

2. Блохин В.С. Повышение эффективности бурового инструмента / В.С.Блохин. - К.: Техника, 1982. -160 с.
3. Антонов А.В. Системный анализ / А.В. Антонов - М.: Высшая школа, 2004. — 454 с.
4. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент / Н.Н.Моисеев. - М.: Наука, 1979. – 512с.

ABSTRACT

Purpose. A purpose hired is development of mathematical model of boring chisel for determination of his rational structural parameters.

The methodology of research. Efficiency of transmission of energy of shock impulse was not examined in a boring instrument with учетом of his geometrical parameters, that promoted transmission of energy to the elements of boring crown ями scuffed with minimum, that promotes efficiency of destruction of mountain breed considerably.

Scientific novelty. The decision of this task folds actuality of work. Her purpose is a design of passing of shock impulse through a boring instrument with the search of rational geometrical parameters of boring instrument.

Practical meaningfulness. Analytical dependences got authors for determination of geometrical parameters crowns which allow crowns-dilators for the boring drilling compensative explosion mining hole of which speed of the boring drilling is enhanceable on 45 %.

Keywords: *crown, mining hole, structural parameters, model*

УДК 622.001.89; 622.68

© В.Ф. Монастырский, С.В. Монастырский

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С ЛЕНТОЙ ГЛУБОКОЙ ЖЕЛОБЧАТОСТИ

© V. Monastyrsky, S. Monastyrsky

DESIGN OF QUALITY OF BAND CONVEYERS WITH THE RIBBON OF DEEP THE TROUGH

Представлены результаты статистических и экспериментальных исследований, выполненных для обоснованного выбора эргономических показателей качества и надежности. Определены закономерности изменения эргономических показателей в зависимости от воздействия на фундаменты конвейеров и перекрытий фабрики вибрации элементов привода. Установлено, что с увеличением мощности привода конвейеров тенденция изменения эргономических и технических показателей качества по уровню вибрации имеют одинаковую картину: сначала их значения повышаются до максимальных значений (0,95), а затем снижаются до уровня 0,92 и 0,6 соответственно. Разработаны рекомендации по расчету показателей качества ленточных конвейеров.

Представлено результати статистичних і експериментальних досліджень, виконаних для обґрунтованого вибору ергономічних показників якості і надійності. Визначено закономір-

ності зміни ергономічних показників залежно від дії на фундаменти конвеєрів і перекриттів фабрики вібрації елементів приводу. Встановлено, що із збільшенням потужності приводу конвеєрів тенденція зміни ергономічних і технічних показників якості по рівню вібрації мають однакову картину: спочатку їх значення підвищуються до максимальних значень (0,95), а потім знижуються до рівня 0,92 і 0,6 відповідно. Розроблено рекомендації по розрахунку показників якості стрічкових конвеєрів.

Введение. Основным направлением повышения эффективности работы горнорудных предприятий является внедрение новых технологий, позволяющих снизить затраты на тонну добываемого сырья, улучшить экологическую обстановку и создать нормальные условия для обслуживающего персонала [1, 2]. Конвейерный транспорт является наиболее перспективным видом транспорта всех передовых технологий (циклично-поточной и поточной; любого комбинированного способа доставки горной массы большой производительности).

Актуальность Опыт эксплуатации ленточных конвейеров в различных горнотехнических и климатических условиях [1, 3] показал, что на их потребительское качество большое влияние оказывают условия эксплуатации, физико-механические свойства руд и пород, динамика нагружения элементов конвейера, энергопотребление, а также уровень проектирования и изготовления. Так, например, для районов Крайнего Севера решающим фактором является морозоопасность [2], для Курской магнитной аномалии – налипание горной массы, для условий Кривбасса, Якутии – крупность и абразивность горной массы [1, 2]. Указанные выше факторы снижают потребительское качество ленточных конвейеров и вызывают ухудшение их нормативных показателей из-за многочисленных простоев оборудования. В этом случае наиболее часто выходят из строя лоток загрузочного устройства, упругие элементы роlikоопор, ролики, лента, повышаются энергопотребление конвейера и вибрация его элементов. Целый ряд задач для оценки качества конвейеров по единичным и комплексным показателям в настоящее время уже решены [3,4], но остаются еще задачи, для которых отсутствуют методы расчета показателей качества на стадии проектирования и по данным эксплуатации. В частности к ним относятся:

