

ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК РАБОТОСПОСОБНОСТИ АГРЕГАТОВ КОМПЛЕКСОВ ГЛУБОКОЙ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВ

Герике Б.Л.^{1,3}, Тащиенко В.П.², Копытин Д.В.²

¹*Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово;*

²*Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово;*

³*Прокопьевский филиал Кузбасского государственного технического
университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Прокопьевск*

Ключевые слова: открыто-подземная разработка, комплекс глубокой разработки пластов, мониторинг, вибродиагностика, оценка технического состояния, техническое обслуживание по фактическому состоянию.

Аннотация. Применение принципиально новых комплексов для открыто-подземной разработки угольных пластов остро ставит проблему перехода от системы планово-предупредительных ремонтов к системе профилактического обслуживания по фактическому техническому состоянию узлов и агрегатов, которое определяется на основе анализа механических колебаний, поскольку при изменении технического состояния машины вибрационная сигнатура также изменится, и изменение вибрационной сигнатуры может быть использовано для обнаружения зарождающихся дефектов до того, как они станут критическими.

На основе результатов диагностического обследования комплекса КГРП №29 выявлены дефектные агрегаты, для которых были построены статистические модели их деградации и предложены мероприятия по их техническому обслуживанию, в результате внедрения которых удалось увеличить коэффициент технического использования комплекса в 1,3 раза.

CONSTRUCTION OF PREDICTIVE ESTIMATES OF THE PERFORMANCE OF AGGREGATES OF DEEP MINING COMPLEXES

Gerike B.L.^{1,3}, Tatsienko V.P.², Kopytin D.V.²

¹*Federal State Budget Scientific Centre «The Federal Research Center of Coal and
Coal-Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo;*

²*T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo;*

³*Prokopyevsk branch of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,
Prokopyevsk*

Keywords: open-pit mining, deep seam development complex, monitoring, vibrodiagnostics, technical condition assessment, actual condition maintenance.

Abstract. The use of fundamentally new complexes for open-pit mining of coal seams sharply raises the problem of transition from a system of preventive maintenance to a system of preventive maintenance based on the actual technical condition of components and assemblies, which is determined on the basis of an analysis of mechanical vibrations, since when the technical condition of the machine changes, the vibration signature also changes, and the change in vibration signature can be used to detect incipient defects before they become critical.

On the basis of the results of the diagnostic examination of the hydraulic fracturing complex No. 29, defective units were identified, for which statistical models of their degradation were built and measures for their maintenance were proposed, as a result of the implementation of which it was possible to increase the coefficient of technical utilization of the complex by 1.3 times.

Введение. Технология глубокого выбуривания пластов с использованием комплексов глубокой разработки пластов (КГРП) является разновидностью подземной камерно-столбовой системы разработки. КГРП – автономный, самоходный высокопроизводительный угледобывающий комплекс, обеспечивающий полностью механизированную безлюдную выемку угля параллельными заходками путем выбуривания камер прямоугольного сечения шириной 3,5 м и высотой 1,1-4,8 м на глубину до 300 м (рис. 1). Выемка может вестись из подготовленной разрезной траншеи или полутраншеи, с уступа разреза или по контуру выходов пласта. Выемочный модуль КГРП представляет собой комбайн с телескопическим исполнительным органом, регулируемым по высоте (от 0,8 до 4,8 м), что позволяет осуществлять эффективную выемку угля без масштабных вскрышных работ [1, 2].



Рис. 1. Общий вид комплекса

Постановка задачи. Как было показано ранее [3, 4] при вибродиагностическом обследовании основных узлов и агрегатов комплекса КГРП наибольшая интенсивность механических колебаний отмечалась к концу первого года эксплуатации в приводах скребкового конвейера и ленточного перегружателя. В качестве критерия работоспособности механизмов КГРП принята величина среднего квадратического значения (СКЗ) виброскорости V_e . Рассмотрим более подробно деградацию этих агрегатов.

