

**О.Е. Шабаев /д.т.н./**

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)*

**А.Ю. Довгань**

*ГУ «Автоматгормаш им. В.А. Антилова» (Донецк)*

## **ВЛИЯНИЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА КСП-35 В ПРОХОДЧЕСКОМ ЗАБОЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

*На основе модельных исследований рабочего процесса проходческого комбайна КСП-35 с осевой коронкой теоретически установлено, что смещение комбайна относительно продольной оси выработки, обусловленное ручным принципом управления, на величину более 0,1 м приводит к существенному снижению теоретической производительности до 43,7 %, повышению удельных энергозатрат на разрушение до 64,1 %, а также снижение ресурса элементов трансмиссии исполнительного органа до 64 %. Повышение технического уровня и эффективности работы проходческих комбайнов избирательного действия может быть достигнуто на базе системы автоматизированного позиционирования комбайна в выработке.*

**Ключевые слова:** проходческий комбайн, моделирование, позиционирование, производительность, ресурс.

### **Постановка проблемы**

Повышение нагрузки на очистные забои обусловлено обеспечением экономической целесообразности добычи угля. Своевременная подготовка новых забоев и магистральных выработок требует повышения темпов проходки до 300 м в месяц и более. При этом необходимо обеспечить требуемую производительность проходческой машины, эффективность разрушения и минимизировать простоя и энергозатраты.

При прохождении подготовительных выработок механизированным способом при помощи проходческого комбайна правильность позиционирования машины в выработке во многом зависит от оператора, и отклонение от оси выработки в ту или иную сторону может привести к неравномерности нагрузки на исполнительный орган (ИО) в процессе разрушения, изменению формы проходческого забоя, изменению основных показателей работы комбайна – производительности, энергоэффективности и в итоге повлиять на ресурс отдельных узлов.

Применение моделей для определения нагруженности исполнительного органа при смещении проходческого комбайна КСП-35 от оси выработки позволит оценить влияние позиционирования машины в проходческом забое на производительность, энергоэффективность и ресурс отдельных силовых систем. Данные модельного эксперимента позволяют выявить наиболее неблагоприятное сочетание факторов при

обработке проходческого забоя – сечения выработки, шага фрезерования и бокового смещения.

Таким образом, изучение влияния позиционирования проходческого комбайна в проходческом забое является актуальной задачей для повышения эффективности его функционирования путем снижения удельных энергозатрат, повышения производительности, уменьшения простоев и сохранения ресурса отдельных узлов трансмиссии исполнительного органа.

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

К проблеме позиционирования горных машин в выработке обращались ученые с момента появления идеи безлюдной добычи полезных ископаемых в 1970-х годах. При этом основное внимание уделяется безопасности ведения проходческих работ и, по возможности, выведению оператора из опасной зоны. Институт «Автоматгормаш» (г. Донецк) [1,2], российские [3], а также иностранные [4] ученые активно участвуют в развитии идей программной обработки забоя и роботизации горного оборудования. При этом влияние позиционирования проходческого комбайна в выработке на техническую производительность, удельные энергозатраты на разрушение, нагруженность и ресурс силовых систем комбайна изучено не в полной мере.

Полученные авторами [5,6] модели позволяют описать процесс формирования нагрузки на

исполнительном органе проходческого комбайна. В монографии [7] представлены математическая модель рабочего процесса проходческого комбайна и математическая модель формирования вектора внешнего возмущения на исполнительном органе, предложенная накопленная повреждаемость в качестве количественной характеристики оценки ресурса проходческого комбайна. Однако неисследованным остается влияние смещения комбайна вбок от оси выработки на изменение усилий подачи и резания на коронке исполнительного органа, производительность, энергоэффективность и ресурс.

Применив методы математического моделирования, можно определить усилия подачи и резания на коронке комбайна КСП-35 при различном его смещении вбок от оси выработки и различном заглублении коронки в массив, установить степень влияния позиционирования проходческого комбайна в выработке на эффективность его функционирования.

### Цель (задачи) исследования

Целью работы является определение влияния позиционирования проходческого комбайна избирательного действия в выработке на его основные показатели – производительность, энергоэффективность и ресурс силовых систем.

### Основной материал исследования

Объектом исследования является проходческий комбайн избирательного действия типа КСП-35 с осевой коронкой диаметром 1050 мм с двигателем привода исполнительного органа мощностью 132 кВт в режиме S1.