- группа показателей надежности, определяемых по данным эксплуатации для различных условий;
- группа технических показателей и долговечности, определяемых расчетным способом;
- эргономические показатели, определяемые экспериментально или по данным диагностики.

Указанные задачи являются частью научной проблемы, направленной на создание ленточных конвейеров нового уровня качества.

Целью настоящей работы является научное обоснование качества ленточных конвейеров по единичным и комплексным показателям надежности и эргономическим на основании статистических и экспериментальных исследований.

Результаты исследований. Конвейеры горных предприятий эксплуатируются в сложных условиях из-за воздействия на них влажности, запыленности, крупности горной массы и факторов, обусловленных физико-

механическими свойствами руд и пород. Влажность груза порождает, прежде всего, налипание его к стенкам вмещающих сосудов. Запыленность способствует интенсивному износу взаимодействующих деталей, снижению их ресурса, выходу из строя подшипников и смазывающих устройств. Крупность и абразивность горной массы влияют на долговечность основных элементов конвейеров. Гранулометрический состав горной массы оказывает существенное влияние на выбор наименее энергоемких технологических машин для достижения заданной производительности. На основании опыта эксплуатации и анализа результатов исследований влияния различных факторов на работу горных машин [3,4] было установлено, что:

– суммарное воздействие факторов на надежность (работоспособность) конвейеров учитывается коэффициентом «трудности» эксплуатации (K_T), значение которого определяется по сумме баллов всех факторов;

– на практике для определения K_T учитываются горнотехнические, геологические, экологические, технологические и другие факторы.

В [4] установлена взаимосвязь между факторами, воздействующими на качество горных машин, и значениями коэффициента «трудности» их эксплуатации (K_T). Для статистических исследований были отобраны конвейеры фабрик СевГОКа (1КТ, ЛК-2), ИнГОКа (1А, 2К-1), ЦГОКа (К₃, 2К-1), Балаклавского Р/У (К₁) и фабрик АК «АЛРОСА» №3 (КП-1, КП-2), №12 (ГЛК-1, ГЛК-2, РЛК-1, РЛК-2), №14 (РЛК-1) длиной 200–800метров, оборудованные синтетической лентой с глубокой желобчатостью и шириной $B_n = 1600$ мм; лебедочным или винтовым натяжением и приводом мощностью от 350 до 1500 кВт. Транспортируемый материал – крупнокусковый груз $D_{max} \leq 700$ мм, крепостью по шкале Протоdjяконова $f_{кр} = 4–10$ баллов для алмазосодержащих и $f_{кр} = 14–16$ для железных руд.

Результаты исследований [4] показали, что материалоемкость коррелирует с массой оборудования, крепость пород и крупность насыпного груза – со сроком службы элементов конвейера, коэффициент готовности – с коэффициентами технического использования и использования, интенсивность отказов – с наработкой на отказ, электропотребление – с мощностью привода, длина транспортирования – с материалоемкостью. С учетом корреляционных связей между факторами и показателями из общего их числа для моделирования качества конвейеров были отобраны следующие показатели: вероятность безотказной работы, наработка на отказ, обобщенные показатели надежности, интенсивность отказов, время восстановления отказов, срок службы элементов конвейера, ресурс, потребление электроэнергии, производительность, эргономические показатели, показатели стоимости.

