

Результаты производственных исследований надежности горнопроходческих комбайнов избирательного действия

А.С.Носенко, А.А.Домницкий, И.А.Носенко

Шахтинский институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова

Аннотация: Приведены результаты производственных исследований надежности горнопроходческих комбайнов КП21, производства ОАО «Копейский машиностроительный завод» в условиях шахты «Алмазная» УК «Гуковуголь» при проведении подготовительных выработок сечением до 16 м² с крепостью вмещающих пород до 7 ед. по шкале проф. М.М.Протодяконова. С помощью математического аппарата установлены математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и т.д.

Ключевые слова: горнопроходческий комбайн избирательного действия, надежность, наработка до отказа.

Проходческий комбайн избирательного КП21 (рис.1) отечественного производства служит для скоростного проведения горных выработок сечением до 30 м², по породам крепостью 7-10 ед. по шкале профессора М.М. Протодяконова. Применяется, в частности, при строительстве транспортных тоннелей [1]. Отличием рассматриваемой модели от ранее известных, является применение гидравлического привода, что весьма актуально [2-4].

В регионе Восточного Донбасса проходческий комбайн КП21 использовался впервые компанией «Гуковуголь» при проведении откаточного штрека № 109, длиной 1200 метров на шахте «Алмазная».

На основании «Методики организации сбора и анализа информации об эксплуатационных качествах горнопроходческого оборудования в условиях Российского Донбасса» [5-7] Шахтинским институтом (филиалом) ЮРГПУ(НПИ) имени М.И. Платова совместно с ОАО «КМЗ» были проведены производственные исследования по получению информации о его эксплуатации.

Наблюдения проводились 20 месяцев. В отчетный период пройдено 2 выработки длиной 2200 метров, (30 тыс. м³) и 1200 метров (17450 м³). Темпы проходки составили 252 м/мес. В целом, по комбайну, выявлено 100 отказов.



Рис. 1. - Проходческий комбайн КП21

К наиболее серьезным относятся: отрыв головок болтов крепления фланцев тормозов короны, выход из строя подшипников редукторов нагребных лап и рабочего органа, излом звезды конвейера, износ листов поворотной части конвейера.

При работе комбайна имела место присечка пород кровли крепостью до 12 ед., что повлияло на ресурс комбайна. Распределение количества отказов за период эксплуатации комбайна показано на диаграмме (рис.2).

В результате анализа полученных данных, определены наработка до отказа, а так же перечень деталей и узлов, оказывающих влияние на надежность комбайна (таблица № 1).

Результаты исследований легли в основу дальнейшего совершенствования горнопроходческих комбайна данного типоразмера. Усилены крепления тормозов режущего органа. Разработана новая конструкция нагребной части, в которой нагребные лапы заменены рифлеными дисками. Изменена компоновка редукторов ходовой тележки. Рассматриваются варианты применения комбайна совместно бункером перегружателем [8-9].



Рис. 2. - Распределение количества отказов комбайна по частям

Таблица № 1

Показатели надежности комбайна КП21 зав. № 20

Сборочная единица	Вышедший из строя узел	Количество отказов	Наработка до отказа, м ³
Рабочий орган	Редуктор: подшипник № 53615	2	14000
	Тормозные фрикционы	5	10000
	Электродвигатель	4	7500
		3	9000
Погрузочный орган	Редуктор: подшипник №7612, вал-шестерня № 0202087, колесо коническое № 0202009	8	6000
	Подшипник кулисы	2	27500
		2	24000
		1	29000
Конвейер	Редуктор: подшипник №7610	3	9000
	Звезда 2ПНБ2.13.86.220-01	2	20000
	Цепь скребковая	2	19000
	Листы става	6	12000
Ходовая часть	Цепь траковая	3	19000
Гидропривод	Домкрат телескопа	6	19000
	Рукав высокого давления	9	21000
	Металлические трубки	5	12000
	Гидромотор	1	27000

Полученные статистические параметры использованы для расчета случайных величин наработок до отказа. Условия работы комбайнов приведены в таблице № 2.

Таблица № 2

Условия работы комбайнов КП21

№ п/п	Заводской №№	Выработка	Период наблюдений, мес.	Размеры выработки вчерне/в свету, м ²	Крепость пород, ед.
1	КП-21 Зав. №20	Конвейерный штрек №109	7	15,9/13,5	2 – 5/7
2	КП-21 Зав. №34	Конвейерный штрек №113	20	16,0/15,2	2 – 5/7

Отказы, соответствующие отдельным узлам каждого из исследуемого комбайна приведены на рисунке 3.

