

6
A65

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНСКОЙ ССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
имени АРТЕМА

На правах рукописи

Инженер-механик Ю.С.МИНКО-РАЙЕВИЧ

УДК 622.002.5.004.62:622.232.75

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ
СТРУГОВЫХ УСТАНОВОК ТИПА УСБ
С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ
(на русском языке)

специальность 05.172 "Торные машины"

А в т о р е ф е р а т

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Днепропетровск, 1971

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
УКРАИНСКОЙ ССР**

**ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ АРТЕМА**

На правах рукописи

Инженер-механик Ю.С.МИНКО-РАЙЕВИЧ

УДК

622.002.5.004.62:622.232.75

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ
СТРУГОВЫХ УСТАНОВОК ТИПА УСБ
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ**

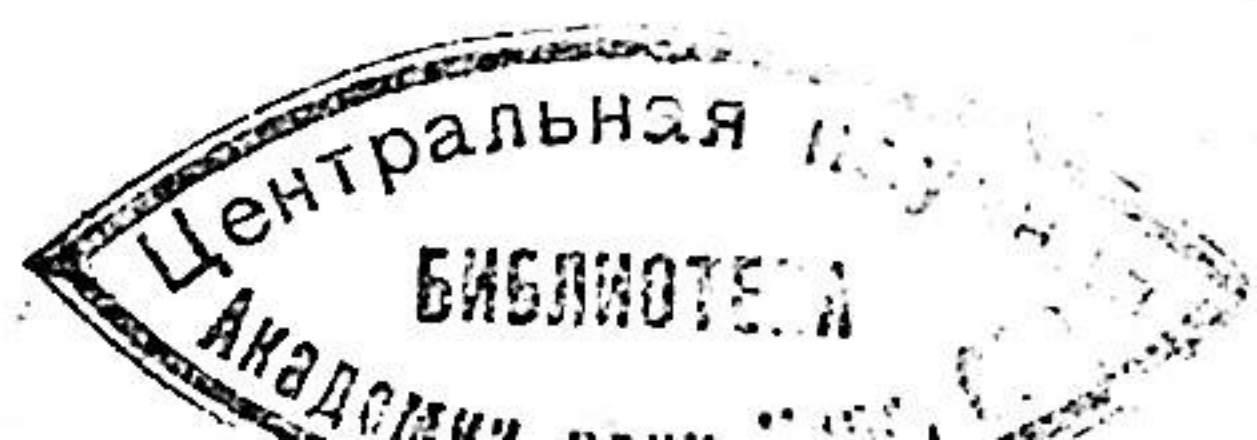
(на русском языке)

Специальность 05.172 "Горные машины"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Днепропетровск
1971**



Днепропетровский горный институт имени Артема направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Работа выполнена в отделе надежности и испытаний горных машин Донецкого научно-исследовательского угольного института (ДонНИИ) с использованием материалов Ворошиловградского филиала "Донгипроуглемаша", составленных при непосредственном участии автора.

Экспериментальная часть работы выполнена на шахтах комбинатов "Торезантрацит", "Донбассантрацит" и "Ростовуголь".

Научный руководитель — кандидат технических наук Г.Н.ПАЛАНТ.

Официальные оппоненты: доктор технических наук М.А.ГОЛЬДИН,
доцент, кандидат технических наук
А.А.НАЗАРЕНКО.

Ведущее предприятие — шахтоуправление № 53-54 им.50-летия Советской Украины комбината "Донбассантрацит".

Автореферат разослан "16" сентября 1971 г.

Защита диссертации состоится "6 октября" 1971 г. на заседании ученого совета механико-машиностроительного факультета Днепропетровского горного института имени Артема.

Ваш отзыв на автореферат просим направить в 2-х экземплярах, заверенных печатью, по адресу: 320014, г.Днепропетровск-14, пр. К.Маркса, 19, Горный институт имени Артема, ученому секретарю.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета института,
профессор, доктор технических наук

В. А. БУНЬКО

Реферируемая диссертационная работа посвящена исследованию эксплуатационной надежности струговых установок типа УСБ. В ней разработана методика исследования, предусматривающая применение предложенных автором приведенных показателей для оценки и сопоставления надежности струговых установок. Исследована эксплуатационная надежность, дана оценка технического уровня и определена экономическая эффективность повышения надежности струговых установок УСБ2М и УСБ67, а также указаны основные направления повышения надежности струговых установок типа УСБ. Разработаны проверенные при промышленных испытаниях и внедренные в производство научно обоснованные рекомендации по повышению технического уровня, качества и надежности исследованных струговых установок. Предложены на уровне изобретений и проверены при промышленных испытаниях опытных узлов устройства, рекомендуемые для дальнейшего повышения надежности струговой установки УСБ67.

Диссертационная работа изложена на 136 страницах машинописного текста, иллюстрирована 16 рисунками, содержит список использованной литературы и 46 приложений.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Директивами XXIV съезда КПСС к концу текущей, девятой, пятилетки намечено довести общий объем добычи угля до 685-695 млн. т, завершить перевооружение угольных предприятий на базе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, а также переход на узкозахватную выемку угля в шахтах с использованием узкозахватных внемочных комбайнов, струговых установок и механизированных комплексов.

