зр}} K_{\text{фр}}}{30 N \eta_{\text{пл}} K_{\text{п}}} + \frac{k_y}{L} \left( \frac{3L_{\text{к}}}{v_{\text{к}}} + 5t_{\text{мо}} + \frac{r}{v_{\text{фк}}} \right)} \quad (2)$$

или в обобщенном виде

$$A_i(L) = \gamma m r v_i(L) = \gamma m r \left( b_i + \frac{d_i}{L} \right)^{-1}, \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

где  $\gamma$  — средневзвешенная плотность горной массы, т/м<sup>3</sup>;  $m$  — вынимаемая мощность пласта, м;  $r$  — ширина захвата комбайна, м;  $v_i(L)$  — зависимость рабочей скорости подачи очистного комбайна от длины ( $L$ ) лавы при односторонней или челноковой схемах работы, м/мин;  $P$  — вес комбайна, кН;  $f$  — коэффициент трения между комбайном и конвейером;  $\alpha$  — угол падения пласта, град;  $L$  — длина лавы, м;  $v_m$  — маневровая скорость подачи комбайна, м/мин;  $k_y$  — коэффициент организации и условий труда;  $L_k$  — длина косого заезда, м;  $v_k$  — скорость подачи комбайна при косом заезде, м/мин;  $t_{mo}$  — время вертикальных перемещений исполнительного органа при косом заезде и доработке концевых участков лавы, мин;  $v_{фк}$  — скорость фланговой передвижки концевого участка конвейера по зарубке, м/мин;  $N$  — мощность электродвигателей комбайна, кВт;  $\eta$  — КПД редуктора исполнительного органа;  $n_{1л}$  — количество резцов в одной линии резания;  $K_{п}$  — коэффициент, учитывающий затраты мощности на перемещение комбайна;  $D$  — диаметр шнеков комбайна, м;  $n_3$  — количество резцов, разрушающих забой одновременно;  $K_{от}$  — коэффициент отжима, учитывающий уменьшение сил резания вследствие горного давления;  $K_a, K_b, K_{зр}, K_{фр}$  — коэффициенты, соответственно учитывающие угол резания, ширину резца, затупление и форму резцов;  $S_i^{cp}$  — средневзвешенная сопротивляемость пласта резанию, кН/м;  $b_i, d_i$  — технологические параметры очистной выемки, определяемые по [11] соответственно для односторонней ( $i=1$ ) или челноковой ( $i=2$ ) схем работы комбайна в лаве.

Полученные результаты и зависимости (1)–(3) требуют уточнений в направлении оценки взаимодействия работы очистного комбайна и лавного скребкового конвейера на стадии проектирования шахт. В частности, требуется уточнить, как изменяется производительность очистного забоя при погрузке отбитого угля на скребковый конвейер при встречном и попутном движении комбайна, при выемке угля и зачистке почвы пласта и др. Кроме того, существующие методики для расчета производительности очистного забоя имеют определенные недостатки. Так, в расчетах часто принимается, что очистной комбайн осуществляет погрузку на скребковый конвейер только 60 % горной массы, остальные 40 % отбитого угля остаются на почве пласта [3].

Рассмотрим особенности взаимодействия очистного комбайна и скребкового лавного конвейера. Максимальное количество угля (т/мин), поступающее от очистного комбайна на скребковый лавный конвейер, рассчитывается по формулам [14]:

при челноковой схеме и прямом ходе комбайна (против движения угля на скребковом конвейере)

$$A = \gamma m r v_{п} \delta_1 = \gamma m r \frac{v_{п} v_{к}}{v_{к} + v_{п}} = \frac{\gamma m r}{v_{п}^{-1} + v_{к}^{-1}}, \quad (4)$$

при челноковой схеме и обратном ходе комбайна (по ходу движения скребкового конвейера)

$$A = \gamma m r v_{п} \delta_2 = \gamma m r \frac{v_{п} v_{к}}{v_{к} - v_{п}} = \frac{\gamma m r}{v_{п}^{-1} - v_{к}^{-1}}, \quad (5)$$

при односторонней схеме и прямом ходе комбайна

$$A = \gamma m r \psi_{п} v_{п} \delta_1 = \frac{\gamma m r \psi_{п}}{v_{п}^{-1} + v_{к}^{-1}}, \quad (6)$$