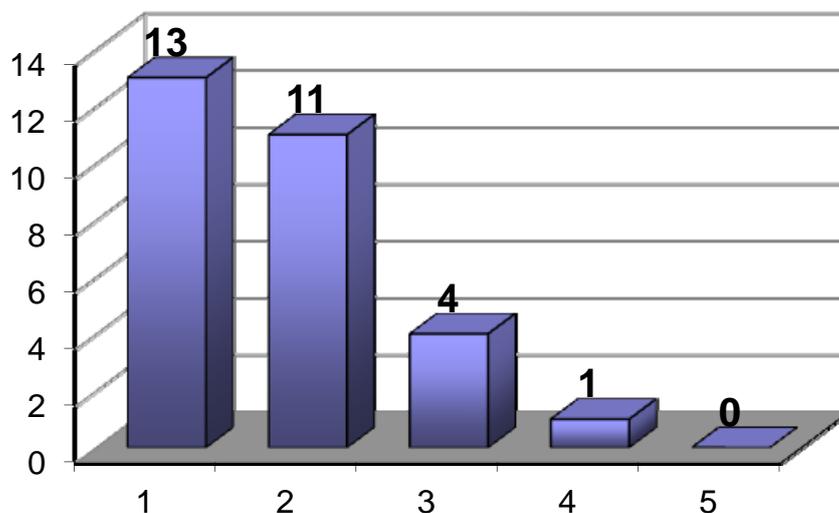
Как видно из приведенных диаграмм, значительный объем отказов принадлежит перегружателю и составляет 40 %. Наиболее слабые элементы с точки зрения надежности - валики цепи (80%) и приводная звезда (90%). Слабое место погрузочного органа - редуктор (85%). В ходовой части основные отказы – траки (90%). Рабочий орган обладает недоработанным гидравлическим домкратом и тормозом стрелы телескопа (70%).

Статистический анализ полученных результатов наблюдений за работоспособностью комбайнов КП21 произведен в соответствии с рекомендациями [5-6].

Исходя из полученных экспериментальных данных, сформирован статистический ряд случайных величин (СВ) из 83 реализаций X наработки до отказа, при этом $X_{min} = 23,0$ п.м, $X_{max} = 177,4$ п.м. В этом случае $\Delta I = 10$; $k = 18$.

Для каждого интервала рассчитаны: n_i — число значений случайной величины, попавших в интервал; n_i / n — частота, $\sum \frac{n_i}{n}$ — накопленная частота, $n_i / n\Delta I$ — эмпирическая плотность вероятности, п.м⁻¹.

а)



б)

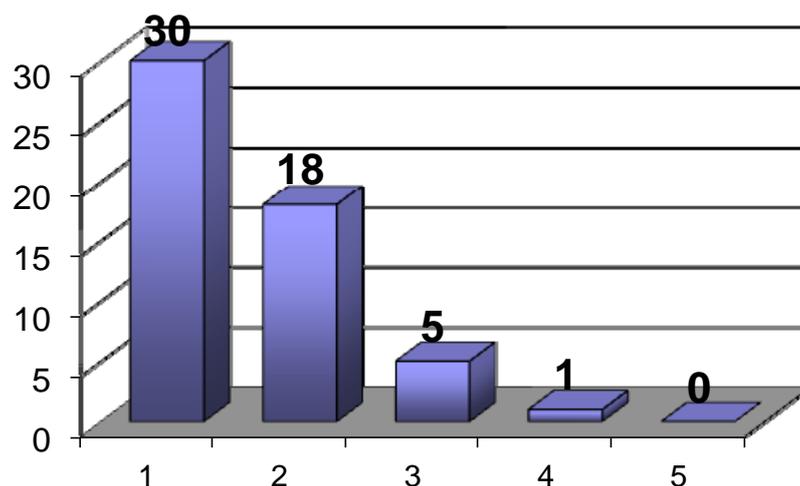


Рис. 3. - Распределение отказов по частям проходческих комбайнов КП-21. а) - комбайна КП-21 №20; б) - комбайна КП-21 №34; 1 – исполнительный орган, 2 – нагребаящая часть, 3 – конвейер, 4 – крепеподъемник, 5 – ходовая часть.

В результате, рассчитаны значения статистического среднего квадратического отклонения СВ: $\sigma_x' = 32,2$ п.м и коэффициента вариации $v_x' = 0,79$.

На рисунке 4 приведена диаграмма плотности распределения СВ. В случае, когда вид теоретической функции распределения не известен,

диаграмма служит основой для определения теоретической функции распределения.