Поставленная задача по объему угледобычи решается за счет роста нагрузки на очистной забой, объективно неизбежного усложнения конструкций и интенсификации процессов работы забойного оборудования, что требует, как предусмотрено Директивами, "...повышения эффективности оборудования путем увеличения мощностей агрегатов, повышения его качества и надежности". Прежде всего такие требования предъявляются к струговым установкам, которые в силу известных преимуществ струговой выемки позволяют решить поставленную задачу с наибольшим технико-экономическим эффектом. В связи с этим проблема надежности струговых установок, повышения их качества и технического уровня приобретает первостепенное значение и ее актуальность не вызывает сомнений.

На современном этапе исследования указанной проблемы важнейшее значение для проведения направленных работ по повышению технического уровня, качества и надежности наиболее распространенных в СССР струговых установок типа УСБ приобретает исследование их надежности в процессе эксплуатации. Именно такому исследованию посвящена настоящая работа, имеющая целью разработку, проверку и внедрение в производство научно обоснованных рекомендаций по повышению технического уровня, качества и надежности струговых установок типа УСБ, а так же накопление исходных данных для прогнозирования надежности вновь создаваемых образцов.

Глава I. НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Усложнение современных систем и устройств, повышение их производительности и мощностей, применение в системах большого количества взаимосвязанных элементов, работающих в напряженных режимах, представляют неизбежное объективное явление, обусловленное прогрессом техники на базе новейших научных достижений. Удовлетворение повышенных требований к качеству, надежности и долговечности таких систем является серьезнейшей проблемой современности и решающим условием дальнейшего технического прогресса. Решение этой проблемы применительно к забойному оборудованию считается одной из основных научно-технических проблем развития угольной промышленности в 1971-1975 годах.

Одной из наиболее актуальных проблем повышения надежности забойного оборудования является проблема обеспечения высокой надежности узкозахватных внемочных машин скалывающего действия — струговых установок. Являясь перспективными объектами механизированного производства в очистном забое, эти установки позволяют осуществить бесстыковое поддержание кровли в призабойном рабочем пространстве и, тем самым, создать условия для применения достаточно мощного и производительного забойного конвейера, передвигаемого механически без разборки. Они производят разрушение угольного пласта в зоне эффективного отжима угля горным давлением и обеспечивают высокую интенсификацию работ по добыче угля при совмещении во времени выполнения всех основных процессов, связанных с выемкой угля в очистном забое.

В связи с экономически обусловленной тенденцией роста нагрузки на очистной забой и увеличения его длины возникают все более жесткие требования к повышению производительности струговых установок, скоростей выемки и доставки угля, что определяет увеличение

энергооборуженности этих машин и усложнение их конструкций. Интенсификация работы струговых установок, развитие кинематических связей между их функционально взаимосвязанными узлами и элементами требуют принятия специальных мер, предусматривающих не только поддержание, но и значительное повышение технического уровня, качества и надежности как изготавливаемых, так и вновь создаваемых струговых установок.

Так как совершенствование конструкций струговых установок, систем их автоматического и дистанционного управления резко сокращает затраты времени на выполнение вспомогательных операций, то надежность струговых установок является тем решающим фактором, от которого зависит использование этих машин во времени и который определяет экономическую эффективность их применения.

Вопросам разработки методов определения надежности, классификации отказов, установления законов распределения времени безотказной работы и восстановления, количественной оценки и повышения надежности и долговечности забойного оборудования посвящены исследования Б.А.АННЕНКОВА, М.Ф.ВАКУЛЕНКО, В.Н.ГЕТОПАНОВА, Е.Е.ГОЛЬДБУХТА, Н.Н.ГОНЧАРОВА, А.Д.ГРИДИНА, В.А.ДЕЙНИЧЕНКО, А.В.ДОКУКИНА, Ю.Д.КРАСНИКОВА, З.М.МЕЛАМЕДА, Г.Я.ПАЛАНТА, В.Л.ПОПОВА, Г.С.РАХУТИНА, В.И.СОЛОДА, А.В.ТОПЧИЕВА, В.Н.ХОРИНА, И.Л.ШПИЛЬБЕРГА и др. Однако как в отечественной, так и в зарубежной литературе отсутствуют монографии по проблеме надежности струговых установок, а работы, посвященные отдельным аспектам этой проблемы, весьма малочисленны. Имеющиеся разрозненные количественные оценки надежности струговых установок не систематизированы и должным образом не используются ввиду отсутствия научно обоснованных способов их сопоставления. Ощущается необходимость в дальнейшем развитии и конкретизации типовых методов определения эксплуатационной надежности забойного обо-

рудования применительно к струговым установкам с учетом их специфических особенностей, условий работы и назначения.