Установлено, что при одинаковом количестве значимых факторов, выбранных на основании корреляционного анализа, условия фабрик 12, 14, 3 СевГОК, ЦГОК и Балаклавского РУ характеризуются значениями K_T эксплуатации соответственно 155, 150, 127, 117, 109, 82 баллов.

Для обоснования показателей надежности ленточных конвейеров для предприятий различных климатических зон были отобраны из «Банка данных

ИГТМ НАНУ» непрерывные и дискретные выборки, результаты обработки которых приведены в [4]. Установлено, что с увеличением K_T от 50 до 150 баллов общее количество отказов и времени восстановления повышается на 15...20 %, а внезапные отказы составляют до 70...80% от общего числа отказов по техническим причинам. При этом повышение интенсивности отказов приводит к снижению наработки на отказ и наоборот. Значения математического ожидания и среднеквадратического отклонения наработки на отказ конвейеров, эксплуатируемых в одинаковых условиях, лежат в пределах доверительного интервала с коэффициентом значимости 0,05 и отличаются между собой не более чем на 15–20 %. Следовательно, исследуемые выборки статистически одинаковы (принадлежат генеральной выборке) и подчиняются одним и тем же законам распределения случайных величин отказов и восстановления. Зависимости наработки на отказ (H), времени восстановления отказов (t) и оценок параметров законов распределения случайной величины наработки на отказ (λ) (восстановления μ) от K_T аппроксимируются полиномами второй степени соответственно:

$$H = 0,4035K_T^2 - 148,47K_T + 18918 \text{ мин};$$

$$t = 0,0921K_T^2 - 31,991K_T + 2866,8 \text{ мин};$$

$$\lambda = -3 \cdot 10^{-9}K_T^2 + 1,8 \cdot 10^{-6}K_T - 3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/мин};$$

$$\mu = 7 \cdot 10^{-7}K_T^2 - 8 \cdot 10^{-5}K_T + 0,0027 \text{ 1/мин}$$

с достоверностью $R^2 = 0,95...0,98$.

Вероятности безотказной работы и восстановления отказов в заданное время определяются по экспоненциальным законам, оценки параметров которых для фиксированных K_T имеют соответственно следующие значения:

$$\lambda_1 = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ (1/мин)}, \quad \mu_1 = 0,12 \cdot 10^{-2} \text{ (1/мин)} \quad (K_T = 82 \text{ балла});$$

$$\lambda_2 = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ (1/мин)}, \quad \mu_2 = 0,15 \cdot 10^{-2} \text{ (1/мин)} \quad (K_T = 109 \text{ балла});$$

$$\lambda_3 = 1,45 \cdot 10^{-4} \text{ (1/мин)}, \quad \mu_3 = 0,3 \cdot 10^{-2} \text{ (1/мин)} \quad (K_T = 117 \text{ балла});$$

$$\lambda_4 = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ (1/мин)}, \quad \mu_4 = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ (1/мин)} \quad (K_T = 127 \text{ балла});$$

$$\lambda_5 = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ (1/мин)}, \quad \mu_5 = 0,69 \cdot 10^{-2} \text{ (1/мин)} \quad (K_T = 150 \text{ балла});$$

$$\lambda_6 = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ (1/мин)}, \quad \mu_6 = 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ (1/мин)} \quad (K_T = 155 \text{ балла}).$$

Обобщенные показатели надежности K_T , $K_{ти}$, $K_{и}$ аппроксимируются выражениями:

$$K_T = -0,0011 \cdot K_T + 1,0875;$$

$$K_{ти} = -0,0014 \cdot K_T + 1,0985;$$

$$K_{и} = -0,0014 \cdot K_T + 1,1134$$

с достоверностью $R^2 = 0,97...0,99$.

Таким образом, на основании выполненных исследований получены исходные данные для моделирования качества ленточных конвейеров по показателям надежности.

