

УДК 622.271.3:621.879.3

Царенко Елизавета Дмитриевна, студентка,
Российский государственный геологоразведочный
университет им. Серго Орджоникидзе
Tsarenko Elizaveta Dmitrievna, student,
Russian State Geological Prospecting University
named after Sergo Ordzhonikidze

Меркулов Михаил Васильевич,
доктор технических наук, профессор,
Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе
Merkulov Mikhail Vasilevich,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Russian State Geological Prospecting University
named after Sergo Ordzhonikidze

**ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ В РЕГИОНАХ
ХОЛОДНОГО КЛИМАТА И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ НАДЁЖНОСТИ
PROBLEMS OF OPERATING MINING EXCAVATORS IN COLD CLIMATE
REGIONS AND WAYS TO IMPROVE THEIR RELIABILITY**

Аннотация. Рассмотрены проблемы эксплуатации карьерных экскаваторов в регионах холодного климата. Проанализированы причины простоев и отказов оборудования. Приведены данные о структуре простоев и факторах отказов. На основе анализа публикаций выделены три группы факторов, снижающих надёжность, и предложен комплекс мероприятий по адаптации к низким температурам.

Abstract. The problems of operating mining excavators in cold climate regions are considered. The causes of equipment downtime and failures are analyzed. Data on the structure of downtime and failure factors are presented. Based on the analysis of publications, three groups of factors reducing reliability are identified, and a set of measures for adaptation to low temperatures is proposed.

Ключевые слова: Горные машины, карьерный экскаватор, холодный климат, эксплуатационная надёжность, хладостойкость, техническое обслуживание.

Keywords: Mining machines, mining excavator, cold climate, operational reliability, cold resistance, maintenance.

Разработка месторождений полезных ископаемых в районах Крайнего Севера и приравненных к ним территориях сопряжена с воздействием экстремально низких температур, ветровых нагрузок и сложных инженерно-геологических условий. Карьерные экскаваторы являются ключевым звеном технологического процесса добычи, и их отказы приводят к значительным простоям и экономическим потерям. Целью настоящей работы является анализ проблем эксплуатации карьерных экскаваторов в регионах холодного климата и разработка рекомендаций по повышению их эксплуатационной надёжности.

Необходимо выявить основные факторы, снижающие надёжность карьерных экскаваторов при работе в условиях низких температур, оценить влияние этих факторов на простои оборудования, а также предложить технические и организационные решения, обеспечивающие устойчивую работу горных машин.



В работе использованы методы анализа и систематизации данных, приведённых в научных публикациях по проблемам эксплуатации горного оборудования в холодном климате. Основой послужили данные по отказам электрооборудования экскаваторов ЭКГ-8И [1], данные о простоях экскаваторов ЭКГ-32Р [2], материалы по оценке весомости отказов экскаватора ЭКГ-20КМ [3], а также исследования Иркутского государственного технического университета, обобщившие опыт работы на предприятиях АК «АЛРОСА» и Нерюнгринского разреза [4].

На основе анализа публикаций [1–4] автором установлено, что основными причинами отказов карьерных экскаваторов при работе в сложных климатических условиях являются: хрупкие разрушения металлоконструкций, повышенный износ узлов трения, нарушение теплового режима электроприводов и загустевание рабочих жидкостей. Наиболее уязвимыми элементами являются металлоконструкции рабочего оборудования, приводы подъёма и напора.

Автором выделены три группы факторов, снижающих надёжность карьерных экскаваторов в холодном климате: конструктивные (низкая хладостойкость материалов и склонность металлоконструкций к хрупкому разрушению), эксплуатационные (загустевание рабочих жидкостей, потеря работоспособности уплотнений, повышенный износ узлов трения) и организационные (отсутствие адаптивного технического обслуживания, учитывающего сезонные изменения температур).

В работе [1] установлено, что наибольшая доля отказов электрооборудования экскаваторов ЭКГ-8И приходится на двигатель подъёма (24 %), синхронный двигатель (16 %), двигатель поворота (11 %), ДОДК (10 %), генератор подъёма (8 %) и двигатель напора (6 %). По потерям времени лидирует синхронный двигатель (28 %), затем двигатель подъёма (23 %) и двигатель поворота (13 %).

На рисунке 1 приведено распределение отказов электрооборудования экскаватора ЭКГ-8И по частоте.