Для оценки влияния позиционирования проходческого комбайна КСП-35 в выработке на его основные показатели – производительность, энергоэффективность, ресурс элементов трансмиссии исполнительного органа и его силовых систем была использована разработанная модель рабочего процесса проходческого комбайна [7], позволяющая определять силовую нагрузженность исполнительного органа и длительность рабочего процесса обработки забоя.

Для оценки объема горной массы, разрушающейся за цикл обработки забоя, была разработана в среде «Компас-3D» объемная модель разрушающего пространства с учетом формы и площади сечения забоя  $S$ , шага фрезерования  $\Delta H$ , глубины зарубки  $B$  и величины смещения комбайна  $\Delta L$ .

Согласно опыту эксплуатации проходческих комбайнов наиболее низкий ресурс имеют элементы трансмиссии. Поэтому для оценки ресурса будем использовать крутящий момент на коронке. Для оценки теоретической производительности

может быть использован объем разрушаемой породы и модельное время обработки забоя.

Основным фактором, влияющим на характеристики рабочего процесса, является сечение разрушаемого забоя  $S$  и крепость породных прослоек  $p_k$ , а также параметры разрушения забоя: скорость подачи  $V_n$  и вращения коронки  $\omega$ , шаг фрезерования  $\Delta H$  и глубина ее зарубки  $B$ . Основными макроуровневыми показателями, определяющими эффективность работы проходческого комбайна, являются производительность, ресурс и удельные энергозатраты.

Для модельных исследований были приняты представительные условия эксплуатации комбайна КСП-35, описанные в работе [8].

При управлении перемещением проходческого комбайна и его позиционировании в выработке оператор не имеет других ориентиров, кроме боковых стенок выработки, при этом забой имеет неровную полукруглую форму и может иметь предварительное боковое смещение. Таким образом, в процесс позиционирования проходческого комбайна в выработке вмешивается человеческий фактор, и смещение машины от продольной оси выработки зависит от опыта комбайнера и его пространственной ориентации. В результате смещения проходческого комбайна от оси выработки происходит существенное изменение глубины зарубки  $B$  в процессе обработки забоя, которая при смещении 250 мм может находиться в пределах  $B=104\ldots630$  мм. В качестве примера на рис. 1 представлена схема разрушения проходческого забоя при смещении комбайна относительно продольной оси выработки на величину  $\Delta L$ .

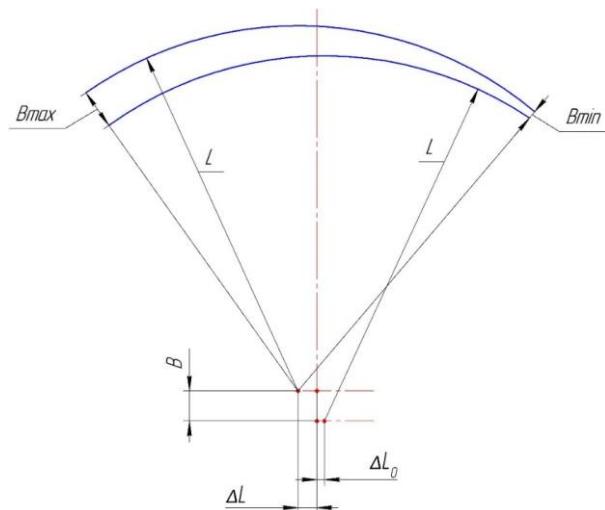


Рис. 1. Схема формирования стружки при разрушении проходческого забоя горизонтальными резами вследствие смещения комбайна относительно продольной оси выработки

На рисунке приняты следующие обозначения:  $L$  – вылет стрелы проходческого комбайна;  $\Delta L_0, \Delta L$  – отклонение предыдущего реза и текущее отклонение от продольной оси;  $B$  – глубина зарубки ИО, соответствующая шагу передвижки;  $B_{\max}, B_{\min}$  – глубина зарубки ИО с учетом смещения комбайна относительно продольной оси выработки.

При моделировании принята схема набора коронки комбайна КСП-35, приведенная в табл. 1 и соответствующая рис. 2. Начало координат находится в основании конуса коронки, ось  $X$  совпадает с осью коронки. Координаты  $r_i$  и  $\varphi_i$  находятся в смещенной плоскости относительно  $OZY$  на величину  $x_i$ . Угол  $\varphi_i$  отсчитывается от оси  $Z$ .