В отдельных исследованиях эксплуатационной надежности забойного оборудования (например, механизированного комплекса ОМКТ, агрегата СА) отражена зависимость между основными показателями надежности системы и ее длиной. Тем не менее методиками этих исследований не предусмотрены приведенные показатели, позволяющие сделать оценку и сопоставление эксплуатационной надежности однотипных систем с учетом не только их длины, но и интенсивности использования. В отношении струговых установок типа УСБ такое сопоставление представляется целесообразным при выполнении анализа эксплуатационной надежности модернизированных образцов и базовой модели с целью определения эффективности их конструктивного совершенствования.

Накопление и систематизация сопоставимых данных в виде количественных оценок эксплуатационной надежности струговых установок типа УСБ является необходимым условием для прогнозирования надежности вновь создаваемых образцов этих машин.

Анализ состояния вопроса позволил положить в основу диссертационной работы наиболее приемлемые для достижения намеченной цели методы и результаты предшествовавших исследований, а также поставить следующие задачи.

1. Разработать методику оценки и сопоставления эксплуатационной надежности однотипных струговых установок, отличающихся по интенсивности использования и длине.

2. В соответствии с методикой: а) исследовать и оценить эксплуатационную надежность струговой установки УСБ2М как базовой модели; б) выполнить экспериментальное исследование эксплуатационной надежности струговой установки УСБ67 (модернизированного образца)

при ее работе в условиях интенсивного использования и повышенной нагрузки.

3. На основании результатов исследования разработать, проверить при промышленных испытаниях опытных узлов и внедрить в производство научно обоснованные рекомендации по повышению технического уровня, качества и надежности струговых установок УСБ2М и УСБ67.

4. Произвести анализ эксплуатационной надежности исследуемых установок, дать оценку их техническому уровню и определить экономическую эффективность повышения их надежности.

5. Разработать основные направления дальнейшего повышения надежности струговых установок типа УСБ.

Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРУГОВОЙ УСТАНОВКИ УСБ2М КАК БАЗОВОЙ МОДЕЛИ

Решением важной задачи исследования явилась разработка методики, согласно которой струговая установка типа УСБ рассматривалась как простая восстанавливаемая система многократного действия с одновременно работающими элементами в повторно-кратковременном режиме эксплуатации, характеризующимся чередованием промежутков времени исправной работы и выключенного состояния. Каждый непредвиденный перерыв в работе установки, вызванный ухудшением технических характеристик ее элемента, не допускавший продолжения работы и требовавший для восстановления работоспособности установки производства ремонтных работ, квалифицировался как отказ. Исследовалась эксплуатационная надежность установки, то есть надежность, определяемая при ее промышленной эксплуатации с учетом комплексного воздействия различных факторов, связанных с условиями эксплуатации и обслуживания. Исследование проводилось в период нормальной эксплуатации установки, в течение которого она систематически восстанавливалась

путем проведения как планово-предупредительных (профилактических), так и внеплановых ремонтов. Так как при капитальном ремонте установки ее основные узлы и элементы, как правило, обезличивались, то их долговечность определялась до первого капитального ремонта. Для оценки влияния надежности различных элементов установки на ее производительность и определения сравнительной степени надежности этих элементов, их наработка, как и наработка всей установки в целом, исчислялась по эффективному времени работы выемочной машины.

В основу количественной оценки эксплуатационной надежности установки был положен принцип ординарности потока отказов. Эта оценка производилась по комплексу следующих показателей, характеризующих такие свойства установки, как безотказность, ремонтпригодность, готовность и долговечность: наработка на отказ, выраженная во времени T (мин) и объеме добычи D_0 (тонн), вероятность безотказной работы $P(t)$, среднее время восстановления T_B (мин), коэффициент готовности K_r , коэффициент оперативной готовности K_{op} , технический ресурс, выраженный во времени T_p (маш.час) и объеме добычи D_p (тонн), срок службы до первого капитального ремонта T_c (мес.) Количественная оценка эксплуатационной надежности основных узлов установки характеризовалась показателями: T_i - наработка на отказ i -го узла; T_{B_i} - среднее время восстановления i -го узла; K_0 - коэффициент отказов; $K_{оп}$ - коэффициент относительных простоев.

Для оценки и сопоставления эксплуатационной надежности модернизированных установок и базовой модели, отличавшихся по интенсивности использования и длине, методикой предусматривалось применение следующих приведенных показателей:

- приведенная наработка на отказ, выраженная во времени (мин)

$$T'' = \frac{1}{n} \sum t_p$$

- где Σt_p - суммарное время эффективной работы (время выемки);
 $n_n = n_1 + \frac{1}{K_n} n_2$ - приведенное число отказов установки;
 n_1, n_2 - число отказов соответственно нелинейных и линейных элементов установки;
 $K_n = \frac{L}{l}$ - коэффициент приведения;
 $L, м.$ - длина модернизированного образца;
 $l, м.$ - длина базовой модели;
 - приведенная наработка на отказ, выраженная в объеме добычи (т)

$$D_o'' = \frac{1}{K_n} D_o,$$

- где D_o - суммарный объем добычи за время наблюдения (т).
 - приведенное среднее время восстановления (мин)

$$T_B'' = \frac{1}{n_n} \left[\sum_{i=1}^{n_1} t_{B_i} + \frac{1}{K_n} \left(\sum_{i=1}^{n_2} t_{B_i} - t_K n_2 \right) \right],$$