Для определения значений эргономических показателей качества ленточных конвейеров были выполнены экспериментальные исследования влияния вибрации элементов привода ленточных конвейеров (зубчатых зацеплений, деталей подшипников электродвигателя, редукторов, барабанов) на процесс колебаний перекрытий обогатительных фабрик при работе магистральных конвейеров КП-

1,2 (мощность 500 кВт; коэффициент трудности $K_T = 127$ баллов), ГЛК-1,2 (мощность большого привода 1020 кВт, малого 520 кВт, $K_T = 155$ баллов), передвижных РЛК-5,6 (мощность 350 кВт; $K_T = 150$ баллов). Исследования проводились в промышленных условиях согласно разработанной методике, включающей измерение вибрации элементов привода и перекрытий фабрик в вертикальном направлении при помощи виброкомплекса PL-2 (Англия), позволяющего измерять перемещение, скорость и ускорение вибрации как непрерывно в виде осциллограмм, так и в виде дискретных значений. Программа исследований предусматривала измерение виброхарактеристик через каждые шесть месяцев в течение трех лет. Контроль вибрации осуществлялся при установке датчиков на подшипниках электродвигателя, редуктора, приводных барабанов. Продолжительность отдельного испытания составляла не менее одного часа при количестве испытаний не менее пяти. Одновременно с помощью щупов фиксировалась виброскорость фундаментов и перекрытий на уровне стояния электродвигателя, редуктора, приводных барабанов.

Эргономическим показателем качества была принята вибрационная характеристика [4]

$$K_{\text{эп}} = (A_{\text{max}} - A_c) / A_c,$$

где A_{max} – максимальная амплитуда виброскорости перекрытий, мм/с; A_c – допустимая по санитарным нормам амплитуда виброскорости [5], мм/с.

Техническое состояние привода ленточного конвейера по уровню вибрации оценивалось коэффициентом

$$K_B = A_6 / A_{\text{max}},$$

где A_6 – базовое значение амплитуды виброскорости, соответствующее достигнутому уровню для отечественного или зарубежного конвейеростроения в настоящее время, мм/с.

Таблица 1

Значения СКЗ виброскорости на фундаментах магистральных ленточных конвейерах, мм/с

№	Наименование оборудования	Конвейер ГЛК-1				Конвейер ГЛК-2			
		06.2003	12.2003	06.2004	12.2004	06.2003	12.2003	06.2004	12.2004
Большой привод									
1	Электро-двигатель	0,26	0,25	0,26	0,24	0,22	0,24	0,21	0,27
	Редуктор	0,391	0,381	0,394	0,394	0,356	0,368	0,372	0,362
	Опоры приводного барабана	0,357	0,324	0,362	0,359	0,324	0,325	0,318	0,328
Малый привод									
2	Электро-двигатель	0,2	0,18	0,17	0,21	0,19	0,18	0,19	0,17
	Редуктор	0,261	0,274	0,265	0,282	0,287	0,282	0,289	0,276
	Опоры приводного барабана	0,236	0,245	0,238	0,226	0,305	0,285	0,274	0,279

Обработка полученных результатов выполнялась по методике [4] с использованием программного обеспечения «Банка данных». Результаты измерений приведены в таблицах 1–3 и на рисунках 1–4. В качестве базового СКЗ виброскорости для расчета эргономического показателя было принято допустимое по санитарным нормам значение 5,6 мм/с [5]; для расчета технических показателей – достигнутый уровень зарубежного опыта конвейеростроения – 0,4...2,54 мм/с [6].