В табл. 1 приняты следующие обозначения:  $N$  – порядковый номер резца в спирали при счете от вершины конуса коронки ИО к его основанию, количество спиралей – 3, по 14 резцов в спирали;  $r_i$  – радиус вращения вершины  $i$ -го резца относительно оси коронки;  $x_i$  – координата вершины  $i$ -го резца по оси  $X$ ;  $\varphi_i$  – угол поворота вершины резца относительно оси  $Z$  (рис. 2).

Значения скорости подачи при разрушении прослойков забоя подбирались из условия обеспечения давления в гидроцилиндре поворота, не превышающего настройки предохранительного клапана, и максимальной возможной скорости подачи коронки, ограниченной конструктивными параметрами значением 2,8 м/мин.

Согласно экспертным оценкам, величина смещения комбайна относительно продольной

оси выработки может находиться в пределах  $\pm 0,25$  м для выработки сечением до  $20,2 \text{ м}^2$  при условии обеспечения обработки забоя с одной установки комбайна.

С учетом вышеизложенного разработан план проведения вычислительного эксперимента (табл. 2). Эксперимент реализовывался как полнофакторный с перебором всех возможных вариантов. Выходными величинами являлись мгновенные значения крутящего момента  $M$  на коронке и мощности привода исполнительного органа  $N$ , а также время  $t_u$  и объем разрушенного горного массива  $V$  за полный цикл обработки забоя.

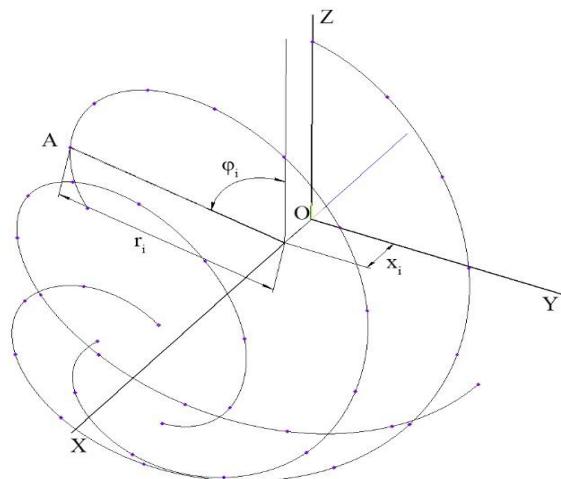


Рис. 2. К схеме набора резцов коронки комбайна КСП-35

Табл. 1. Схема набора резцов коронки

№ резца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$r_i$ , мм	164	239	307	365	413	447	465	476	487	498	510	520	525	521
$x_i$ , мм	717	704	675	632	577	511	443	378	319	254	192	131	65	0
$\varphi_i$ , град.	17	324	284	250	220	193	169	145	121	96	72	48	24	0
№ резца	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$r_i$ , мм	139	216	286	347	399	437	461	473	484	495	506	517	523	522
$x_i$ , мм	718	710	686	648	596	535	466	401	338	275	212	151	88	21
$\varphi_i$ , град.	156	97	55	20	350	323	297	273	249	225	200	176	152	128
№ резца	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
$r_i$ , мм	115	192	264	328	384	425	455	469	480	491	502	513	521	525
$x_i$ , мм	709	715	696	662	614	557	489	422	360	297	233	171	110	42
$\varphi_i$ , град.	295	233	186	148	117	90	65	41	17	353	329	305	280	256

Табл. 2. План вычислительного эксперимента

Фактор	Уровень фактора			№ положения комбайна	
Смещение в горизонтальной плоскости относительно продольной оси выработки $\Delta L$ , м, и предыдущего реза $\Delta L_0$ , м* ( $\Delta L / \Delta L_0$ )	0/0	1			
	0,10/0	2			
	0,20/0	3			
	0,25/0	4			
	-0,10/0,25	5			
	-0,20/0,25	6			
	-0,25/0,25	7			
	0,25/0,25	8			
Глубина зарубки $B$ , м	0,4; 0,2				
Шаг фрезерования $\Delta H$ , м	0,2; 0,4; 0,6				
Контактная прочность породы $p_k$ , МПа	320; 600				
Площадь выработки $S$ , м <sup>2</sup>	20,2; 13				

\*Положительные значения означают сдвиг влево, отрицательные – сдвиг вправо.

В процессе моделирования, с учетом принятой схемы обработки, грудь забоя разрушалась горизонтальными резами с принятым шагом фрезерования.

При этом каждый горизонтальный рез разбивался на малые равные сектора, в пределах которых глубина зарубки практически постоянна. Для каждого сектора смоделирован рабочий процесс разрушения забоя.