Результаты исследования. Анализ результатов мониторинга технического состояния агрегатов КГРП позволил построить статистическую картину потери работоспособного состояния приводом ленточного перегружателя (рис. 2).

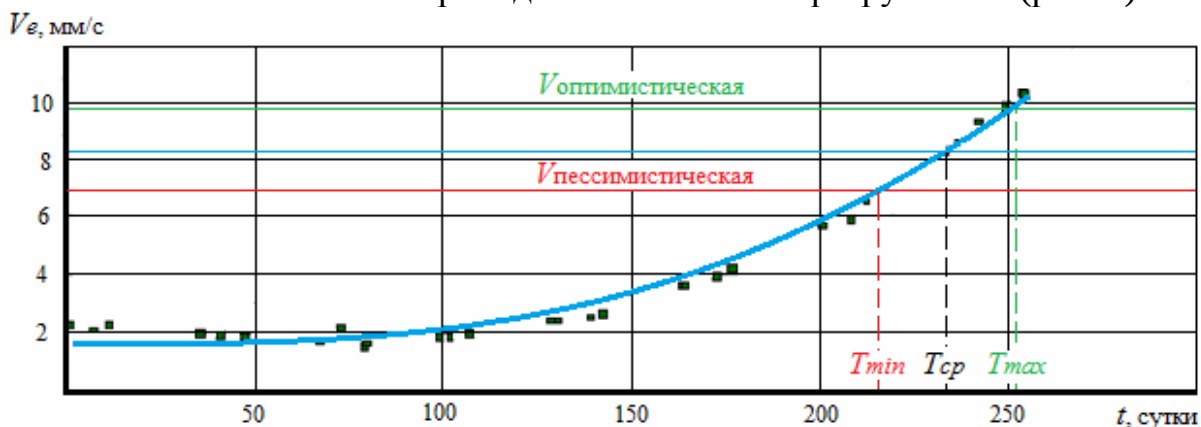


Рис. 2. Изменение СКЗ виброскорости во времени при дисбалансе выходного вала редуктора

При построении тренда была использована экспоненциальная зависимость, как наиболее логически обоснованная для постепенных отказов [5-8], и, при

достижении уровня пессимистической оценки выбранного критерия V_e , было проведено контрольное диагностическое обследование привода, в ходе которого было установлено, что основной причиной повышенной вибрации является дисбаланс выходного вала редуктора (величина виброскорости $V \approx 21$ мм/с, рис. 3а).

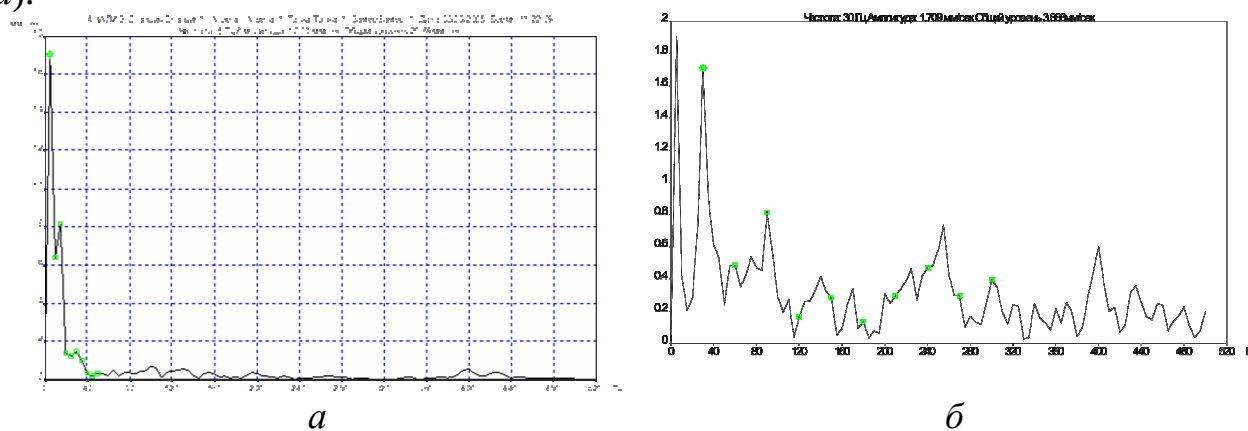


Рис. 3. Интенсивность вибрации на редукторе ленточного перегружателя до (а) и после (б) балансировки

