

УДК 622.232

УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ НА РАБОТУ СООСНЫХ РОТОРОВ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

Басалай Г.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Представлены результаты натурных экспериментов на проходческом комбайне при его работе в условиях рудника разрабатываемого Старобинского месторождения калийных солей, проведенных с целью определения нагрузок на зубках от сил сопротивления резанию породы, а также удельных затрат энергии на работу соосных роторов.

Ключевые слова: проходческий комбайн, соосные роторы, привод, удельные затраты энергии

SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION FOR THE OPERATION OF COAXIAL ROTORS OF TUNNELLING MACHINE

Basalai R.A.

The results of full-scale experiments on a tunneling machine during its operation in the conditions of the mine of the Starobinskoye potash salt deposit under development, carried out in order to determine the loads on the cutters from the forces of rock cutting resistance, as well as the specific energy consumption for the operation of coaxial rotors, are presented.

Keywords: tunneling machine, coaxial rotors, drive, specific energy consumption

На рудниках ОАО «Беларуськалий» при разработке месторождений калийных солей широко используются проходческие комбайны с соосными роторами [1, 4]. Основное назначение комбайнов – проходка подготовительных выработок арочной формы при формировании шахтных полей для отработки плодородных пластов очистными комплексами. В рабочем режиме комбайна фрезерование массива горных пород осуществляется соосными роторами, бермовыми фрезами и отрезными коронками.

Цель работы – проведение серии натурных экспериментов и на их основе определение нагрузок на зубках, а также удельных затрат энергии на работу соосных роторов.

Испытания выполнены в соответствии с технологическим режимом работы комбайна при проходке подготовительных горных выработок на руднике 5РУ ОАО «Беларуськалий». В качестве объекта испытаний использован серийный проходческий комбайн КРП-3-66/1140 производства ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством». На этом комбайне установлены датчики для регистрации ряда параметров, характеризующих работу механизмов машины, в том числе, токов и напряжений питания основных звеньев исполнительного органа.

Кинематические параметры процесса разрушения породы резцами режущих роторов определялись путем измерения времени проходки машиной расстояния 1,0 м с последующим вычислением скорости подачи, а также толщины стружки, снимаемой резцами.

Так как электрогидромеханический привод гусеничного движителя комбайна КРП-3 позволяет реализовать четыре скорости его перемещения (подачи) в рабочем режиме, то эксперименты выполнены с трехкратной повторностью для каждого из четырех режимов.

При резании каждый резец двигается по своей окружности. Тогда моменты будут равны сумме элементарных моментов прикладываемых к каждому резцу

$$M_1 = F \cdot R_1 + \dots + F \cdot R_n = F \cdot \sum R_i; \quad (1)$$

$$M_2 = F \cdot r_1 + \dots + F \cdot r_n = F \cdot \sum r_i. \quad (2)$$

Здесь R_1 , R_n и R_i – радиусы окружностей движения резцов на четырехлучевом (внешнем) роторе, r_1 , r_n и r_i – радиусы окружностей движения резцов на трехлучевом (центральной) буре и забурнике, F – средняя сила резания на каждом из резцов

$$F = (N - N_n) / (\sum R_i + \sum r_i). \quad (3)$$

Зная толщину стружки представляется возможным вычисление сопротивляемости резанию калийной руды, полученное непосредственно в забое при работе комбайна.

В результате проведения серии экспериментов на проходческом комбайне получены значения средних величин мощности на привод соосных роторов при фрезеровании зубками массива горной породы (сильвинит, галит, карналит) сплошным забоем с одновременной погрузкой отбитой массы ковшами внешнего ротора на ленточный конвейер в четырех режимах работы комбайна, характеризующихся различной скоростью подачи его на забой.

Главными особенностями работы зубков, закрепленных как на центральном, так и на внешнем роторах (рис. 1), являются:

- обеспечивается постоянство толщины стружки на всех зубках – от центральных до периферийных;
- имеется прямая зависимость толщины h_c снимаемой стружки от скорости v_n подачи комбайна;
- шаг b_3 установки зубков по радиусу на забурнике, центральном и внешнем роторах одинаков и равен $b_3 = 65$ мм, что эквивалентно ширине кольцевой полосы забоя, обрабатываемой каждым зубком центрального ротора с забурником, а также двумя зубками внешнего ротора;
- на центральном роторе 15 зубков на трех лучах закреплены равномерно по радиусам, образуя схему – один зубок в линии резания (15 линий резания);
- на внешнем роторе (крестовине с ковшами) 10 зубков, образуют 5 линий резания, при этом в каждой из них диаметрально закреплено по два зубка, что дает основание считать, что толщина снимаемого слоя этими зубками в два раза меньше по отношению к толщине слоев, снимаемых зубками центрального ротора.