В качестве примера на рис. 3а приведен

фрагмент изменения момента сопротивления  $M$  на коронке в зависимости от угла ее поворота  $\varphi_k$  (участок сектора) и для полного цикла обработки забоя (рис. 3б) при следующих условиях разрушения:  $B=0,4$  м;  $\Delta H=0,4$  м;  $S=20,2$  м;  $p_k=320$  МПа;  $\Delta L/\Delta L_0=0/0$ .

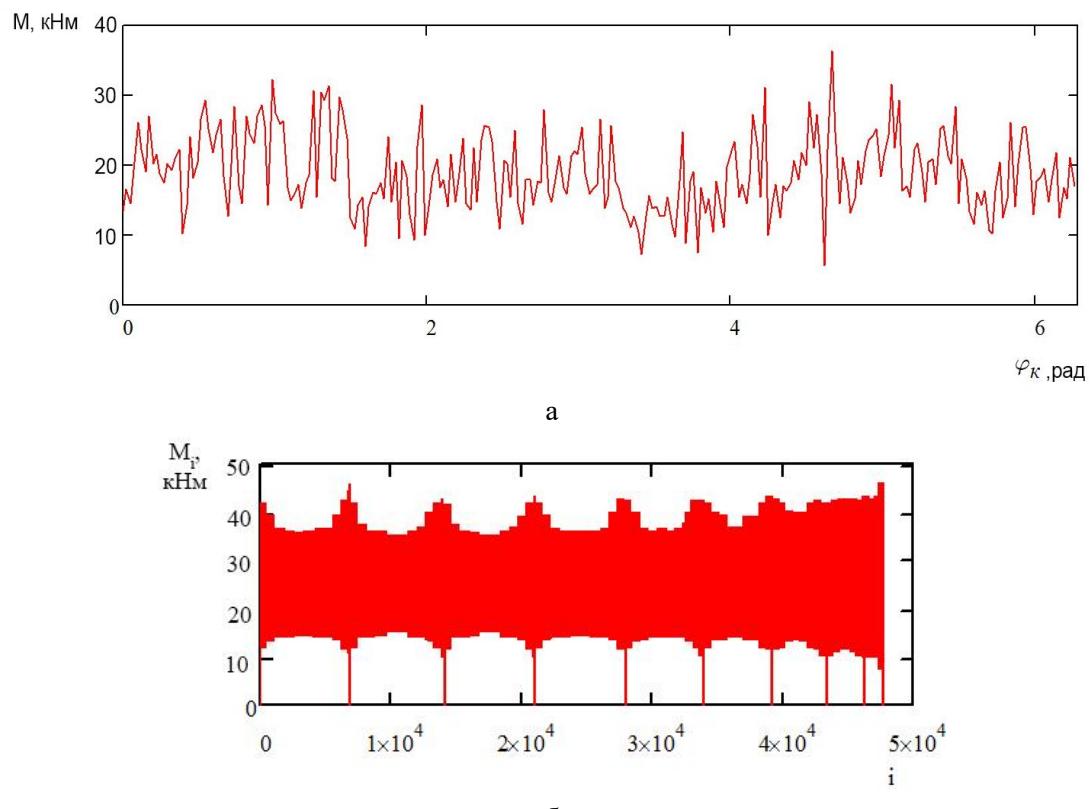
Производительность проходческого комбайна за цикл обработки забоя  $Q_u$  определялась по следующим зависимостям:

$$Q_u = \frac{V_u}{t_u};$$

$$t_u = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{C_{ij}};$$

$$t_C = \frac{L}{V_{nc}},$$

где  $V_u$  – объем разрушающейся породы за цикл работы проходческого комбайна, рассчитанный из объемной модели разрушающего пространства;  $t_u$  – время, затрачиваемое комбайном на цикл разрушения забойного пространства;  $t_{C_{ij}}$  – время, необходимое для разрушения  $j$ -го сегмента в  $i$ -м резе;  $L$  – длина дуги, формируемая исполнительным органом при обработке сегмента;  $V_{nc}$  – средняя скорость подачи в сегменте.