 где $\sum_{i=1}^{n_1} t_{B_i}, \sum_{i=1}^{n_2} t_{B_i}$ - суммарное время простоя из-за отказов соответственно нелинейных и линейных элементов установки;

$$t_K = \frac{l}{2V} (K_n - 1)$$
 - корректирующая поправка, учитывающая сокращение времени доставки инструмента и запасных элементов к месту отказа со средней скоростью V (м/мин.);
 - приведенная сменная вероятность безотказной работы установки

$$D(360) = \exp \left[- \frac{K_{ин}}{T^n} t_c \right] = \exp \left[- \frac{144}{T^n} \right],$$

- где $K_{ин} = \frac{t_p}{t} = 0,4$ - нормированный коэффициент использования установки;
 t_p, t - соответственно эффективное время работы установки и текущее время (мин);
 $t_c = 360$ - продолжительность рабочей смены (мин.);
 - приведенный коэффициент готовности

$$K_r = \frac{T^n}{T^n + T_B''};$$

- приведенный коэффициент оперативной готовности

$$K_{ог}'' = K_r'' \cdot P(360);$$

- приведенный срок службы до первого капитального ремонта (мес)

$$T_c'' = \frac{T_p}{600 \cdot K_{ин} \cdot K_{рн}} = \frac{T_p}{180},$$

- где $K_{рн} = \frac{2 \cdot t_c}{24 \cdot 60} = 0,75$ - нормированный коэффициент сменности;
 2 - число добычных смен за сутки.

Методикой исследования предусматривалось проведение сбора исходных данных согласно разработанным методическим указаниям и формам. Основными методами получения исходных данных явились длительные хронометражные наблюдения, охватывавшие период эксплуатации и выполнения монтажно-демонтажных работ, а также регистрация длительных наработок элементов с момента их ввода в работу и до момента замены по причине отказа. Для исключения влияния приработочных отказов хронометражными наблюдениями были охвачены только те установки, которые работали свыше месяца при установившемся уровне нагрузки.

Основные исходные данные для количественной оценки эксплуатационной надежности исследованных установок получены в результате специальных исследований, а также анализа и обобщения хронометражных наблюдений, проведенных нормативно-исследовательскими станциями на шахтах комбинатов "Торезантрацит", "Донбассантрацит" и "Ростов-уголь".

Ориентировочный объем хронометражных наблюдений (объем статистической выборки) планировался по известной в математической статистике формуле

$$T_H = \frac{m T_0}{t_c \cdot K_{ин} \cdot K_{рн} \cdot 2}, \text{ смен,}$$

- где m - минимальное число значений случайной величины, число отказов для установления закона распределения;
 T_0 - ожидаемая наработка на отказ, (мин.)

t_c - продолжительность рабочей смены (мин.);

K_H - коэффициент использования установки;

K_p - коэффициент сменности;

$\xi_3 = \frac{2m}{\chi^2(2m)}$ - коэффициент нижней доверительной границы;

$\chi^2(2m)$ - квантиль распределения хи-квадрат, отвечающая вероятности α и числу степеней свободы $2m$.

Средняя продолжительность наблюдений за каждой установкой определялась из выражения

$$t_{cp} = \frac{T_H}{KN}, \text{ смен,}$$

где K - коэффициент охвата, принятый для базовой модели (серийной установки УСБ2М) - 0,3 и для модернизированных образцов (установок УСБ29 и УСБ67) - 1,0;

N - среднее число установок, находившихся в работе в период наблюдений.

Длительные наработки элементов определялись на основании регистрации дат ввода в работу и замен элементов из-за отказов. При этом соответствующие наработки по времени и в объеме добычи принимались согласно данным статистической службы шахты, а также по счетчику машинного времени.

За период запланированного объема хронометражных наблюдений (851 смена) установками УСБ2М (средняя длина 160 м) в течение 103936 мин. суммарной эффективной работы было добыто 244 тыс.т угля. Коэффициент использования установки составил 0,339, а суммарное время восстановления - 34236 мин. при 978 отказах.

Обработка статистических данных, выполненная в соответствии с методикой исследования, предусматривающей использование положений математической статистики и теории вероятностей, позволила определить, что время безотказной работы базовой модели распределено по экспоненциальному, а время восстановления - по логарифмически-нор-

мальному законам.

Знание закона распределения времени безотказной работы установки УСБ2М позволило построить математическую модель функции приведенной вероятности безотказной работы этой установки

$$P(t)_{УСБ2М} = \exp[-377 \cdot 10^{-4} \cdot t],$$

определить приведенную сменную вероятность ее безотказной работы - 0,257, а также определить с доверительной вероятностью $\alpha=0,9$ при фиксированном числе отказов $n=978$ и коэффициенте точности оценки $\delta_{ниж}=0,95$ нижнюю границу приведенной сменной вероятности безотказной работы - 0,244.