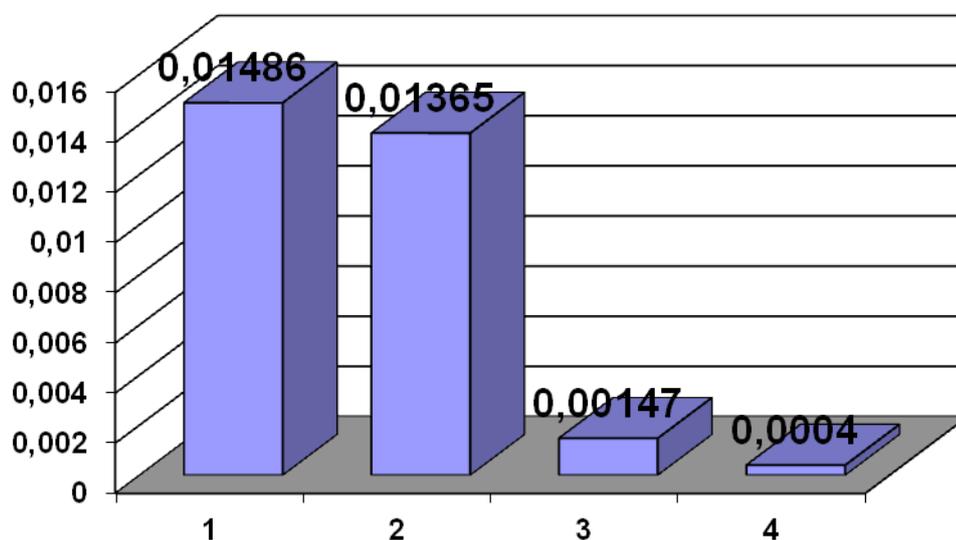


Рис. 4. - Гистограмма экспоненциального распределения

$$f(X) = 0,025 e^{-0,025X} \text{ СВ наработки до отказа}$$

В результате обработки полученных результатов, установлено, что случайные значения наработки до отказа X_i проходческих комбайнов подчиняются экспоненциальному закону распределения.

Плотность вероятности случайной величины, подчиненной экспоненциальному закону распределения, описывается выражением:

$$f(t) = \frac{1}{m_x} e^{-\frac{t}{m_x}}.$$

Приняв в качестве математического ожидания значения $m_x = 41$ п.м, получим $f(X) = 0,025 e^{-0,025X}$.

В результате проведенных исследований и расчетов построена выравнивающая кривая распределения (рисунок 6), представляющая собой график теоретической функции $f(X)$.

Для установления соответствия выдвинутой гипотезы статистическим материалам использован критерий согласия К. Пирсона χ^2 , величина которого рассчитывается по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i},$$

где k - число интервалов C , n_i - число значений СВ в i -ом интервале, n - общее число полученных значений СВ, p_i - теоретическая вероятность попадания СВ в i -й интервал.

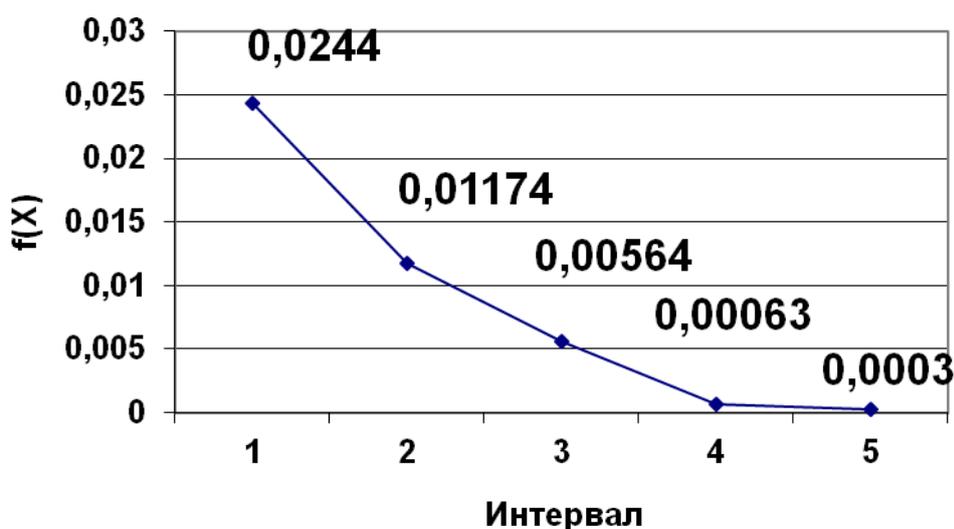


Рис. 5. - График теоретической функции $f(X) = 0,0244 \cdot e^{-0,0244X}$

Полученная в результате расчетов вероятность $p=0,01$, является достаточной ($p \leq 0,1$). Таким образом, считаем, что экспериментальные данные удовлетворяют принятому закону распределения СВ.