Таблица 2

Значения СКЗ виброскорости на фундаментах передвижных ленточных конвейерах, мм/с

№	Наименование оборудования	Конвейер РЛК-5				Конвейер РЛК-6			
		06.2003	12.2003	06.2004	12.2004	06.2003	12.2003	06.2004	12.2004
1	Электродвигатель	0,41	0,45	0,52	0,60	0,29	0,36	0,39	0,35
2	Редуктор	0,36	0,36	0,38	0,41	0,31	0,32	0,35	0,33
3	Приводной барабан	0,51	0,46	0,49	0,47	0,42	0,36	0,45	0,42
4	На уровне стояния конвейера	0,49	0,49	0,50	0,51	0,53	0,52	0,48	0,47

Таблица 3

Значения СКЗ виброскорости на фундаментах магистральных ленточных конвейерах, мм/с

№	Наименование оборудования	Конвейер КП-1				Конвейер КП-2			
		06.2003	12.2003	06.2004	12.2004	06.2003	12.2003	06.2004	12.2004
1	Электродвигатель	0,28	0,092	0,285	0,276	0,264	0,265	0,268	0,271
2	Редуктор	0,261	0,264	0,259	0,256	0,251	0,254	0,253	0,253
3	Приводной барабан	0,324	0,326	0,328	0,326	0,298	0,298	0,298	0,298
4	На уровне стояния конвейера	0,242	0,242	0,242	0,242	0,252	0,249	0,248	0,246

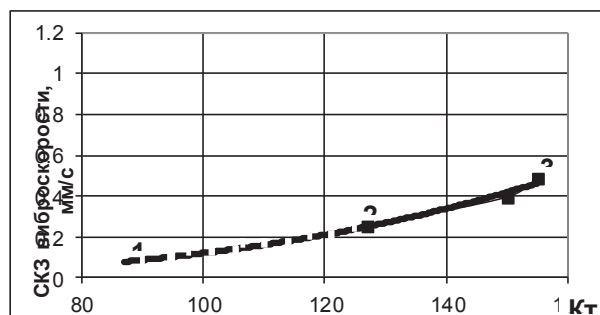


Рис. 1. Зависимость изменения СКЗ виброскорости на фундаментах ленточных конвейеров от K_T :
1, 2 – участки экстраполяции

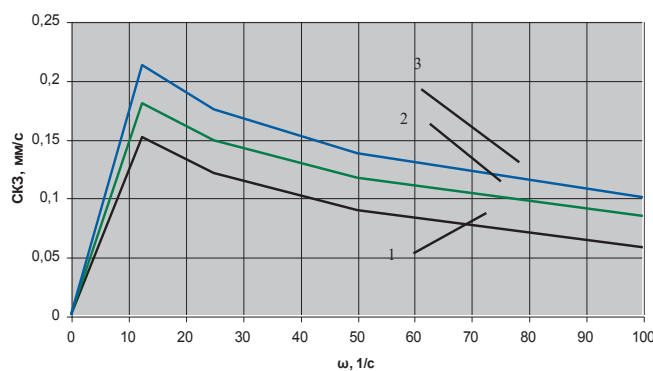


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики вибрации:
1, 2 – фундаментов большого и малого приводов; 3 – подшипников приводных барабанов

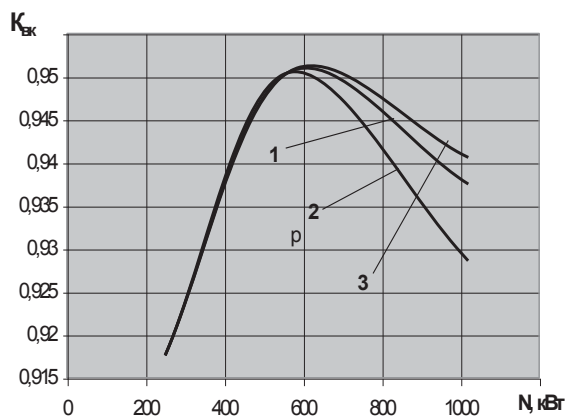


Рис.3. Зависимость эргономического показателя качества от мощности привода ленточного конвейера: 1, 2, 3 – соответственно на уровне стояния электродвигателя, редуктора, приводного барабана