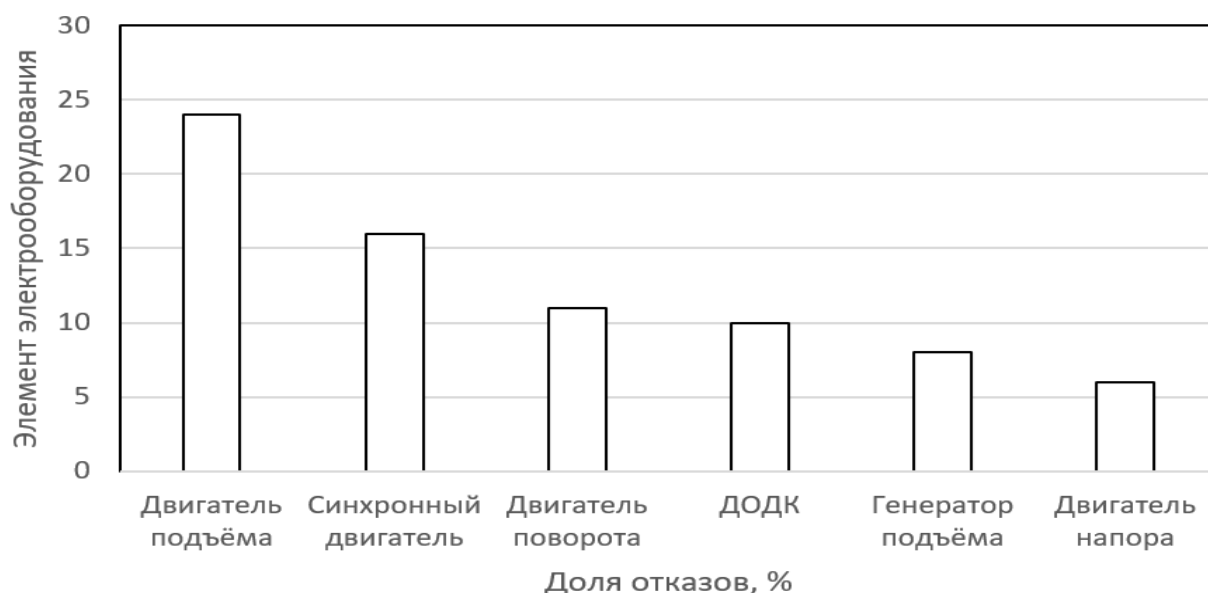


Рисунок 1. Распределение отказов электрооборудования экскаватора ЭКГ-8И по частоте

Данные рисунка показывают, что наибольший вклад в отказы вносят двигатели главных приводов – подъёма, поворота и синхронный двигатель. Это подтверждает необходимость первоочередного внимания к тепловому режиму и системе смазки указанных узлов при эксплуатации в условиях низких температур.



В работе [1] отмечено, что основной причиной замены двигателя подъёма является сгорание обмотки якоря (22,3 %), щёточный аппарат (17 %), излом подшипников (4,2 %); синхронного двигателя – излом подшипников (24,1 %), статор (16 %), ротор (10,1 %); двигателя поворота – излом моторной шестерни (22,3 %), сгорание обмотки якоря (21,3 %).

Согласно [2], наибольшее количество внеплановых простоев экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и № 2 на разрезе «Краснобродский» связано с отказами привода подъёма – суммарно по двум машинам 1488 ч. Далее следуют привод хода (269 ч), напора (200 ч) и рабочее оборудование (199 ч). Минимальные простои зафиксированы по приводу поворота (40 ч) и вспомогательному оборудованию (25 ч). В работе также показано, что внеплановые простои экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и № 2 сравнимы с простоями на плановые ТО и Р, что говорит о недостаточной эффективности применяемой системы ТОиР.

В Таблице 1 приведено распределение внеплановых простоев экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и № 2 по системам.

Таблица 1

Распределение внеплановых простоев экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и № 2 по системам

Система	Суммарные простои, ч
Привод подъёма	1488
Привод хода	269
Привод напора	200
Рабочее оборудование	199
Привод поворота	40
Вспомогательное оборудование	25

Данные таблицы показывают, что наибольший вклад в простои вносит привод подъёма. Простой по приводу поворота и вспомогательному оборудованию минимальны.

В работе [2] установлено, что на долю климатического фактора приходится 17 % отказов механического оборудования, на технологический – 10 %, на организационный – 14 %, на машинный (технический) – 19 %, на человеко-машинный (личностный) – 40 %.