при односторонней схеме и обратном ходе комбайна с зачисткой отбитого угля с почвы пласта

$$A = \gamma m r (1 - \psi_{п}) 0.85 v_m \delta_2 = \gamma m r (1 - \psi_{п}) \frac{0.85 v_m v_{к}}{v_{к} - 0.85 v_m} = \frac{\gamma m r (1 - \psi_{п})}{1.18 v_m^{-1} - v_{к}^{-1}}, \quad (7)$$

где  $v_{\Pi}$ ,  $v_{\text{м}}$  — соответственно рабочая скорость подачи и маневровая скорость движения очистного комбайна, м/мин;  $v_{\text{к}}$  — скорость движения цепи скребкового конвейера, м/мин;  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  — коэффициенты, учитывающие изменение площади сечения насыпной массы на конвейере в зависимости от направления движения комбайна;  $\psi_{\Pi}$  — коэффициент погрузки, принимается по [14] в зависимости от направления очистных работ, мощности и угла падения пласта.

Рабочая скорость подачи очистного комбайна (м/мин) зависит от мощности ( $N$ ) комбайна, его веса ( $P$ ), сопротивляемости ( $S$ ) пласта резанию, угла ( $\alpha$ ) падения пласта [11]:

$$v_{\Pi} = \frac{30N\eta m_{1л}K_{\Pi}}{fP \cos \alpha \pm P \sin \alpha + SDn_3K_{\text{от}}K_aK_bK_{\text{зр}}K_{\text{фр}}}, \quad (8)$$

а средняя рабочая скорость движения очистного комбайна по лаве с учетом его простоев на конечных операциях и маневровых движений при косых заездах возрастает от длины лавы по гиперболическим зависимостям, получаемых из формул (1)–(3):

при односторонней схеме работы комбайна

$$v_1(L) = \frac{1}{\frac{fP \cos \alpha \pm P \sin \alpha + S_i^{\text{ср}} Dn_3K_{\text{от}}K_aK_bK_{\text{зр}}K_{\text{фр}}}{30N\eta m_{1л}K_{\Pi}} + \frac{1}{v_{\text{м}}} + \frac{k_y L_{\text{к}}}{v_{\text{к}} L}}, \quad (9)$$

при челноковой работе комбайна

$$v_2(L) = \frac{1}{\frac{fP \cos \alpha + S_i^{\text{ср}} Dn_3K_{\text{от}}K_aK_bK_{\text{зр}}K_{\text{фр}}}{30N\eta m_{1л}K_{\Pi}} + \frac{k_y}{L} \left( \frac{3L_{\text{к}}}{v_{\text{к}}} + 5t_{\text{мо}} + \frac{r}{v_{\text{фк}}} \right)} \quad (10)$$

или в обобщенном виде

$$v_{\text{ср}i}(L) = \frac{1}{b_i + \frac{d_i}{L}} < v_{\Pi}, \quad i = 1, 2. \quad (11)$$

Скорость движения цепи и скребков конвейера (м/с) определяется в зависимости от мощности ( $N_{\text{к}}$ , кВт) выбранного конвейера и его длины или длины лавы ( $L_{\text{к}} \approx L$ , м) по формуле [15]

$$v_{\text{к}} = \frac{102N_{\text{к}}\eta_{\text{к}}}{1.1L[2q_0f_1 \cos \alpha + q_g(f_2 \cos \alpha \pm \sin \alpha)]} = \frac{92.7N_{\text{к}}\eta_{\text{к}}}{FL}, \quad (12)$$

где  $\eta_{\text{к}} = 0.80 \div 0.95$  — КПД привода скребкового конвейера;  $q_g = 1000 S\gamma\beta$  — расчетная погонная масса груза на конвейере (кг/м),  $S$  — площадь поперечного сечения горной массы на конвейере ( $\text{м}^2$ ),  $\gamma$  — насыпная плотность горной массы на конвейере ( $\text{т}/\text{м}^3$ ),  $\beta = 0.7 \div 0.8$  — коэффициент заполнения рештаков конвейера для плохосыпучей горной массы;  $q_0$  — погонная масса цепи со скребками (кг/м), принимается по справочным данным или ориентировочно по формуле  $q_0 \approx kq_g$  ( $k = 0.6 \div 0.8$  для двухцепных конвейеров);  $f_1$ ,  $f_2$  — коэффициенты трения соответственно между цепью и рештаком и между насыпной горной массой и рештаком;  $F$  — удельная результирующая сила сопротивления движению скребкового конвейера, Н/м. Знак “+” в формуле (8) применяется при транспортировании угля по восстанью, знак “-” — по падению пласта.