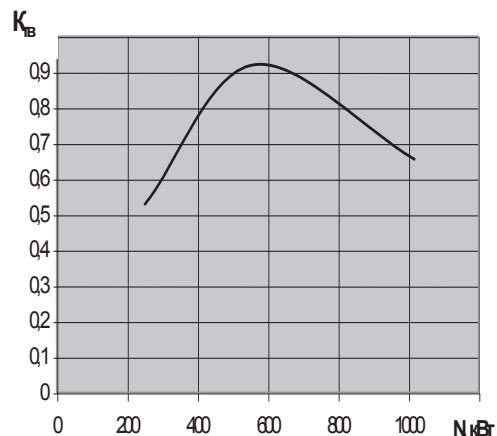


Рис.4. Зависимость технического показателя качества от мощности привода ленточного конвейера

Анализ полученных результатов показал, что:

- максимальные СКЗ виброскорости перекрытий возникают на собственной частоте $\omega_n = 12,5$ Гц (см. рис. 2) от низкочастотных воздействий в диапазоне частот 4,89...10,6 Гц (основные частоты тел качения подшипников);

- появление резонанса от воздействия элементов приводов ленточных конвейеров на перекрытия (фундаменты) маловероятно (см. рис. 2), так как их собственная расчетная частота существенно отличается от основной частоты «внешнего» воздействия;

- СКЗ виброскорости перекрытий фабрик, измеренная непосредственно на фундаментах приводов ленточных конвейеров, зависит от K_T и составляет 0,18...0,50 мм/с (см. табл. 1–3 и рис. 1);

- максимальные СКЗ виброскорости на частоте 55 Гц на подшипниках тихоходных валов отличаются не более чем на 15 % от результатов измерений вибрации непосредственно на фундаментах конвейеров (см. табл. 1–3), что позволяет с достаточной точностью контролировать колебания перекрытий на подшипниках тихоходных валов редукторов;

- значения технического показателя качества по уровню вибрации в пределах выполненных исследований зависят от мощности привода (см. рис. 4) и соответствуют требованиям, предъявляемым к техническому состоянию машины по параметру СКЗ виброскорости;

- при увеличении мощности привода ленточных конвейеров эргономический (см. рис. 3) и технический (см. рис. 4) показатели качества по уровню вибрации сначала повышаются до максимальных значений (0,95) при мощности привода 60 кВт, а затем снижаются до уровня 0,92 и 0,6 соответственно.

Выводы

1. На основании выполненных статистических и экспериментальных исследований была обоснована взаимосвязь между условиями эксплуатации,

определяемыми коэффициентом «трудности» эксплуатации, и показателями надежности. Полученные закономерности позволяют на стадии проектирования определить значения показателей надежности для различных условий эксплуатации ленточных конвейеров.

2. С увеличением мощности привода ленточных конвейеров тенденция изменения эргономических и технических показателей качества по уровню вибрации имеет одинаковую картину: сначала повышение до максимальных значений (0,95), а затем снижение до уровня 0,92 и 0,6 соответственно.

Перечень ссылок

1. Новожилов М.Г. Проблемы внедрения поточной технологии на карьерах /М. Г. Новожилов, А. С Пригунов, С. М. Бро // Горный журнал. – 2000. – №7. – С. 40–44.
2. Заостровцев В. Н Опыт эксплуатации ленточных конвейеров в условиях Удачинского ГОК / В. Н Заостровцев, И. С. Мухамедьянов, В. Ф. Монастырский // Горный журнал. – 1998. – №2. – С. 25–28.
3. Радкевич Я. М. Оценка и прогнозирование уровня качества ленточных конвейеров / Я. М Радкевич, В. И Русихин, Л. С. Сычев // «Проблемы проектирования, изготовления и эксплуатации горного оборудования»: Сб. трудов Международной научно-технической конференции. – Польша, Гливице, 1987. – С. 62–68.
4. Монастырский С. В. Научное обоснование показателей качества ленточных конвейеров для адаптации их к различным условиям эксплуатации: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / С. В. Монастырский. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2007. – 17 с.
5. Островский М. С Многоуровневый алгоритм вибромониторинга технического состояния машин / М. С Островский, Я. М. Радкевич, В. А Тимирязев // Горные машины и автоматика. – 2004. – №7. – С. 23–25.
6. Белов А. В. Безопасность жизнедеятельности / А. В. Белов. – М.: Высшая школа, 1999. – 446 с.