Литература

1. Носенко А.С., Домницкий А.А., Каргин Р.В., Шемшура Е.А. К вопросу о выборе комплектов оборудования для строительства транспортных тоннелей комбайновым способом// Дороги и мосты: сб. науч. тр. / ФГБУ «Росдорнии». М., 2014. №32/2. С. 40-54.
2. Хазанович Г.Ш., Ляшенко Ю.М., Носенко А.С., Остановский А.А., Никитин Е.В. Разработка гидрофицированных погрузочных и транспортных

модулей горнопроходческих машин. // Научно-технические проблемы строительства вертикальных стволов, околоствольных дворов, горизонтальных и наклонных выработок: сб. науч. тр. / АО «Ростовшахтострой», Новочерк. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: НГТУ, 1998. С. 159-164.

3. Носенко А.С., Каргин Р.В., Хазанович В.Г., Носенко В.В. Разработка гидрофицированных модулей погрузочно-транспортных систем. // Горное оборудование и электромеханика. 2009. №4. С. 13-16.

4. Носенко А.С. Рабочие процессы, параметры и эффективность шахтных погрузочных машин с гидравлическими приводами: дис. ... д-р техн. наук: 05.05.06. Новочеркасск, 2000. 279 с.

5. Носенко А.С., Хазанович В.Г., Носенко В.В., Шемшура Е.А. Выбор комплектов оборудования для проведения подготовительных выработок на основании фактических показателей надежности// Горное оборудование и электромеханика. 2009. №7. С. 8-11.

6. Шемшура Е.А. Пути оптимизации системы эксплуатации горнопроходческого оборудования// Инженерный вестник Дона, 2013. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2001.

7. Ключникова О.В., Шаповалова А.Г., Цыбульская А.А. Основные принципы выбора типа и количества строительных машин для комплексного производства работ//Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2064.

8. Патент №2108954 РФ, МКИ В65G25/08. Конвейер для транспортирования сыпучих и кусковых материалов/ Г.Ш. Хазанович, А.С. Носенко, Ю.М. Ляшенко, Р.В. Каргин. - Заявл. 31.01.96; Опубл. 20.04.98; Бюл. №11.

9. Хазанович Г.Ш., Каргин Р.В., Носенко А.С. Исследования проходческого перегружателя с изменяемой высотой транспортирующих

элементов. // Горный информационно-аналитический бюллетень(научно-технический журнал). 2001. №11. С. 204-207.

10. Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network URL: bmvit.gv.at/verkehr/strasse/tunnel/downloads/EURL_200454EGvom762004en.pdf.

11. Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR) ECE/TRANS/SC.1/384 14 March 2008. URL: unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/ECE-TRANS-SC1-384e.pdf.

References

1. Nosenko A.S., Domnickij A.A., Kargin R.V., Shemshura E.A. Dorogi i mosty: trudy FGBU «Rosdornii». Moscow, 2014. №32/2. Pp. 40-54.

2. Hazanovich G.Sh., Ljashenko Ju.M., Nosenko A.S., Ostanovskij A.A., Nikitin E.V. Nauchno-tehnicheskie problemystroitel'stva vertikal'nyh stvolov, okolostvol'nyh dvorov, gorizontal'nyh i naklonnyh vyrabotok: trudy. Novoчеркассk: NGTU, 1998. Pp. 159-164.

3. Nosenko A.S., Kargin R.V., Hazanovich V.G., Nosenko V.V. Mining Equipment and Electromechanics. 2009. №4. Pp. 13-16.

4. Nosenko A.S. Rabochie processy, parametry i jeffektivnost' shahtnyh pogruzochnykh mashin s gidravlicheskimy privodami [Work process, parameters and efficiency underground loading machines with hydraulic drive]: dis. ... d-r tehn. nauk: 05.05.06. Novoчеркассk, 2000. 279 p.

5. Nosenko A.S., Hazanovich V.G., Nosenko V.V., Shemshura E.A. Mining Equipment and Electromechanics. 2009. №7. Pp. 8-11.

6. Shemshura E.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2001.



7. Kljuchnikova O.V., Shapovalova A.G., Cybul'skaja A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2064.

8. Patent №2108954 RF, MKI V65G25/08. Konvejer dlja transportirovanija sypuchih i kuskovyh materialov [Conveyor for transporting particulate and lump materials]. G.Sh. Hazanovich, A.S. Nosenko, Ju.M. Ljashenko, R.V. Kargin - Zajavl.31.01.96; Opubl.20.04.98; Bjul. №11.

9. Hazanovich G.Sh., Kargin R.V., Nosenko A.S. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2001. №11. Pp. 204-207.

10. Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network URL: bmvit.gv.at/verkehr/strasse/tunnel/downloads/EURL_200454EGvom762004en.pdf.

11. Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR) ECE/TRANS/SC.1/384 14 March 2008. URL: unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/ECE-TRANS-SC1-384e.pdf.