Рис. 3. Момент сопротивления  $M$ :

а – на коронке в зависимости от угла поворота  $\varphi_k$ ; б – значения за весь цикл

Удельные энергозатраты  $W$  за цикл обработки забоя определялись по зависимостям:

$$W_u = \frac{P_{cpb_u}}{Q_u};$$

$$P_{cpb_u} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{cpb_{p_i}} \times t_{p_i}}{\sum_{i=1}^n t_{p_i}};$$

$$P_{cpb_{p_i}} = \frac{\sum_{j=1}^m (P_{c_{ij}} \times t_{c_{ij}})}{t_{p_i}},$$

где  $P_{cpb_u}$  – средневзвешенная мощность на ИО за цикл разрушения;  $P_{cpb_{p_i}}$  – средневзвешенная мощность в  $i$ -м резе;  $P_{c_{ij}}$  – мощность двигателя, необходимая для разрушения  $j$ -го сектора в  $i$ -м резе;  $t_{c_{ij}}$  – время, затрачиваемое на разрушение  $j$ -го сектора в  $i$ -м резе;  $t_{p_i} = \sum_{j=1}^m t_{c_{ij}}$  – время, затрачиваемое на  $i$ -й рез при разрушении забойного пространства.

В табл. 3 приведены результаты обработки данных модельного эксперимента для сечения выработки  $S=20,2 \text{ м}^2$ ; глубины зарубки  $B=0,4 \text{ м}$ ; шага фрезерования  $\Delta H=0,4 \text{ м}$ ; контактной прочности породы  $p_k=320 \text{ МПа}$ .

Как видно из табл. 2, при отклонении проходческого комбайна от оси выработки как влево, так и вправо (положения 2...7) наблюдается увеличение максимальных значений момента сопротивления на коронке и достигает 11 % при незначительных отклонениях средневзвешенных значений момента. Изменение объема разрушаемого пространства незначительно вне зависимости от отклонения проходческого комбайна от оси выработки и достигает 1,5 % для положения 5. Для смещений комбайна вправо на 100, 200 и 250 мм (положения 5, 6 и 7) наблюда-

ется увеличение времени цикла обработки забоя и, как следствие, снижение производительности и рост удельных энергозатрат. Так, при положении комбайна №7 наблюдается снижение производительности относительно положения №1 на 39 % и повышение удельных энергозатрат на 46 %, время цикла увеличивается на 56,6 %.

Для определения уровня влияния смещения проходческого комбайна от оси выработки на ресурс отдельных элементов трансмиссии использован метод «дождя» [9].

На рис. 4 приведены гистограммы распределения амплитуд крутящего момента на ИО для различных положений проходческого комбайна. Рис. 4а является исходным и соответствует первому положению комбайна без смещения при передвижке. Рис. 4б соответствует четвертому положению со смещением влево на 250 мм, рис. 4в – седьмому положению со смещением на 250 мм вправо при второй передвижке. Как видно из рис. 4б и 4в, при смещении комбайна влево и вправо распределение частот повторения смещается в сторону первого и второго интервалов, при этом общее количество полуциклов нагрузления в положении 4 не увеличивается, а в положении 7 увеличивается в 1,77 раза вследствие уменьшения скорости подачи  $V_n$  и увеличения времени цикла  $t_u$ . При этом при смещении комбайна влево на 250 мм наблюдается увеличение максимальной амплитуды крутящего момента порядка 11 %.

В качестве количественной характеристики ресурса комбайна принималась накопленная повреждаемость. Накопленная повреждаемость (НП) для элементов трансмиссии может быть получена по формуле:

$$\text{НП} = \sum_{i=1}^n (A_{M_i}) \times h_{M_i},$$

где  $A_{M_i}$ ,  $h_{M_i}$  – соответственно амплитуды нагрузления и частота их повторения, рассчитанные по методу «дождя»;  $m$  – показатель степени кривой усталости для рассматриваемого элемента.

Табл. 3. Характеристики рабочего процесса обработки забоя в зависимости от положения комбайна в выработке

Положение комбайна	$P_{cpb_u}$ , кВт	Момент сопротивления		$V_u$ , $\text{м}^3$	$T_u$ , мин	$Q_u$ , $\text{м}^3/\text{час}$	$W_u$ , $\text{kВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$
		$M_{\max}$ , $\text{Н}\cdot\text{м}$	$M_{cpb_u}$ , $\text{Н}\cdot\text{м}$				
1	95,3	46420	26140	6,32	31,6	12,03	8,0
2	94,9	50850	26036	6,30	31,1	12,17	7,8
3	91,6	50850	25148	6,24	31,9	11,74	7,8
4	89,9	51390	24552	6,19	32,4	11,48	7,8
5	91,9	50740	25220	6,41	42,2	9,12	10,1
6	93,6	49340	25695	6,33	45,0	8,44	11,1
7	89,0	49350	24428	6,27	49,5	7,61	11,7
8	95,2	47620	26118	6,32	31,8	11,92	8,0