В работе [3] приведены данные, согласно которым для экскаваторов ЭКГ-20КМ на горнорудных предприятиях Узбекистана и России 35–40 % отказов приходится на рабочее оборудование и главные приводы, в частности на механизмы напора и подъёма – около 20 % всех отказов.

В работе [4] установлено, что при эксплуатации карьерных экскаваторов в регионах холодного климата наибольшее воздействие на работоспособность конструкций оказывают климатические факторы, определяемые уровнем отрицательных температур в интервалах – 10...–20 и –30...–40 °С при скорости их изменения 2...3 °С/ч, относительной влажности воздуха более 60...70 % и скорости ветра выше 4 м/с.

В работе показано, что в области «критических» отрицательных температур происходит не более 5–6,5 % общего количества хрупких разрушений, а основная часть отказов отмечается при более высоких значениях отрицательных температур. Наиболее опасные интервалы отрицательных температур для основных типов карьерных экскаваторов: ЭКГ-12,5 – 30...–40 °С; ЭКГ-8И – 10...–20 и –30...–40 °С.

В работе приведено уравнение регрессии, описывающее связь наработки до отказа экскаватора ЭКГ-8И с климатическими факторами (I):

$$T_n = 66,7 + 41,8T_{t<-20} + 20,1T_{t<-40} - 6,0T_{v>4} - 9,8T_{p>70} + 7,4T_{v>70}, \quad (1)$$

где T_n – наработка экскаватора до отказа (в сутках); $T_{t<-20}$, $T_{t<-40}$ – число дней работы при температурах около –20 и –40 °С; $T_{v>4}$ – число дней со скоростью изменения температуры



выше 4 °С/ч; $T_{p>70}$ – число дней с влажностью выше 70 %; $T_{v>4}$ – число дней со скоростью ветра выше 4 м/с. Коэффициент множественной корреляции уравнения равен 0,8.

На основе систематизации данных [1–4] автором предложен комплекс мероприятий по повышению надёжности карьерных экскаваторов в холодном климате, включающий: применение материалов с повышенной хладостойкостью, использование рабочих жидкостей с низкотемпературными присадками, организацию технического обслуживания с учётом сезонных факторов, а также внедрение систем мониторинга технического состояния оборудования.

Согласно [4], реализация технических решений при сезонной наладке приводов экскаваторов ЭКГ-20 в условиях Нерюнгринского разреза привела к снижению числа хрупких разрушений конструкций более чем на 40 % и позволила сократить среднее время восстановления машин. Аналогичные эксперименты с положительным эффектом имели место на экскаваторах ЭКГ-12.5 Удачинского ГОКа АК «АЛРОСА». Переход на сезонные регулирования загрузки приводов экскаваторов с дифференцированным по температурам их значениям исключает ранее существовавшую практику работы горных предприятий с активированными остановками оборудования в периоды воздействия «критических» отрицательных температур, что положительно сказывается на повышении хладостойкости конструкции машин и эффективности работы машин в целом.

Эксплуатация карьерных экскаваторов в регионах холодного климата характеризуется значительными простоями, связанными с низкой хладостойкостью конструкций и рабочих сред. Автором установлено, что повышение надёжности требует комплексного подхода, включающего конструктивные, эксплуатационные и организационные мероприятия. Автором предложен комплекс мероприятий по повышению надёжности карьерных экскаваторов в холодном климате. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методов оценки и прогнозирования технического состояния горных машин с учётом климатических факторов.

Список литературы:

1. Голубев В. А. Надёжность электрооборудования экскаваторов ЭКГ-8И // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. Сер.: Горная электромеханика. – 2003. – Вып. 16. – С. 33–35.
2. Иванова П. В., Асонов С. А., Иванов С. Л., Кувшинкин С. Ю. Анализ структуры и надёжности современного парка карьерных экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 7. – С. 51–57.
3. Салимов А. Э., Шешукова Е. И., Шибанов Д. А., Иванов С. Л. Организация работ по оценке весомости отказа ресурсопределяющих систем карьерного гусеничного экскаватора // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2025. – № 30. – С. 93–98.
4. Махно Д. Е., Авдеев А. Н., Болотнев А. Ю. Проблема хладостойкости конструкций при эксплуатации карьерных экскаваторов в регионах холодного климата // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – № 9. – С. 25–28.