После достижения критерием величины пессимистической оценки (примерно на 250 сутки эксплуатации) была проведена остановка КГРП для проведения балансировки гидромеханического привода ленточного перегружателя, что положительно сказалось на его работоспособности (рис. 3б).

Анализ результатов мониторинга технического состояния агрегатов КГРП позволил построить статистическую картину потери работоспособного состояния приводом скребкового конвейера (рис. 4).

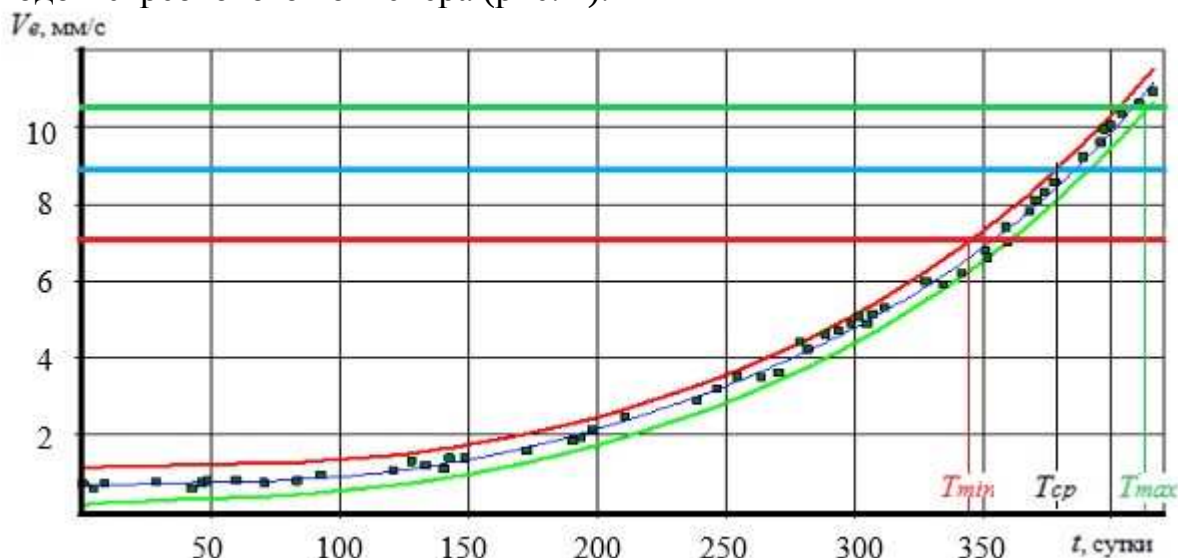


Рис. 4. Изменение СКЗ виброскорости во времени при расцентровке соединения «ротор электродвигателя – входной вал редуктора»

При достижении уровня пессимистической оценки выбранного критерия V_e было проведено контрольное диагностическое обследование привода, в ходе которого было установлено, что основной причиной повышенной вибрации является расцентровка валопровода «ротор электродвигателя – входной вал редуктора» (величина виброскорости $V \approx 11$ мм/с, рис. 5а).