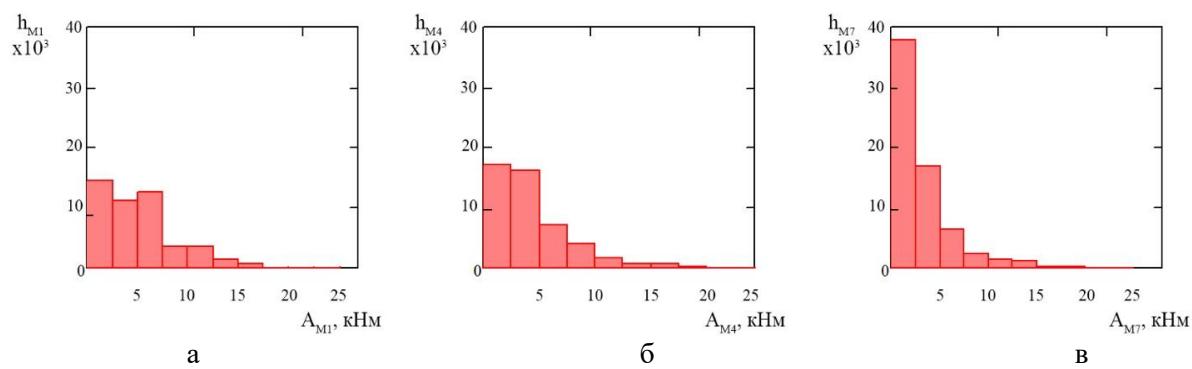


Рис. 4. Распределение амплитуд нагрузления в зависимости от смещения комбайна:  
а – без смещения; б – смещение влево на 250 мм; в – смещение вправо на 250 мм

Снижение ресурса элементов трансмиссии  $\delta T$  определяется из зависимости [7]:

$$\delta T_i = \frac{H\Pi_{i1}^{-1} - H\Pi_{ii}^{-1}}{H\Pi_{i1}^{-1}} \cdot 100 \%,$$

где  $H\Pi_{i1}$  – накопленная повреждаемость за цикл обработки забоя для положения 1;  $H\Pi_{ii}^{-1}$  – накопленная повреждаемость за цикл обработки забоя для положений  $i=2\dots8$ .

Аналогичным образом были получены значения для изменения производительности и удельных энергозатрат в зависимости от положения комбайна относительно продольной оси выработки. Полученные данные значений  $\delta T$ , изменения производительности  $\Delta Q$  и энергозатрат  $\Delta W$  в соответствии с планом вычислительного эксперимента (см. табл. 2) сведены в табл. 4. Знак «–» перед значением  $\Delta Q$  и  $\Delta W$  говорит о снижении производительности и удельных энергозатрат соответственно.

Табл. 4. Влияние позиционирования проходческого комбайна на эффективность его функционирования

Показатель	Положение проходческого комбайна по рис. 2						
	2	3	4	5	6	7	8
Шаг фрезерования $\Delta H=200$ мм, площадь выработки $S=13 \text{ м}^2$							
$\delta T_{(m=3)}$	11,6	18,4	15,0	27,8	13,3	11,8	19,3
$\delta T_{(m=6)}$	41,1	62,5	60,4	63,3	47,4	53,5	18,9
$\delta T_{(m=9)}$	64,4	84,1	83,7	85,2	71,9	81,1	18,2
$\Delta Q, \%$	10,7	9,5	9,5	-25,4	-32,3	-37,04	-19,23
$\Delta W, \%$	-9,6	-11,5	-13,7	31,51	42,8	52,0	23,8
Шаг фрезерования $\Delta H=200$ мм, площадь выработки $S=20,2 \text{ м}^2$							
$\delta T_{(m=3)}$	13,1	7,8	1,97	13,5	-4,8	-8,1	0,9
$\delta T_{(m=6)}$	44,8	39,9	41,9	28,4	16,7	22,7	-1,0
$\delta T_{(m=9)}$	63,3	52,1	64,9	34,8	27,2	43,6	-16,1
$\Delta Q, \%$	0,72	-2,69	-3,7	-31,7	-33,4	-43,7	7,94
$\Delta W, \%$	-2,1	-3,5	-5,3	39,3	50,0	64,1	-7,36
Шаг фрезерования $\Delta H=400$ мм, площадь выработки $S=13 \text{ м}^2$							
$\delta T_{(m=3)}$	10,0	20,0	15,1	16,2	5,2	17,3	-0,8
$\delta T_{(m=6)}$	42,5	67,4	63,3	62,0	48,8	62,7	-0,5
$\delta T_{(m=9)}$	68,6	89,4	86,8	87,5	76,2	86,4	1,5
$\Delta Q, \%$	1,3	5,5	6,0	-27,2	-35,8	-38,4	-1,76
$\Delta W, \%$	-1,3	-6,6	-8,7	36,0	52,1	57,7	1,8
Шаг фрезерования $\Delta H=400$ мм, площадь выработки $S=20,2 \text{ м}^2$							
$\delta T_{(m=3)}$	10,0	9,8	2,3	-10,2	-45,0	-4,0	1,9
$\delta T_{(m=6)}$	45,4	48,0	43,3	27,3	-19,2	26,6	11,6
$\delta T_{(m=9)}$	70,8	70,5	70,4	59,3	5,0	45,5	25,4
$\Delta Q, \%$	1,2	-2,4	-4,5	-24,2	-29,8	-36,7	-0,9
$\Delta W, \%$	-1,6	-1,4	-1,1	27,3	40,0	47,7	0,9