Для конкретной оценки технической производительности очистного комбайна в системе “очистной комбайн – скребковый конвейер” принят комбайн К500 и скребковый конвейер F285. Технические характеристики конвейера приведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Технические характеристики лавного скребкового конвейера F285

Тип конвейера	F285-689st	F285-789st	F285-889st
Ширина рештака, мм	689	789	889
Высота “Е-профиля”, мм	285	285	285
Высота желоба рештака, мм	122	122	122
Минимальная длина конвейера, м	60	60	60
Максимальная длина конвейера, м	250	250	250
Максимальная производительность конвейера, т/ч	1200	1500	1800
Рабочая скорость конвейера, м/с	0.96	0.96	0.96
Суммарная мощность двигателей, кВт	800	1000	1260
Длина рештака, м	1.5	1.5	1.5
Цепи	2×30×108	2×34×126	2×34×126

Очистной комбайн K500 предназначен для разработки пологих и наклонных угольных пластов мощностью от 1.6 до 3.5 м, суммарная номинальная мощность электродвигателей 635 кВт, максимальная сопротивляемость пород резанию 360 кН/м, диаметр шнека 1.4 м, ширина захвата 0.82 м, производительность комбайна 8–14 т/мин, масса комбайна 30 т, ресурс 2.5 млн т угля.

Анализ зависимостей (4)–(7) показывает, что техническая производительность очистного комбайна при погрузке угля на скребковый конвейер и встречном движении имеет точку максимума относительно длины лавы. Действительно, подставляя значения скорости движения очистного комбайна и скребкового конвейера в формулу (6), получаем объем угля (т/мин), поступающего на конвейер при встречном движении комбайна, в виде экстремальной зависимости от длины лавы:

$$A(L) = \frac{\gamma m r \psi_{\Pi}}{\frac{1}{v_{\text{сри}}(L)} + \frac{1}{v_{\text{к}}(L)}} = \frac{\gamma m r \psi_{\Pi}}{\frac{f P \cos \alpha \pm P \sin \alpha + S_i^{\text{ср}} D n_3 K_{\text{от}} K_a K_b K_{\text{зр}} K_{\text{фр}}}{30 N \eta_{\text{л}} K_{\Pi}} + \frac{1}{v_{\text{м}}} + \frac{k_y L_{\text{к}}}{v_{\text{к}} L} + \frac{FL}{92.7 N_{\text{к}} \eta_{\text{к}}}}. \quad (13)$$

Как видно, знаменатель в (13) представляет сумму возрастающей линейной и убывающей гиперболической функций от длины лавы и имеет точку минимума, поэтому фактическая производительность очистного забоя при встречном движении комбайна и погрузке угля на конвейер имеет точку максимума относительно длины лавы (рис. 1).

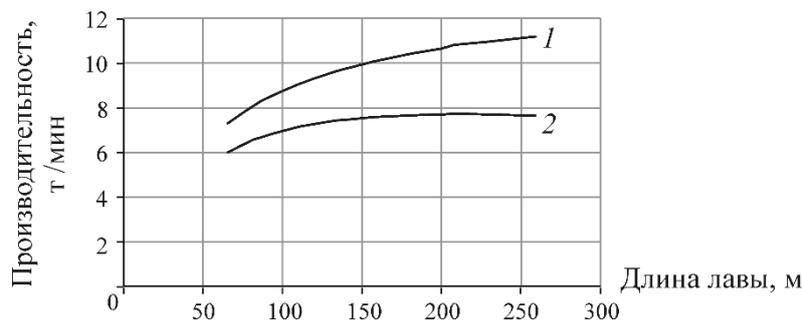


Рис. 1. Зависимости производительности очистного комбайна от длины лавы при односторонней схеме выемки и погрузке угля на скребковый конвейер: 1 — теоретическая; 2 — фактическая при выемке угля навстречу движению скребкового конвейера

Аналогичным образом выглядит соответствующая зависимость производительности очистного забоя при челноковой схеме движения комбайна. Результаты расчета производительности очистного комбайна K500 при его взаимодействии со скребковым конвейером F285 приведены в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. Результаты расчета производительности очистного комбайна К500 с учетом его взаимодействия со скребковым конвейером F285-689st