Построенная на основании обработки экспериментальных данных математическая модель функции плотности вероятности распределения времени восстановления установки УСБ2М имеет вид

$$\psi(t_g) = \frac{0,344}{t_g} \exp\left[-\frac{(t_g - 1,2142)^2}{0,5106}\right].$$

При аналитическом исследовании функции $\psi(t_g)$ определен ее экстремум в точке с координатами $t_g=9,1$ мин; $\psi(9,1)=3,43 \cdot 10^{-2}$.

Исходя из установленных законов распределения, запланированного объема экспериментов и принятой доверительной вероятности $\alpha=0,9$, определена точность оценок наработки на отказ и среднего времени восстановления установки.

В результате исследования определено, что наработка на отказ установки составила 106 мин., среднее время восстановления - 35 мин., коэффициент готовности - 0,752, приведенный коэффициент оперативной готовности - 0,194, технический ресурс - 1680 ман.час., или 207 тыс.т добычи горной массы, приведенный срок службы до первого капитального ремонта - 9,3 мес.

Оценка и анализ эксплуатационной надежности основных узлов и элементов установки показали, что ее наименее надежным узлом явился конвейер, на который приходилось 46,4% всех отказов установки и

56,8% общего времени простоев из-за отказов. Наименее надежными элементами установки определены скребковая цепь - 27,5, решетчатый став - 18,9 и электрооборудование конвейера и выемочной машины - 16,8% простоев из-за отказов.

Установлено, что низкая эксплуатационная надежность тяговых органов обусловлена не только недостаточной усталостной прочностью и долговечностью круглозвенных цепей и их соединительных звеньев, но и несовершенством тягового органа конвейера (в особенности скребкового соединения), а также неэффективностью устройств снижения вредных сопротивлений движению тягового органа выемочной машины и системы его защиты.

На основании анализа эксплуатационной надежности исследованной установки и узкозахватных комбайнов ЛГД-2 и ИК-52Ш, работавших в соответствующий период в аналогичных горнотехнических условиях, определено, что узкозахватные комбайны, в особенности комбайн ИК-52Ш, значительно уступали УСБ2М по техническому ресурсу и приведенному сроку службы и имели более низкий (ИК-52Ш) или несколько превосходящий (ЛГД-2) уровень эксплуатационной надежности.

В результате выполненного исследования разработаны научно обоснованные рекомендации, предусматривающие наряду с улучшением главных технических параметров установки и расширением области применения повышение надежности ее наименее надежных узлов и элементов путем:

- повышения прочности и жесткости решетчатого става;
- повышения усталостной прочности и долговечности тяговых органов;
- снижения вредных сопротивлений, действующих на тяговые органы, а также применения более эффективных средств защиты;
- перехода на более ремонтпригодный трехцепной тяговый орган конвейера;

- создания устройств, повышающих надежность соединения скребка с тяговыми цепями и надежность скребковой цепи в целом, а также повышающих ремонтпригодность конвейера;

- разработки более надежных схем и элементов управления установкой;

- повышения мощности, ремонтпригодности и долговечности серийных электродвигателей КОФ 32/4.

Исследование и оценка эксплуатационной надежности базовой модели - установки УСБ2М - позволили определить влияние конструктивного совершенствования ее основных узлов и элементов на изменение надежности установки в целом, явились необходимым условием выполнения анализа эксплуатационной надежности ее модернизированных образцов, обеспечили повышение достоверности оценки показателей надежности установки УСБ67, а также накопление исходных данных для прогнозирования надежности вновь создаваемых установок.

Глава 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРУГОВОЙ УСТАНОВКИ УСБ67 (МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ОБРАЗЕЦ)

Целесообразность применения в серийной установке УСБ67 разработанных рекомендаций была подтверждена исследованиями эксплуатационной надежности экспериментальной струговой установки УСБ2Э, ее основных узлов и элементов, проведенными при промышленных испытаниях этой установки в условиях интенсивного использования и повышенной нагрузки.

За период длительных хронометражных наблюдений, выполненных в предусмотренном методикой объеме (245 смен), экспериментальной установкой длиной 230 м в течение 57801 мин. эффективной работы было добыто 214 тыс. т угля. Коэффициент использования установки составил 0,647, а суммарное время восстановления - 11823 мин. при 536 отказах.

Исследование показало, что экспериментальная установка за счет увеличения энерговооруженности и унификации ее приводов, перехода на трехцепной тяговый орган конвейера, повышения усталостной прочности тягового органа струга и применения более совершенных средств связи и сигнализации имела более высокие показатели эксплуатационной надежности, чем базовая модель: повышенную в 1,22 раза приведенную наработку на отказ, уменьшенную в 1,75 раза приведенное среднее время восстановления, увеличенный с 0,752 до 0,865 приведенный коэффициент готовности, увеличенный в 1,46 раза приведенный коэффициент оперативной готовности.