Анализ табл. 4 показывает, что смещение проходческого комбайна от оси выработки при обработке забоя приводит к существенному снижению ресурса элементов трансмиссии ИО комбайна. Для подшипников эта величина может достигать 30 %, а для валов и зубчатых колес – порядка 64 %. При этом наибольшее снижение ресурса в элементах трансмиссии отмечается при отклонении проходческого комбайна от оси выработки для большего шага фрезерования ( $\Delta H=0,4$  м), эта тенденция усиливается для малых сечений выработки ( $13,1$  м<sup>2</sup>).

При первом смещении проходческого комбайна относительно продольной оси выработки (положение 2, 3, 4) наблюдается незначительное изменение ( $\pm 10$  %) производительности и удельных энергозатрат по разрушению забоя, при этом с увеличением площади сечения выработки и шага фрезерования влияние положения комбайна на показатели эффективности использования машины снижается до 4 %.

При последующем смещении проходческого комбайна относительно продольной оси выработки в противоположную сторону (положение 5, 6, 7) для всех сочетаний шага фрезерования и площади сечения выработки наблюдается резкое снижение производительности и повышение удельных энергозатрат (соответственно 40 и 60 %). При этом для меньшего сечения ( $S=13$  м<sup>2</sup>) повышение шага фрезерования до 0,4 м приводит к большему снижению производительности и увеличению удельных энергозатрат, а при сечении  $S=20,2$  м<sup>2</sup> наблюдается обратный эффект.

По результатам анализа можно сделать вывод, что наиболее неблагоприятное сочетание параметров обработки проходческого забоя комбайном КСП-35 является малое сечение выработки  $S=13$  м<sup>2</sup> при большем шаге фрезерования  $\Delta H=0,4$  м и сдвиге вправо на 250 мм от оси выработки. При этом наблюдается наихудшее наложение негативных факторов: негативное влияние на ресурс элементов трансмиссии, снижение производительности и повышение удельных энергозатрат.

## Выводы

На основе модельных исследований рабочего процесса проходческого комбайна КСП-35 с осевой коронкой теоретически установлено, что смещение комбайна относительно продольной оси выработки, обусловленное ручным принципом управления (ввиду психофизиологических возможностей и квалификации оператора), на величину более 0,1 м приводит к существенному снижению эффективности функционирования комбайна при любом сочетании сечения выработки и шага фрезерования.

В результате смещения проходческого комбайна от оси выработки происходит существенное изменение глубины зарубки в процессе обработки забоя с явным смещением максимума в одну сторону. При этом диапазон изменения глубины зарубки при боковом резе находится в пределах от 0,1 до 0,63 м (для выработки сечением 20,2 м<sup>2</sup> и величины смещения 0,25 м). Это обуславливает снижение теоретической производительности проходческого комбайна до 43,7 %, повышение удельных энергозатрат на разрушение и времени цикла обработки забоя соответственно до 64,1 % и 56,6 %, а также снижение ресурса элементов трансмиссии исполнительного органа (для подшипников до 43 %, валов и зубчатых колес до 64 %). Повышение технического уровня и эффективности работы проходческих комбайнов избирательного действия может быть достигнуто на базе системы автоматизированного позиционирования комбайна в выработке на основе перманентного анализа информации от датчиков о параметрах рабочего процесса, обеспечивающей оптимальные параметры обработки забоя.