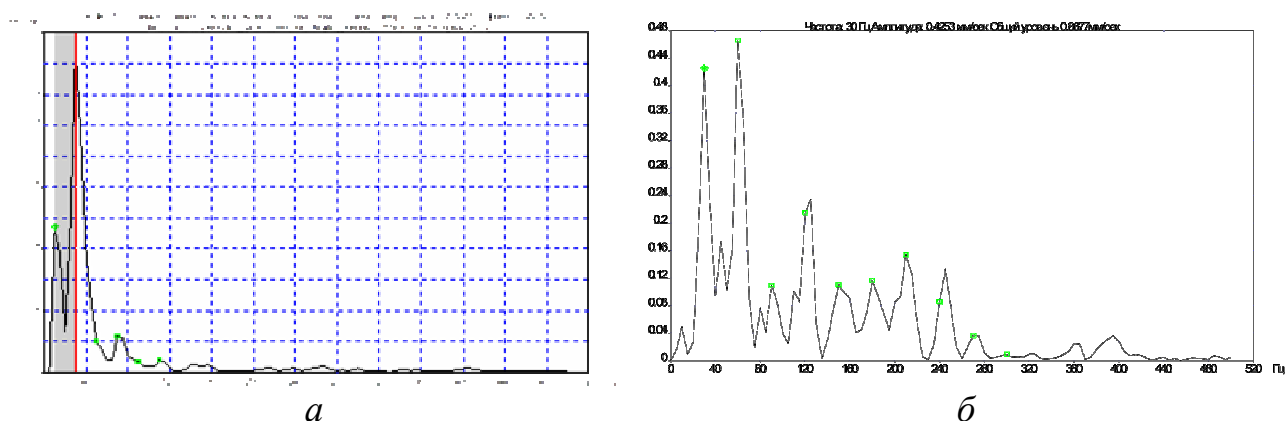


Рис. 5. Интенсивность вибрации на заднем подшипнике электродвигателя скребкового конвейера до (а) и после (б) центровки валопровода

После достижения критерием величины пессимистической оценки (примерно на 410 сутки эксплуатации) была проведена остановка КГРП для проведения центровки соединения «ротор электродвигателя – входной вал редуктора», что привело к существенному снижению вибрационной нагруженности (рис. 5б).

Использование прогностических моделей на основе статистических результатов вибродиагностики позволяет, с 80% доверительной вероятностью, оценить исследуемую неисправность, а также спрогнозировать остаточный ресурс узла или агрегата и осуществлять эффективное планирование ремонтных работ и предупреждать возникновения аварийных отказов.

Как показали результаты хронометражных наблюдений за работой КГРП №29 до и после внедрения разработанных мероприятий по климатической адаптации гидросистемы комплекса и методики мониторинга технического состояния его агрегатов (рис. 6) сократились аварийные простои комплекса и время восстановления работоспособности его основных узлов.