Математическая модель функции приведенной вероятности безотказной работы экспериментальной установки имеет вид

$$P(t)_{УСБ23} = \exp[-3,0 \cdot 10^{-4} t].$$

В соответствии с этой моделью приведенная сменная вероятность безотказной работы установки УСБ23 составила 0,328, а ее нижняя граница, вычисленная с доверительной вероятностью $\alpha = 0,9$ при приведенном числе отказов $n_1 = 445$ и коэффициенте точности оценки $\delta_{\text{ниж}} = 0,95$, составила 0,308, т.е. на 26% превзошла соответствующий показатель установки УСБ2М.

В экспериментальной установке резко сократились простои трехцепного конвейера, пневмооборудования и орошения, средств связи и сигнализации, но увеличились простои выемочной машины. Наибольшие простои выемочной машины вызывались отказами тягового органа-струга - 26,5 и ее электрооборудования - 9,9% всех простоев из-за отказов. После замены серийного тягового органа усиленным, изготовленным из стали 25ХГМ по ТУ ИГД им.А.А.Скочинского, коэффициент его относительных простоев сократился до 16,3%.

Для проверки эффективности применения трехцепного тягового органа (ТТО) по сравнению с двухцепным (ДТО) был выполнен анализ эксп-

луатационной надежности этих органов, испытанных при близких горно-технических условиях работы и объемах доставки. Показатели эксплуатационной надежности ТТО определялись по формулам приведения, в том числе приведенное среднее время восстановления по формуле

$$T_B'' = \frac{1}{n_p + \frac{1}{K_n} n_q} \left[\sum_{i=1}^{n_p} t_{B_i} + \frac{1}{K_n} \left(\sum_{i=1}^{n_q} t_{B_i} - t_K n_q \right) \right],$$

где n_p, n_q - число отказов ТТО, время устранения которых соответственно не зависит или зависит от длины лавы;
 $\sum_{i=1}^{n_p} t_{B_i}, \sum_{i=1}^{n_q} t_{B_i}$ - суммарное время устранения соответственно n_p и n_q отказов.

Анализ подтвердил эффективность применения ТТО как более надежного подузла, позволяющего при технических параметрах установки УСБ23 увеличить его приведенную наработку на отказ в 1,35 раза по времени и в два раза по объему доставки угля; уменьшить в 2,5 раза приведенное среднее время восстановления подузла, снизить простои конвейера на 11,4% по отношению к простоям конвейера базовой модели с ДТО.

Наибольший интерес для экспериментального исследования эксплуатационной надежности представляла струговая установка УСБ67, образцы которой работали в условиях интенсивного использования, повышенной нагрузки и увеличенной длины доставки. При оценке эксплуатационной надежности установки УСБ67 (средняя длина 240 м) были использованы статистические данные, полученные в предусмотренном методикой объеме (153 смены) длительных хронометражных наблюдений, в течение которых суммарное время выемки угля составило 33391 мин. при объеме его добычи 148,8 тыс.т. Коэффициент использования установки составил 0,606, а суммарное время восстановления - 3650 мин. при 178 отказах.

В результате экспериментального исследования установки УСБ67 было определено, что по сравнению с базовой моделью - установкой УСБ2М - она имела более высокие показатели безотказности, ремонтпригодности,

готовности и долговечности: приведенная наработка на отказ - 216 мин., или 960 т добычи горной массы (против соответственно 106 мин. и 250 т), приведенная сменная вероятность безотказной работы - 0,514 (против 0,257), приведенный коэффициент готовности - 0,923 (против 0,752), приведенный коэффициент оперативной готовности - 0,474 (против 0,194), приведенное среднее время восстановления - 18 мин. (против 35 мин.), технический ресурс - 2380 маш.час. и приведенный срок службы до первого капитального ремонта - 13,2 месяца (против, соответственно, 1680 маш.час. и 9,3 месяца).

Исходя из единого для струговых установок типа УСБ экспоненциального закона распределения времени безотказной работы, на основании обработки экспериментальных данных построена математическая модель вероятности безотказной работы установки УСБ67

$$P(t)_{УСБ67}^n = \exp[-18,5 \cdot 10^{-4} \cdot t],$$

согласно которой приведенная сменная вероятность безотказной работы этой установки составила 0,514, а ее нижняя граница, вычисленная с доверительной вероятностью $\alpha=0,9$ при приведенном числе отказов $N_n=157$ и коэффициенте точности оценки $\delta_{ниж}=0,93$, достигла 0,478, т.е. почти вдвое превысила соответствующий показатель установки УСБ2М.

Экспериментальное исследование показало, что уменьшение приведенного среднего времени восстановления установки УСБ67 достигнуто, главным образом, за счет перехода на трехцепной тяговый орган.

На основании анализа оценок эксплуатационной надежности основных узлов и элементов установки УСБ67 определено, что ее наименее надежным узлом явилась выемочная машина, на которую приходилось 51,2% всех отказов и 65,4% общего времени простоев из-за отказов. Наименее надежными элементами установки явились тяговые органы и электрооборудование, количество отказов которых составило 66,3% всех отказов, а время простоя - 79,3% общего времени простоев из-за отказов

установки.