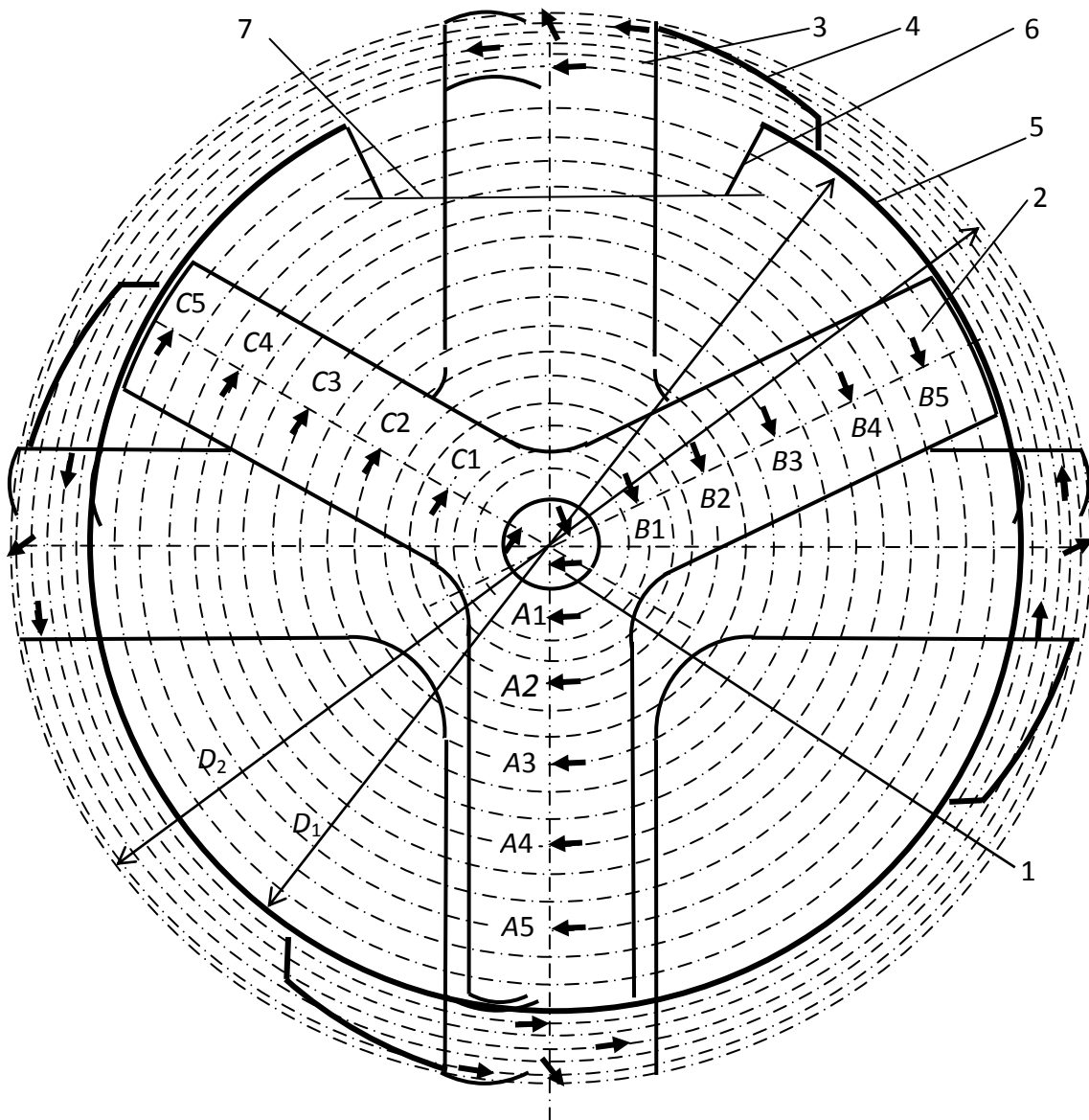


Рис. 1. Расположение зубков на центральном и внешнем роторах проходческого комбайна типа КРП-3

1 – центральный забурник; 2 – трехлучевой бур (лучи А, В, С);
 3 – четырехлучевой ротор; 4 – ковши; 5 – цилиндрический кожух;
 6 – загрузочная воронка; 7 – рабочая ветвь конвейера

Исходя из принципиальной схемы расстановки зубков на роторах принято, что на формирование суммарного момента сопротивления фрезерованию породы оказывают влияние моменты сопротивления фрезерованию от каждого зубка, расположенного на определенной линии резания. Принимая во внимание то, что толщина стружки и ширина линии резания для всех зубков одинаковы, можно допустить, что и силы сопротивления резанию на всех зубках также одинаковы.