Длина лавы, м	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	<b>204</b>	225	240	255
Скорость конвейера, м/с	0.96	0.76	0.64	0.55	0.48	0.43	0.38	0.35	0.32	0.29	<b>0.28</b>	0.25	0.24	0.22
Теоретическая производительность конвейера, т/мин	20.0	16.0	13.3	11.4	10.0	8.89	8.00	7.27	6.67	6.15	<b>5.88</b>	5.33	5.00	4.71
Рабочая скорость подачи комбайна, м/мин	2.21	2.43	2.61	2.75	2.87	2.97	3.05	3.12	3.19	3.24	<b>3.29</b>	3.33	3.37	3.41
Теоретическая производительность комбайна, т/мин	7.16	7.88	8.45	8.91	9.29	9.61	9.89	10.1	10.3	10.5	<b>10.6</b>	10.8	10.9	11.0
Фактическая производительность комбайна при встречном движении, т/мин	5.86	6.36	6.73	6.99	7.18	7.32	7.42	7.49	7.53	7.55	<b>7.59</b>	7.54	7.53	7.50
Производительность комбайна при зачистке почвы, т/мин	3.29	3.41	3.54	3.67	3.82	3.98	4.15	4.34	4.55	4.78	<b>4.93</b>	5.31	5.63	5.98
Фактическая площадь сечения насыпной массы на решетке при встречном движении комбайна, м <sup>2</sup>	0.07	0.09	0.12	0.14	0.16	0.19	0.21	0.23	0.24	0.26	<b>0.27</b>	0.29	0.31	0.32
Фактическая площадь сечения насыпной массы на решетке при попутном движении комбайна, м <sup>2</sup>	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.25	0.30	<b>0.33</b>	0.41	0.49	0.58
Фактическая производительность конвейера, т/мин	5.86	6.36	6.73	6.99	7.18	7.32	7.42	7.49	7.53	7.55	<b>7.59</b>	7.54	7.53	7.50
Объем угля с одной стружки, т	194	243	291	340	388	437	486	534	583	631	<b>661</b>	729	777	826
Время снятия одной стружки, мин	27.1	30.8	34.5	38.1	41.8	45.5	49.1	52.8	56.4	60.1	<b>62.0</b>	67.4	71.1	74.8
Время зачистки почвы, мин	10.0	12.6	15.1	17.6	20.1	22.6	25.2	27.7	30.2	32.7	<b>34.2</b>	37.8	40.3	42.8
Фактический объем угля, скашиваемый конвейером с одной стружки, т	159	196	232	266	300	333	364	395	425	454	<b>470</b>	509	535	561
Объем угля на почве пласта, т	35.2	46.8	59.5	73.3	88.2	104	121	139	158	177	<b>190</b>	219	242	265
Объем угля на почве пласта, %	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	<b>29</b>	30	31	32

Максимальная производительность очистного забоя при встречном движении комбайна и погрузке угля на скребковый конвейер составляет 7.59 т/мин и соответствует длине лавы 204 м.

Анализ формул (9)–(12) показывает, что с увеличением длины лавы средняя скорость очистного комбайна нелинейно возрастает, а скорость скребкового конвейера уменьшается и при определенной критической длине лавы производительность очистного комбайна становится больше пропускной способности скребкового конвейера (рис. 2).

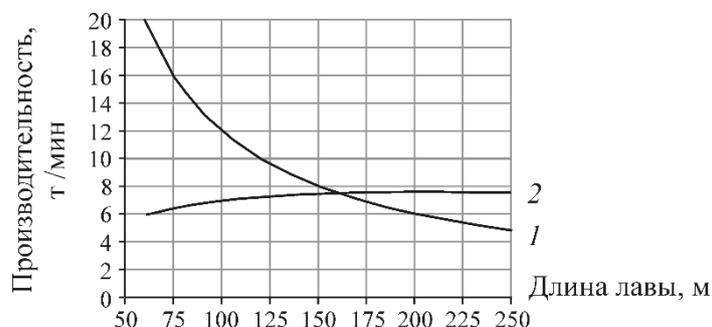


Рис. 2. Зависимости производительности очистного комбайна K500 и скребкового конвейера F285-689st от длины лавы: 1 — теоретическая конвейера; 2 — фактическая комбайна при выемке угля навстречу движению скребкового конвейера

Так, из решения данной задачи следует, что при длине лавы более 165 м производительность очистного комбайна K500 начинает превышать погрузочную способность скребкового конвейера и большая часть отбитого угля остается на почве пласта. В данном примере объем угля, остающегося на почве пласта, изменяется с 18 до 32 % от общего объема отбиваемого комбайном угля при изменении длины лавы от 60 до 255 м.