ABSTRACT

Purpose. Scientific ground of quality of conveyers on reliability indexes and ergonomics single and complex.

The methodology. Reliability indexes are certain on the basis of treatment of selections of work on the refusal (renewals). The coefficient of difficulty of exploitation is certain with bringing of method of expert estimations and methods approved in practice . The indexes of ergonomics on the level of vibration are certain experimentally with bringing complex PL-2 (England), what allow to measure moving, speed and acceleration of vibration on ceiling of factories and foundations of band conveyers.

Findings. The results of researches statistical and experimental on the ground of ergonomics indexes of quality and reliability are represented. It is set, that with the increase of power the tendency of change indexes of quality ergonomics and technical on the level of vibration has an identical picture: at first increase of maximal values to 0,95, and then decline to the level 0,92 and 0,6 accordingly.

The originality. The conformities to the law of change of reliability and ergonomics indexes depending on coefficient of difficulty of exploitation and technical characteristic of conveyer, are certain.

Practical implications. The conformities to the law allow to expect indexes of quality of band conveyers on the level of vibration and reliability indexes depending on external environments.

Keywords: *quality, an index is reliability, foundations, ceiling, ergonomics, recommendations, exploitation, drive, experimental researches, selection, coefficient of difficulty of exploitation*

УДК 622.232

© В.В Русских, А.В Яворский, Е.А. Яворская, А.Н. Корольчук

**РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОЧИСТНОГО
КОМБАЙНА CLS450 В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ “СТЕПНАЯ”
ЧАО “ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ”**

© V. Russkikh, A. Yavorskyi, E. Yavorskaya, A. Korolchuk

**CALCULATION OF OPTIMUM PARAMETERS OF SHEARER
CLS450 IN CONDITIONS OF “STEPNAYA” MINE
PJSC “DTEK PAVLOGRADUGOL”**

Выполнены расчеты относительно применения очистного комбайна CLS450 нового технического уровня в условиях шахты «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь». Проведен анализ влияния сопротивляемости угля резанию на скорость подачи, производительность и объем добычи комбайна. Установлено, что расчетная нагрузка на очистной забой составит 3000 т / сут.

Виконані розрахунки щодо застосування очисного комбайна CLS450 нового технічного рівня в умовах шахти «Степова» ПАТ «ДТЕК Павлоградугілля». Проведено аналіз впливу опірності вугілля різанню на швидкість подачі, продуктивність і обсяг видобутку комбайна. Встановлено, що розрахункове навантаження на очисний вибій становитиме 3000 т / добу.

Введение. В составе очистного механизированного комплекса уровень нагрузок определяет очистной комбайн. Мировой опыт производства комбайнов свидетельствует, что за последние 10–15 лет многие ведущие фирмы, такие как «JOY» (США), «DBT» (Германия), «FAMUR» (Польша) перешли на выпуск комбайнов с электрической системой подачи на базе частотно-регулируемого привода, резко сократив или полностью отказавшись от производства комбайнов с гидроприводом [1]. Это увеличило производительность очистных комбайнов, повысило их надежность и ресурс. Решая задачу создания очистных комбайнов с электрической системой подачи, взамен морально устаревших комбайнов с цепной и гидравлической подачей, инженеры Comum Group, изготовили очистной комбайн нового технического уровня CLS450 (рис. 1) для отработки пластов тонких и средней мощности с изменяющейся гипсометрией от 1,05 до 2,4 м.