В свою очередь, затраты энергии в единицу времени на каждом зубке определялись с учетом их линейных скоростей резания.

Обработка данных, полученных при непосредственном измерении работы комбайна в забое, выполнялась с применением программы PowerGraph, в состав которой входит библиотека функций обработки сигналов, обеспечивающих выполнение всех операций, необходимых для обработки результатов измерений.

Результаты расчета средней силы сопротивления резанию на каждом зубке при четырех скоростях подачи комбайна сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты расчета средней силы сопротивления резанию

№ режима подачи	Повторность эксперимента на определенном режиме подачи	Скорость подачи комбайна на забой, м/с	Мощность на резание, кВт	Среднее значение силы сопротивления резанию породы на одном зубке, кН
1	1.1	0,122	82,82	4,07
	1.2	0,101	81,61	4,04
	1.3	0,121	81,61	4,04
2	2.1	0,133	88,72	4,44
	2.2	0,136	85,00	4,25
	2.3	0,133	89,96	4,25
3	3.1	0,167	97,36	4,46
	3.2	0,171	96,08	4,44
	3.3	0,192	100,54	5,03
4	4.1	0,228	116,75	5,84
	4.2	0,214	114,14	5,71
	4.3	0,203	114,14	5,71

Таблица 2. Удельные затраты энергии на работу роторов

№ режима подачи	повторность	Sl + Spr кВ·А	$\cos\varphi \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{ред}$	Мощность на резание и погрузку, кВт	Подача, v_n , м/с	Производительность, Q_{xi} м ³ /с	Удельные затраты энергии на работу роторов, e_p кВт/м ³
1	1.1	137	(0,87·0,94·0,8 = 0,654)	89,63	0,00203	0,01437	6237
	1.2	143		93,52	0,00222	0,01566	5972
	1.3	153		100,06	0,00278	0,01966	5090
	1.4	179		117,07	0,00380	0,02685	4360
2	2.1	135		88,29	0,00168	0,01189	7426
	2.2	137		89,60	0,00227	0,01601	5596
	2.3	151		98,75	0,00285	0,02014	4903
	2.4	175		114,45	0,00357	0,02520	4541
3	3.1	135		88,29	0,00202	0,01425	6196
	3.2	145		94,83	0,00222	0,01566	6056
	3.3	158		103,33	0,00320	0,02261	4570
	3.4	175		114,45	0,00338	0,02391	4787

Удельные затраты энергии на работу (резание и погрузку породы) соосных роторов определены по формуле (4) и представлены в таблице 2.

$$e_p = N_i / (Q_{xi}) = N_i / (v_{pi} \cdot \pi \cdot R_2^2). \quad (4)$$

Вывод. В результате выполненных натуральных экспериментов на проходческом комбайне при различной скорости подачи его на забой получены средние значения сил сопротивления резанию породы на одном зубке, а также удельные затраты энергии на работу роторов.

Список литературы

1. Горные машины: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2. Машины и комплексы для добычи полезных ископаемых / Г.В. Казаченко, В.Я. Прушак, Г.А. Басалай. – Минск: Вышэйшая школа, 2018. – 228 с.
2. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В.А. Данилов [и др.]; под ред. В.Я. Прушака. – Мн. : Тэхналогія, 2010. – 175 с.
3. Горные машины. Практикум: учебное пособие. / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Г.И. Лютко. – Минск: Вышэйшая школа, 2020. – 200 с.
4. Басалай, Г.А. Анализ работы ковшового погрузочного устройства проходческого комбайна // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сборник трудов XVI МНТК «Чтения памяти В. Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской промышленной декады 12-13 апреля 2018 г. / Под общ. ред. Ю.А. Лагуновой. – Екатеринбург, Уральский государственный горный университет, 2018. – С. 20-23.