Следует заметить, что на стадии проектирования можно повысить производительность очистного комбайна, если при длине лавы более 157 м применить более мощный скребковый конвейер F285-789st с увеличением ширины решетки до 789 мм и мощности до 1000 кВт. Аналогичным образом можно повысить производительность очистного комбайна, если при следующей критической длине лавы 195 м перейти на скребковый конвейер F285-889st с мощностью 1260 кВт и шириной решетки 889 мм. Аналитическая зависимость производительности скребкового конвейера от его длины при таких переходах обладает точками разрыва первого рода. В результате возникают точки разрыва первого рода и при соответствующем увеличении производительности очистного забоя (рис. 3).

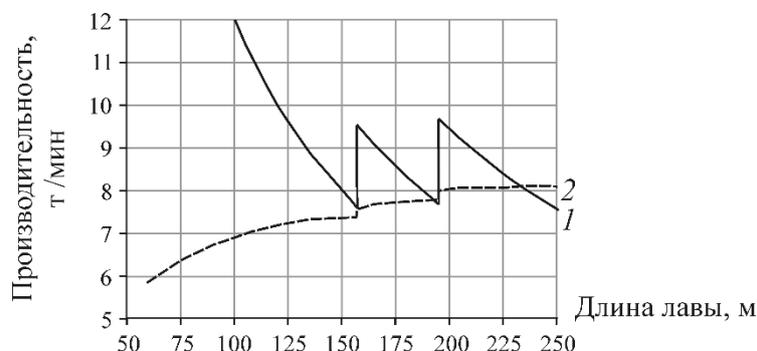


Рис. 3. Ступенчатые разрывные зависимости фактической производительности очистного комбайна K500 и скребкового конвейера F285 с шириной решетки 689, 789 и 889 мм: 1 — теоретическая конвейера; 2 — фактическая комбайна при выемке и погрузке угля навстречу движению скребкового конвейера

Как видно из табл. 3, при переходе на более мощные типоразмеры скребкового конвейера максимальная производительность очистного забоя увеличивается с 7.59 до 8.11 т/мин.

ТАБЛИЦА 3. Результаты расчета производительности очистного комбайна К500 при переходе на более мощные типоразмеры скребкового конвейера F285

Длина конвейера, м	Скорость конвейера, м/с	Теоретическая производительность конвейера, т/мин	Рабочая скорость комбайна, м/мин	Теоретическая производительность комбайна по выемке угля, т/мин	Фактическая производительность комбайна при погрузке угля на скребковый конвейер и встречном движении, т/мин
Скребковый конвейер F285-689st мощностью 800 кВт с шириной рештака 689 мм					
60	0.96	20.0	2.21	7.16	5.86
75	0.76	16.0	2.43	7.88	6.36
90	0.64	13.3	2.61	8.45	6.73
105	0.55	11.4	2.75	8.91	6.99
120	0.48	10.0	2.87	9.29	7.18
135	0.43	8.89	2.97	9.61	7.32
157	0.36	7.64	3.05	9.89	7.38
Скребковый конвейер F285-789st мощностью 1000 кВт с шириной рештака 789 мм					
157	0.46	9.55	3.05	9.89	7.56
165	0.44	9.09	3.12	10.1	7.68
180	0.40	8.33	3.19	10.3	7.75
195	0.37	7.69	3.24	10.5	7.79
Скребковый конвейер F285-889st мощностью 1260 кВт с шириной рештака 889 мм					
195	0.46	9.69	3.24	10.5	8.00
204	0.44	9.26	3.29	10.6	8.07
225	0.40	8.40	3.33	10.8	8.07
235	0.39	8.04	3.37	10.9	8.11
255	0.35	7.41	3.41	11.0	8.09

Из анализа табл. 3 также следует, что в зависимости от длины лавы существуют области рационального применения скребковых конвейеров: F285-689st в диапазоне длин от 60 до 157 м, F285-789st — от 157 до 195 м, F285-889st — от 195 до 235 м. При дальнейшем увеличении длины лавы свыше 235 м производительность конвейера F285-889st становится меньше фактической производительности очистного комбайна и применение данного типа скребкового конвейера при длинах более 235 м становится нецелесообразным.