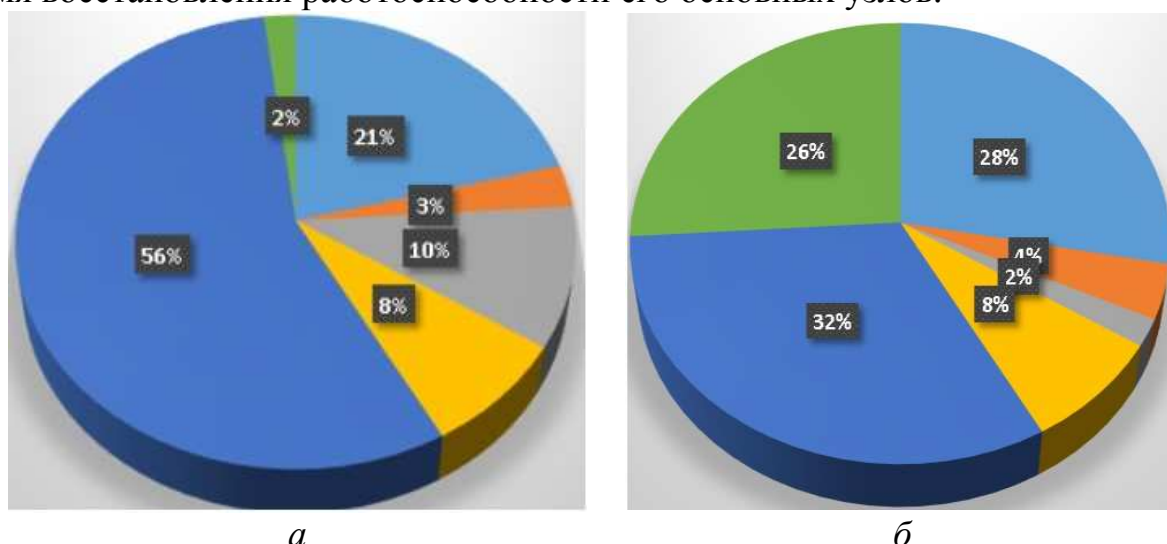


Рис. 6. Анализ результатов хронометражных наблюдений за работой КГРП №29 до (а) и после (б) внедрения разработанных мероприятий:

здесь ■ - время производительной работы; ■ - время вспомогательных операций; ■ - время технического обслуживания; ■ - время аварийных ремонтов; ■ - время технологических простоев; ■ - время организационных простоев

Коэффициент технического использования увеличился примерно в 1,3 раза с $K_{\text{ТИ}} = 0,617$ до $K_{\text{ТИ}} = 0,824$ (в лучшие месяцы работы).

В итоге предложенное решение позволит минимизировать издержки, связанные с внезапным выходом оборудования из строя, оптимизировать логистику и складское хозяйство. Будут созданы все условия для перехода к качественно новой системе управления техническим обслуживанием технологического оборудования.

Основные итоги и выводы

1. Результаты мониторинга технического состояния основных агрегатов КГРП на протяжении 2-х лет позволили выделить два привода (ленточного перегружателя и скребкового конвейера), наиболее подверженных износным отказам.

2. На основе статистического анализа результатов мониторинга вибрационных процессов этих агрегатов построена вероятностная модель постепенных отказов, а с использованием спектральных масок определены виды возникших дефектов и мероприятия по их устранению.

3. Результаты хронометражных наблюдений за работой КГРП №29 показали сокращение числа аварийных простоев и времени восстановления его работоспособности. Коэффициент технического использования увеличился примерно в 1,3 раза с $K_{\text{ТИ}} = 0,617$ до $K_{\text{ТИ}} = 0,824$.

Список литературы

1. Нецветаев А.Г. Развитие технологии безлюдной угледобычи с применением комплексов КГРП / А.Г. Нецветаев, А.А. Григорян, Д.И. Пружина // Горная промышленность. – 2015. – № 4 (122). – С. 87-91.
2. Герике Б.Л., Дрозденко Ю.В., Копытин Д.В. Комплексы глубокой разработки пластов: обзор применения и изучения их технического состояния // Техника и технология горного дела. – 2020. – №3. – С. 58-78.
3. Герике Б.Л., Копытин Д.В., Тациенко В.П. Опыт использования цифровых технологий в оценке технического состояния комплексов глубокой разработки пластов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2019. – №3. – С. 72-80.
4. Герике Б.Л. Опыт использования цифровых технологий в оценке технического состояния комплексов глубокой разработки пластов / Б.Л. Герике, Ю.В. Дрозденко, А.Н. Ермаков, П.В. Артамонов, Д.В. Копытин // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – №4. – С. 36-44.
5. Franco Jefferds dos Santos Silva, Herbert Ricardo Garcia Viana, André Nasser Aquino Queiroz. Availability forecast of mining equipment // Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2016. Vol. 22, Iss. 4, pp. 418-432.
6. Gajanand Gupta, Rajesh P Mishra. A SWOT analysis of reliability centered maintenance framework // Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2016. Vol. 22, Iss. 2, pp.130-145.
7. Проников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
8. Харазов А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.

Сведения об авторах:

Герике Борис Львович – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, ФИЦ УУХ СО РАН, г.Кемерово; профессор Прокопьевского филиала КузГТУ;

Тациенко Виктор Прокопьевич – д.т.н., директор института промышленной безопасности, КузГТУ, г.Кемерово;

Копытин Денис Валерьевич – соискатель, КузГТУ, г.Кемерово.