Экспериментальное исследование режима работы установок УСБ2М и УСБ67, выполненное в условиях их промышленной эксплуатации, показало, что одной из главных причин низкой эксплуатационной надежности электрооборудования явился напряженный повторно-кратковременный режим работы электроприводов из-за необходимости их частых остановок в случае несоответствия скоростей струга и скребковой цепи, разрушения негабаритов, заштыбовок конвейера и клинений скребковой цепи.

В результате выполненного исследования разработаны научно обоснованные рекомендации, предусматривающие наряду с продолжением работ по совершенствованию тяговых органов и схем управления установкой повышение надежности ее наименее надежных узлов и элементов путем:

- повышения прочности, износостойкости и ремонтпригодности рамы струга;
 - повышения долговечности и эффективности работы приводной звездочки струга;
 - снижения вредных сопротивлений и динамических нагрузок в местах сопряжений струга с направляющими трубами и тяговых органов с приводными звездочками;
 - повышения ремонтпригодности основной рамы конвейера, долговечности переходных секций и прочности линейного рентака;
 - облегчения режима работы электроприводов за счет применения средств, повышающих непрерывность их действия (устройств для разрушения негабаритов и забоя по всей мощности пласта).
- С целью дальнейшего повышения надежности наименее надежных элементов установки УСБ67 предложены на уровне изобретений, проверены при промышленных испытаниях опытных образцов и рекомендуются:
- расштибовки направляющих труб, снижающей нагрузки на тяговый орган выемочной машины;

- устройство для подъема раштачного става, повышающее ремонтно-пригодность конвейера;

- соединение скребка с тяговыми цепями двухцепного конвейера и рабочий орган двухцепного конвейера, повышающие надежность соединения скребка и скребковой цепи в целом.

На основании анализа количественных оценок эксплуатационной надежности и оценок технического уровня исследованных установок определено, что реализация научно обоснованных рекомендаций при конструктивном совершенствовании и технологической доводке установок УСБ2М и УСБ67 позволила повысить технический уровень, качество и надежность установки УСБ67.

Для определения экономической эффективности от реализации рекомендаций по повышению надежности установки УСБ67 выполнен технико-экономический анализ, основанный на полученной зависимости между исправной работой струговой установки, ее производительностью и себестоимостью добываемого угля. Показано, что экономический эффект от повышения эксплуатационной надежности струговых установок типа УСБ определяется величиной нагрузки, степенью совершенства в техническом и надежностном отношении, а также интенсивностью использования.

Годовой экономический эффект от повышения надежности струговой установки типа УСБ найден по полученной формуле

$$Э_r = 0,003 Q_{\text{факт}}^{\text{ф}} \frac{K_{\text{тех}}^{\text{н}}}{K_{\text{тех}}^{\text{ф}}} (C^{\text{ф}} - C^{\text{н}}), \text{ тыс. руб.}$$

где $Q_{\text{факт}}^{\text{ф}}$ - фактическая среднесуточная добыча угля на установку (до увеличения нагрузки от повышения надежности), т;

$K_{\text{тех}}^{\text{н}}, K_{\text{тех}}^{\text{ф}}$ - коэффициент технической непрерывности установки при повышении нагрузки и аналогичный показатель до повышения нагрузки (соответственно);

$C^{\text{н}}, C^{\text{ф}}$ - себестоимость добычи одной тонны угля на лаве при повышенной нагрузке и аналогичный показатель до повышения нагрузки (соответственно), коп.

В результате технико-экономического анализа определено, что экономическая эффективность от реализации рекомендаций по повышению надежности установки УСБ67 составляет 17800 руб. на одну машину в год при росте коэффициента ее технической непрерывности по сравнению с соответствующим показателем базовой модели в среднем на 12%.

Основными направлениями, рекомендованными для дальнейшего повышения надежности струговых установок типа УСБ, предусмотрено совершенствование прежде всего, тягового и исполнительного органов выемочной машины, тягового органа и раштачного става конвейера, а также электрооборудования, имеющих определяющее влияние на надежность струговых установок. Указаны наиболее перспективные способы этого совершенствования.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. В результате исследования, выполненного в соответствии с разработанной методикой оценки и сопоставления эксплуатационной надежности однотипных струговых установок по приведенным показателям, получены количественные оценки эксплуатационной надежности базовой модели - струговой установки УСБ2М и ее модернизированных образцов - струговых установок УСБ2В и УСБ67, отличающихся по интенсивности использования и длине.

2. Анализ этих оценок показал, что наименее надежными узлами исследованных струговых установок явились конвейер (в установке УСБ2М) и выемочная машина (в установке УСБ67), а их наименее надежными элементами - тяговые органы и электрооборудование. Количество отказов тяговых органов и электрооборудования в исследованных установках составило 55,4-66,3% всех отказов, а время простоев - 55,6-79,3% общего времени простоев из-за отказов установок.

3. Низкая эксплуатационная надежность тяговых органов обусловлена не только недостаточной усталостной прочностью и долговечностью кругловзвешных цепей и их соединительных звеньев, но и несовершенством тягового органа конвейера (в особенности скребкового соединения), а также неэффективностью устройств снижения вредных сопротивлений движению тягового органа внемочной машины и системы его защиты.