### ВЫВОДЫ

Теоретически доказано существование максимума технической производительности очистного комбайна при встречном движении и погрузке угля на скребковый конвейер для односторонней и челноковой схем выемки пласта.

При увеличении длины лавы и соответственно длины скребкового конвейера производительность очистного забоя растет, а пропускная способность скребкового конвейера падает. В результате появляются критические значения длины лавы, при которых пропускная способность скребкового конвейера становится меньше производительности очистного комбайна. В этих точках следует переходить на другие типоразмеры скребкового конвейера с увеличением ширины рештака и мощности конвейера. Аналитическая зависимость производительности скребкового конвейера от его длины при таких переходах становится ступенчатой и разрывной. В результате возникают точки разрыва первого рода и при соответствующем увеличении производительности очистного забоя.

Установлено существование рациональных областей применения типоразмеров скребкового конвейера F285 при его взаимодействии с очистным комбайном K500: при длине лавы от 60 до 157 м следует применять конвейер F285-689st с шириной рештака 689 мм, при длине лавы от 157 до 195 м следует переходить на конвейер F285-789st с шириной рештака 789 мм, при дальнейшем увеличении длины лавы до 235 м рекомендуется использовать конвейер F285-889st с шириной рештака 889 мм. В результате таких переходов появляется возможность увеличить максимальную производительность очистного забоя с 7.59 до 8.11 т/мин.

Полученные результаты анализа технической производительности очистного забоя в системе “очистной комбайн – скребковый конвейер” входят в методическое и программное обеспечения “ПРОЗА-4.0”, разрабатываемое в ИГД СО РАН совместно с ЗАО “Гипроуголь”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Sturgul J. R.** Optimum life of mine: declining production case, *Int. J. Mining Engineering*, 1985, No. 3.
2. **Li Z.** A theoretical approach to determination of mine life and design capacity, *Int. J. Surf. Mining*, 1989, Vol. 3.
3. **Fuentes S. S.** Going to an underground mining method, *Proceedings of Mass Min. Conf. Santiago, Chile*, 2004.
4. **Димитракопулос Р.** Стохастическая оптимизация стратегического проектирования шахт: десятилетие разработок и исследований // ФТПРПИ. — 2011. — № 2.
5. **Рокчи Л., Картер П., Стоун П.** Оптимизация последовательности подземной отработки угля сплошной системой // ФТПРПИ. — 2011. — № 2.
6. **Малеев Г. В., Гуляев В. Г., Бойко Н. Г. и др.** Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. — М.: Недра, 1988.
7. **Александров Б. А., Кожухов Л. Ф., Антонов Ю. А. и др.** Горные машины и оборудование подземных разработок. — Кемерово: КузГТУ, 2006.
8. **Коровкин Ю. А., Савченко П. Ф., Бураков В. А.** О производительности комплексно-механизированных забоев, оснащаемых по инвестиционным проектам и договорам лизинга // Уголь. — 2001. — № 5.
9. **Плотников В. П.** Вывод формулы для расчета производительности очистных комбайнов со шнековым, барабанным или корончатым исполнительным органом // Уголь. — 2009. — № 9.
10. **Косьминов Е. А., Ремезов А. В., Ордин А. А., Клишин В. И.** Автоматизированный поиск рентабельной производительности комплексно-механизированного очистного забоя // Уголь. — 1997. — № 10.
11. **Ордин А. А., Метельков А. А.** К вопросу об оптимизации длины и производительности комплексно-механизированного очистного забоя // ФТПРПИ. — 2013. — № 2.
12. **Ордин А. А., Зырянов С. А., Никольский А. М. и др.** Основные закономерности расчета производительности комплексно-механизированных очистных забоев по технологическим факторам в программном комплексе “Проза-3.0” // Сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф. “Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов”. — Новокузнецк, 2012.
13. **Ордин А. А., Никольский А. М., Метельков А. А.** Моделирование и оптимизация технологических параметров очистных и подготовительных работ в панели угольной шахты // ФТПРПИ. — 2013. — № 6.
14. **Кондрашин Ю. А., Колояров В. К., Ястремский С. И. и др.** Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ: каталог-справочник. — М.: Горная книга, 2010.
15. **Евневич А. В.** Транспортные машины и комплексы. — М.: Недра, 1975.

*Поступила в редакцию 27/V 2015*