## Список литературы

1. Злодеев, А.В. Повышение эффективности программной обработки забоя стреловыми комбайнами / А.В. Злодеев, В.В. Синенко, С.Е. Шумалинский //Автоматизация забойного оборудования: сб. научн. тр. – М.: НПО «Автоматгормаш», 1984. – Вып.9. – С. 57-60.
2. О стратегии создания интеллектуальных роботизированных систем управления горношахтным оборудованием / В.Г. Курносов [и др.] // Уголь Украины. – 2014. – №1. – С. 12-16.
3. Семыкина, И.Ю. Подходы к созданию роботизированного проходческого комбайна в условиях безлюдной шахты / И.Ю. Семыкина, А.В. Григорьев, А.Н. Гаргаев // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2017: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, 23-24.03.2017 г. – С. 202-205.
4. Jasiulek, D. An adaptive control system of road-header with intelligent modelling of mechanical features of mined rock / D. Jasiulek, K. Stankiewicz // Journal of KONES Powertrain and Transport. – 2011. – No.2. Vol.18. – P. 197-203.
5. Кондрахин, В.П. Имитационное моделирование усилий резания и подачи при резании горных пород / В.П. Кондрахин, А.И. Хиценко // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2010. – №2. – С. 150-154.

6. Кучик, А.С. Моделирование работы исполнительного органа проходческого комбайна / А.С. Кучик, Е.В. Щерба, О.М. Волчек // Инновации на транспорте и в машиностроении: Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, С.-Петербург, 28.04.2016 г. – С. 34-37.
7. Шабаев, О.Е. Техническая диагностика резцового исполнительного органа проходческого комбайна / О.Е. Шабаев, И.И. Бридун, Н.В. Хиценко; под общ. ред. О.Е. Шабаева. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 200 с.
8. Шабаев, О.Е. Экспериментальные исследования нагрузочных характеристик двигателя привода исполнительного органа проходческого комбайна КСП-35 в представительных условиях его эксплуатации / О.Е. Шабаев, А.Ю. Довгань // Вестник ДонНТУ. – 2018. – №4. – С. 34-40.
9. ГОСТ 25.101-83. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. Межгосударственный стандарт. Расчеты и испытания на прочность.

**O.E. Shabaev /Dr. Sci. (Eng.)/***Donetsk National Technical University (Donetsk)***A.Yu. Dovgan***State Institution «Automatgormash named after V.A. Antipov» (Donetsk)*

### **POSITIONING INFLUENCE OF THE KSP-35 ROADHEADER IN THE TUNNELLING FACE ON THE EFFECTIVENESS OF ITS FUNCTIONING**

**Background.** The increased load on the treatment faces is due to ensuring the economic feasibility of coal mining. For this, it is necessary to provide the required productivity of the tunnelling machine, the efficiency of destruction, and minimize downtime and energy costs. The data of the model experiment allow identifying the most unfavourable combination of factors when treating a face – the section of the workings, the milling step and the lateral displacement.

**Materials and/or methods.** For model studies, we adopted the representative operating conditions of the KSP-35 combine. The experiment was a full-factor one with a search of all possible combinations of displacement options, the area of the workings, the cut depth, the milling step, and the contact strength of the rock. In the process of modelling, the face destroyed by horizontal cuts with the accepted milling step. At the same time, each flat cut divided into small equal sectors, within which the depth of the cut was almost constant. For each sector, the working process of destruction of the heading face modelled.

**Results.** The resistance moment values on the crown per cycle, the productivity of the roadheader and the specific energy consumption for the destruction of the rock massive determined. Histograms of the distribution of torque amplitudes on the working body for different positions of the roadheader built. Offset from the production axis during the treating of the face leads to a decrease in the resource of the transmission elements of the working body. For bearings, this value can reach 30 %, and for shafts and gears – about 64 %.

**Conclusion.** Model studies of the working process of the KSP-35 roadheader allowed theoretically establishing that the displacement of the combine relative to the longitudinal axis of the workings, due to the manual control principle, by an amount greater than 0.1 m leads to a significant decrease in the efficiency of the machine at any combination of the workings section and the milling step. Increasing the technical level and efficiency of roadheaders can be achieved based on the roadheader automated positioning system in the workings.

**Keywords:** roadheader, modelling, positioning, productivity, resource.

**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

**А.Ю. Довгань**

SPIN-код: 5834-1547

ORCID iD: 0000-0001-7154-4513

Телефон: +380 (95) 755-29-58

Эл. почта: agm\_osu@mail.ru

*Статья поступила 06.09.2020 г.**© О.Е. Шабаев, А.Ю. Довгань, 2020**Рецензент д.т.н., проф. В.П. Кондрахин*