Одной из главных причин понижения эксплуатационной надежности электрооборудования следует считать напряженный повторно-кратковременный режим работы электроприводов из-за необходимости их частых остановок, главным образом, в случаях несоответствия скоростей струга и скребковой цепи, разрушения негабаритов, заклинивания конвейера и клине-ний скребковой цепи.

4. Основанием для получения с установленной точностью количественных оценок эксплуатационной надежности явилось определение экспоненциального закона распределения времени безотказной работы и логарифмически-нормального закона распределения времени восстановления исследованных установок.

5. С целью практического использования результатов исследования при расчетах надежности вновь создаваемых образцов струговых установок.

- накоплены и систематизированы количественные оценки эксплуатационной надежности исследованных установок, их основных узлов и элементов;

- определены указанные выше законы распределения;

- построены математические модели и графики для расчета с установленной точностью приведенной вероятности безотказной работы исследованных установок в течение требуемого времени.

6. На основании результатов исследования:

- разработаны, проверены при промышленных испытаниях опытных уз-

лов и механизмов в доверительном при проектировании установок и
основных узловых механизмов установок типа УСБ, при этом необходимо
исходить из комплексного анализа условий, влияющих на надежность
установок;

- предложены на уровне проектирования и производства при проектировании
испытаниях опытных образцов установок, рекомендованы для применения
основные параметры конструкторских элементов установок
УСБ67.

7. Анализ количественных оценок эксплуатационной надежности и
основных технических уровней исследованных установок показал, что ре-
комендуемые меры по усилению надежности рекомендаций при констру-
ировании совершенствовании и технологической доводке струговых устано-
вок УСБ2М и УСБ67 позволят повысить технический уровень, качество и
надежность серийной установки УСБ67 по сравнению с ее базовой моделью
в частности повысить приведенный коэффициент готовности установки с
0,752 до 0,923, а приведенный срок ее службы - с 9,3 до 13,2 мес.

8. Определено, что экономическая эффективность от реализации
рекомендаций по повышению надежности струговой установки УСБ67 со-
ставляет 17800 руб. на одну машину в год при росте коэффициента ее
технической непрерывности по сравнению с соответствующим показателем
базовой модели - установки УСБ2М - в среднем на 12%.

9. Основными направлениями, рекомендованными для дальнейшего
повышения надежности струговых установок типа УСБ, предусмотрены со-
вершенствование, прежде всего, тягового и исполнительного органов
внемочной машины, тягового органа и контактного стола конвейера, а та-
же электрооборудования, имеющих определяющее влияние на надежность
струговых установок. Указаны наиболее перспективные направления
совершенствования.

Отдельные этапы и основные результаты диссертационной работы были доложены:

1. На объединенном заседании секций горношахтного оборудования и организации ремонтных служб научно-технического совета МУП УССР, секции качества, надежности и долговечности и горной секции научно-технического горного общества (г.Донецк, апрель 1967 г.).

2. На Всесоюзной школе "Обмен опытом по ремонту горношахтного оборудования и специализации ремонтных предприятий" (г.Воронцовград, май 1967 г.).

3. На Ворошиловградской областной научно-технической конференции (июнь 1967 г.).

4. На научных семинарах отдела надежности и испытаний горных машин ДонУТИ (февраль 1969 г., октябрь 1970 г., март 1971 г.).

5. На заседаниях кафедры технологии горного машиностроения Днепропетровского горного института им.Артема (декабрь 1970 г., июнь 1971 г.).

6. На заседании ученого совета ДонУТИ (март 1971 г.).

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах автора:

1. Эксплуатация быстроходных струговых установок УСБ-2 в Донбассе. "Уголь Украины", № 1, 1964 (в соавторстве).

2. Эксплуатационная надежность струговых установок УСБ2М. Сб. "Надежность работы горных машин и средств автоматизации" изд-во "Донбасс", 1966 (в соавторстве).

3. Соединение скребка с тяговыми цепями двухцепного конвейера. Авторское свидетельство № 211384, класс 81е, 22, по заявке № 1134095. Бюллетень изобретений и товарных знаков, № 7, 1968.

4. Повышение надежности тяговых органов скребковых конвейеров. "Уголь Украины", № 3, 1970 (в соавторстве).

5. Решение Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР от 12 мая 1971 г. по заявке № 1286538 "Соединение скребка с тяговыми цепями двухцепного конвейера" о выдаче авторского свидетельства на "Рабочий орган двухцепного скребкового конвейера", класс 81е, 22.

БП 03867. Подписано к печати 7.IX.1971 г.

Формат 60х90 1/16. Объем I печ.л.

Тираж 120 экз. Заказ 389.

Институт ДонУТИ. Донецк, Артема, 114

6
A65

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНСКОЙ ССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ АРТЕМА

На правах рукописи

Инженер-механик Ю.С.МИНКО-РАЙЕВИЧ

УДК 622.002.5.004.62:622.232.75

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ
СТРУГОВЫХ УСТАНОВОК ТИПА УСБ
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ
(на русском языке)

специальность 05.172 "Торные машины"

А в т о р е ф е р а т

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук