

**УДК 550.837.76, 622.822**

## **МОНИТОРИНГ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ**

**Кузин Е.Г.,** к.т.н, доцент кафедры ТиКМГР,  
**Шахманов В.Н.,** к.т.н, заведующий кафедрой ТиКМГР  
Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске

**Аннотация.** Определение технического состояния горного оборудования и инженерных сооружений на опасных производственных объектах является основой для оценки техногенных рисков. Выявление признаков характеризующих повышенную опасность для сооружений или оборудования шахт, рудников, разрезов, карьеров и обогатительных фабрик, позволяет принимать своевременные меры по их устранению, и является весьма актуальной научной и производственной задачей.

Обеспечение полноты контроля за параметрами и характеристиками горных машин и оборудования, требует максимального расширения числа характеризующих факторов при наличии всех доступных методов технической диагностики. Анализ уровня риска в условиях эксплуатации возможен при применении методов системного подхода, когда оцениваются все элементы, входящие в систему. Система разбивается на отдельные составляющие элементы, в свою очередь являющиеся подсистемами, и еще на более детальные элементы там, где это необходимо и целесообразно.

Горные выработки, здания и сооружения в которых размещается технологическое оборудование также подлежат техническому контролю с использованием совокупности методов неразрушающего контроля и оценки рисков.

Как показывает практика, некоторые опасные производственные объекты,озводимые в 50 – 80 годах двадцатого века не имеют полный перечень технической документации, паспорта могут отсутствовать, вернее восстановлены без отметок о прошлых авариях и инцидентах.

Настоящая работа представляет направления развития систем мониторинга параметров горных машин, оборудования, технических сооружений, позволяющей оценить и управлять техногенными рисками.

Представлены результаты обследования различных объектов и оборудования различными методами, доказывается необходимость их совокупного применения для повышения точности оценки и возможности выявления опасных признаков на более ранней стадии их развития.

**Ключевые слова:** мониторинг технического состояния, тепловой контроль, вибродиагностика, геофизические исследования, горные выработки, инженерные сооружения, техногенный риск.

**MONITORING OF INDUSTRIAL FACILITIES AND MINING  
EQUIPMENT TO REDUCE TECHNOGENIC RISKS**

**Kuzin E.G.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
**Shakhmanov V.N.**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department  
KuzSTU branch in Prokopyevsk

**Abstract.** Determination of the technical condition of mining equipment and engineering structures at hazardous production facilities is the basis for assessing technogenic risks. Identification of signs characterizing an increased danger to the structures or equipment of mines, mines, open-cut mines, quarries and processing plants, allows you to take timely measures to eliminate them, and is a very relevant scientific and industrial task.

Ensuring the completeness of control over the parameters and characteristics of mining machines and equipment requires the maximum expansion of the number of characterizing factors in the presence of all available methods of technical diagnostics. Analysis of the level of risk in operating conditions is possible when applying the methods of a systematic approach, when all the elements included in the system are evaluated. The system is divided into separate constituent elements, which in turn are subsystems, and even more detailed elements where necessary and appropriate.

Mining workings, buildings and structures in which technological equipment is located are also subject to technical control using a combination of methods of non-destructive testing and risk assessment.

As practice shows, some hazardous production facilities erected in the 50 - 80s of the twentieth century do not have a complete list of technical documentation, passports may be missing, or rather restored without notes about past accidents and incidents.

This work presents the directions of development of systems for monitoring the parameters of mining machines, equipment, and technical structures, which allows assessing and managing technogenic risks.

The results of the examination of various objects and equipment by various methods are presented, the necessity of their combined application is proved to improve the accuracy of the assessment and the possibility of identifying dangerous signs at an earlier stage of their development.

**Keywords:** monitoring of technical condition, thermal control, vibration diagnostics, geophysical research, mining, engineering structures, technogenic risk.

Многочисленное оборудование и технологические установки предприятий минерально-сырьевого и топливно-энергетического комплексов, являясь ресурсом экономического развития страны с течением времени расходуют свой ресурс и требуют существенных затрат на поддержание их работоспособности. В данном случае необходимо не допустить развитие неисправности до отказа или аварии, учитывая эффективность этого процесса.

С другой стороны, преобразование системы высшего образования в России, сокращение контактных аудиторных часов работы с преподавателем, приводит к отсутствию реальных знаний, и не пониманию многих аспектов производства. Продукция отечественного машиностроения, не выдерживает конкуренции с горными машинами, создаваемыми крупными транснациональными

компаниями. В этом случае остается довольствоваться компетенциями по их техническому обслуживанию и рациональной эксплуатации, хотя в большинстве случаев и их оказывается недостаточно. Это подтверждает необходимость работы системы поиска и предупреждения аварийных ситуаций независимо от человека-оператора или диспетчера.

Таким образом, необходимо создавать такую систему мониторинга и диагностики параметров, способную оценивать и прогнозировать развитие небольших отклонений и дефектов в развитие серьезных аварий, учитывающие реальную физическую природу процессов износа машин и ограниченную способность человеческого мозга в условиях многозадачности, принимать быстрые и главное верные решения.

Для корректной работы системы мониторинга надо выявить все возможные параметры обследуемого объекта – назовем его управляемой функциональной технической системой. Для машин и механизмов возможно использование рабочих параметров: ток электродвигателя, температура и параметры вибрации корпусов узлов и агрегатов, характеристики смазочных материалов (температуру, вязкость, наличие механических и химических примесей), параметры рабочей жидкости. Для горных выработок это геометрические параметры, напряженно-деформированное или разуплотненное состояние, наличие трещиноватости, водопроявлений и т.д. Для инженерных сооружений помимо перечисленных можно добавить физико-механические параметры, смещения, процессы эрозии, коррозии, наличия системы усталостных трещин.

При определении технического состояния инженерных сооружений требуется оценить состояние их отдельных элементов, а также грунтов основания. Информация о физическом состоянии, внутреннем строении и геометрических параметрах объектов недоступных для прямого исследования может быть получена при применении методов георадиолокации. Впоследствии эти данные будут использованы при всестороннем анализе технического состояния объекта, расчете его нагрузочной способности, для последующей оценки степени техногенного риска.

Во многих районах Кемеровской области – Кузбасса угольные предприятия находятся в непосредственной близости от жилых территорий, и некоторые сооружения гражданской инфраструктуры переходят в зону действия технологических. Так, например, мостовые сооружения, после расселения подработанных территорий используются для движения карьерного самоходного транспорта и не рассчитаны на подобные нагрузки. По крайней мере, эти нагрузки должны быть просчитаны с учетом срока их службы и фактического технического состояния. Отдельной проблемой является то, что у большинства эксплуатируемых с 1960 – 1980 годов объектов отсутствует техническая документация [1].

Работая в должности механика технологического комплекса, приходилось восстанавливать паспорта на оборудование, переписывая параметры электрических машин, информация о предыдущих видах ремонтов и произошедших авариях была недоступна. Не владея информацией о прошлых отказах очень сложно выполнить достоверный прогноз о будущих отказах на ранней стадии. Вместе с

тем, возможно, предупредить отказ на самой последней стадии развития путем средств технической диагностики и визуального контроля.

Для оценки технического состояния горных машин и инженерных сооружений, выявления нарушений проводятся обследования визуальным и инструментальным способами с применением методов и средств неразрушающего контроля [2, 3].

Рассмотрим применение методов инфракрасной термографии.

На рис. 1 представлены термограммы корпуса редуктора конвейера, на которых разность температур не превышает 5 °C, данное состояние оценивается как хорошее.

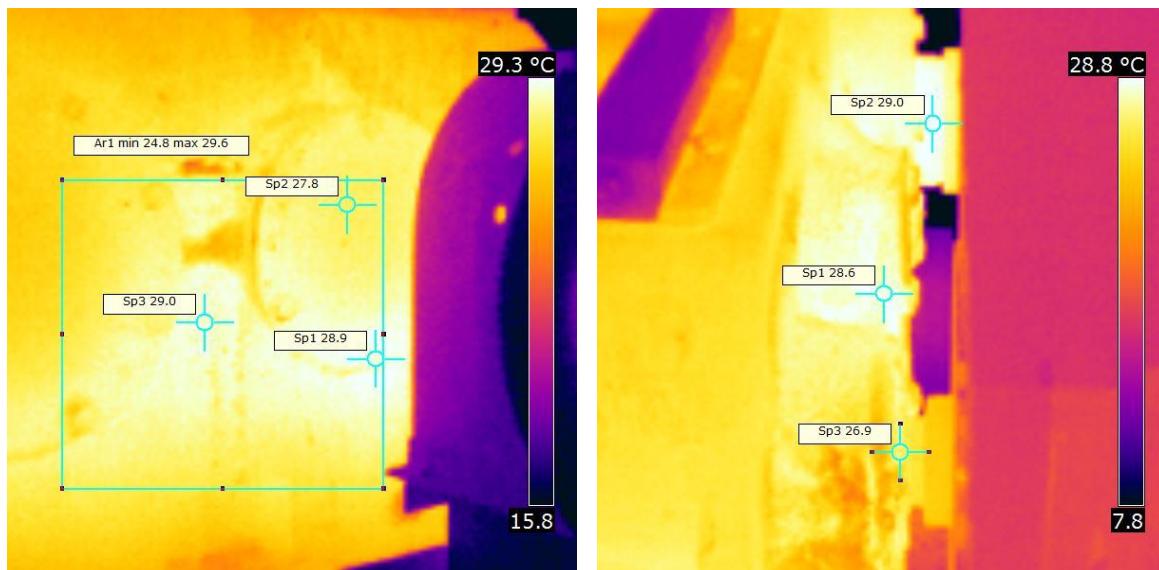


Рис. 2. Термограммы корпуса редуктора

Теперь приведем примеры недопустимого состояния, в котором лента трет о став конвейера (рис. 2 а), или подшипник ролика работает без смазки (рис. 2 б).

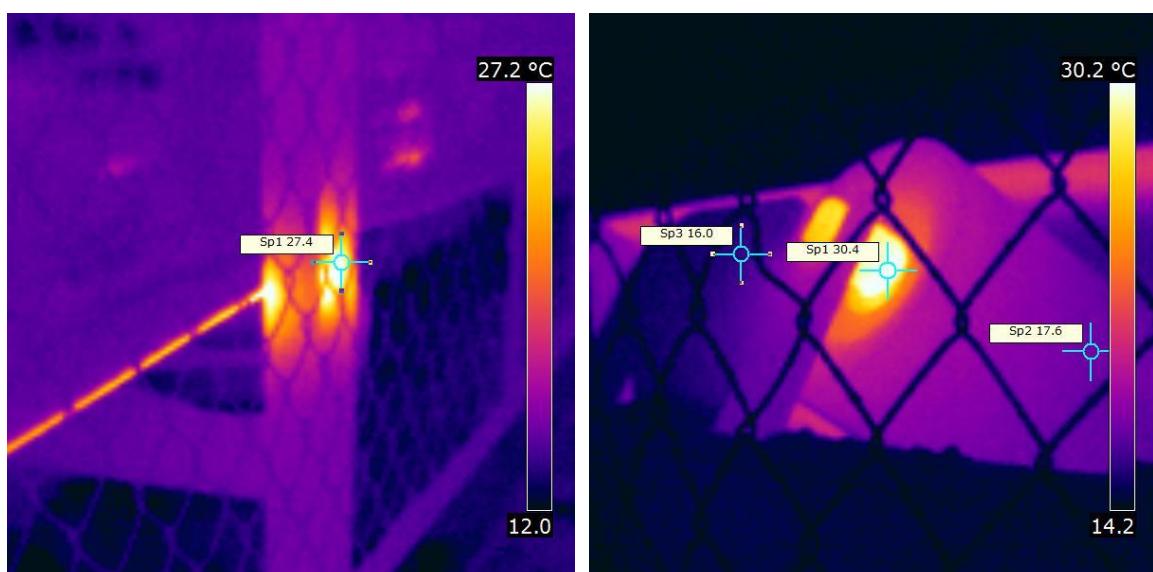


Рис. 2. Термограммы элементов конвейера: а) – трение ленты о став; б) – нагрев ролика из-за недостаточной смазки

В бетонном перекрытии автодорожного моста, методом инфракрасной термографии возможно обнаружение зарождающихся трещин (рис. 3).



Рис. 3. Фото и термограмма бетонного пролета моста

При обнаружении дефектов обозначенных на рис. 2 и 3 необходимо срочно принимать меры (остановка ленточного конвейера и перекрытие моста для тяжелой техники).

Ученые, расследовавшие причины крупных катастроф, пришли к выводу, что многочисленные незначительные отклонения рабочих параметров или незначительные дефекты опасности не представляют, но в критический момент они могут сыграть роковую роль. Накопление отклонений от нормы связано с отсутствием соответствующей диагностики работы отдельных элементов и с привыканием обслуживающего персонала к подобного рода отклонениям [4].

Следующим по эффективности оценки техногенного риска для горных машин и оборудования является метод вибрационной диагностики [5].

На рис. 4, 5 представлены спектры виброскорости характерной точки редуктора конвейера. При том, что общий уровень вибрации не превышает допустимые значения, присутствуют ослабления механической посадки муфты на быстроходном валу редуктора (рис. 4). Помимо этого, детальный анализ спектра (рис. 5) показывает наличие и увеличенную амплитуду нечетных субгармоник оборотной частоты, что вызывается начальным износом подшипника быстроходного вала. До развития критических уровней вибрации может пройти три – шесть, а может быть и более месяцев. Уменьшить скорость развития процессов износа можно отцентровав и протянув крепление полумуфт на ведущем валу редуктора.

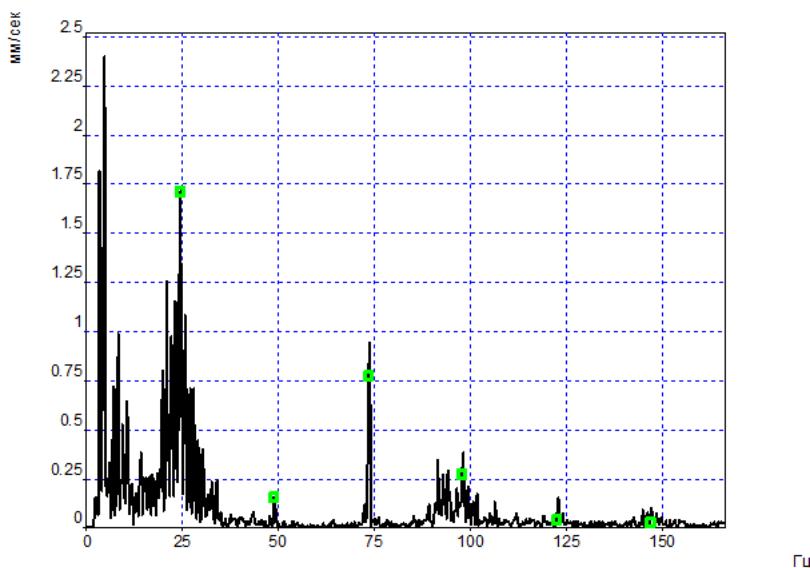


Рис. 4. Спектр виброскорости на корпусе редуктора

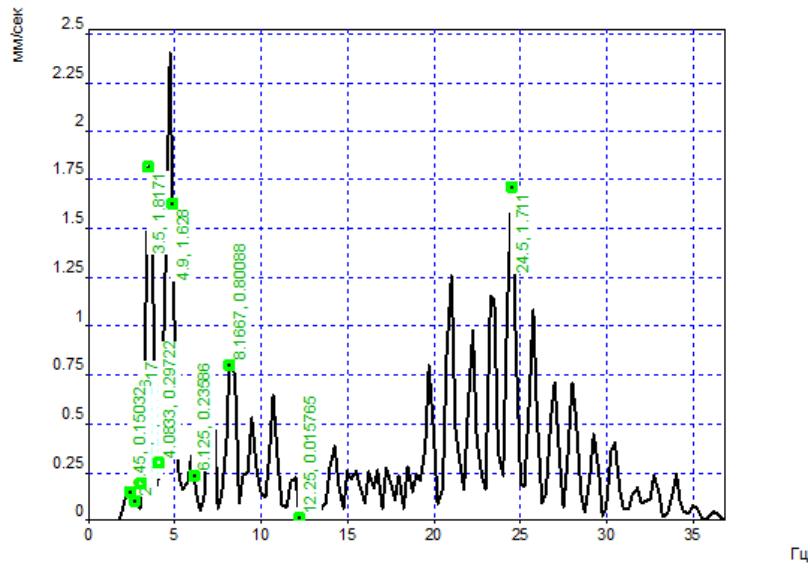


Рис. 5. Фрагмент спектра в области низких частот

Метод вибродиагностики можно применить и к инженерным сооружениям, так, например, при помощи анализатора вибрации можно выявить резонансные явления в строении железобетонного моста. (рис. 6). Частота резонансных колебаний составила 3,62 Гц. Рассчитав частоты при движении различных самосвалов и полуприцепов, необходимо исключить частоты 3,5 – 3,8 Гц, путем изменения интервала движения, не более 1 автомобиля на мосту в одном направлении.

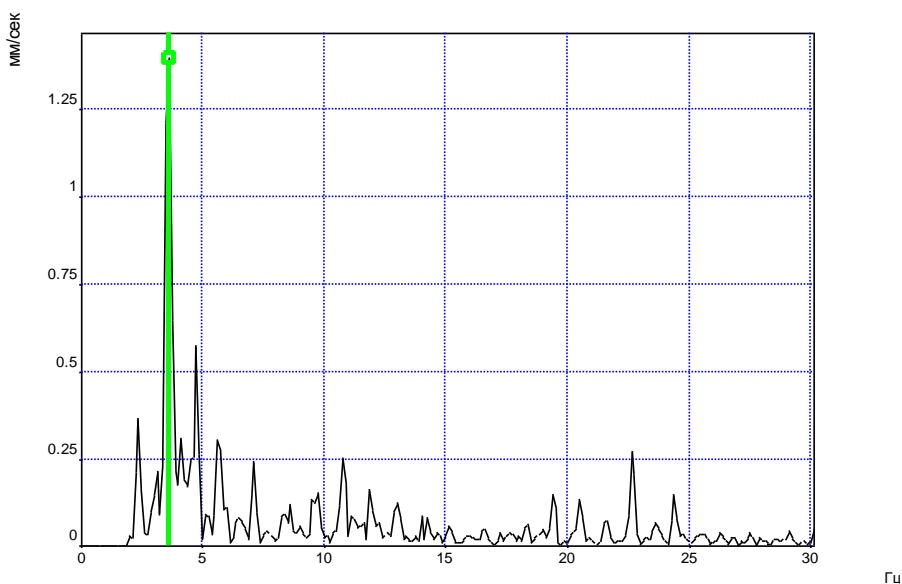


Рис. 6. Спектр вибрации пролетного строения моста

Следующим инструментальным методом диагностики и мониторинга является метод георадиолокации, хотя он не относится к методам неразрушающего контроля согласно нормативным документам. Метод работает в диапазоне частот от 50 до 2000 МГц. Применение георадиолокации возможно, как для подземных, так и открытых горных работ, и подтверждается эффективностью решения задач оценки состояния массива пород и подповерхностных слоев грунта рядом исследований разных лет [6 - 8].

Рассмотрим результаты георадиолокационного обследования моста (рис. 7)

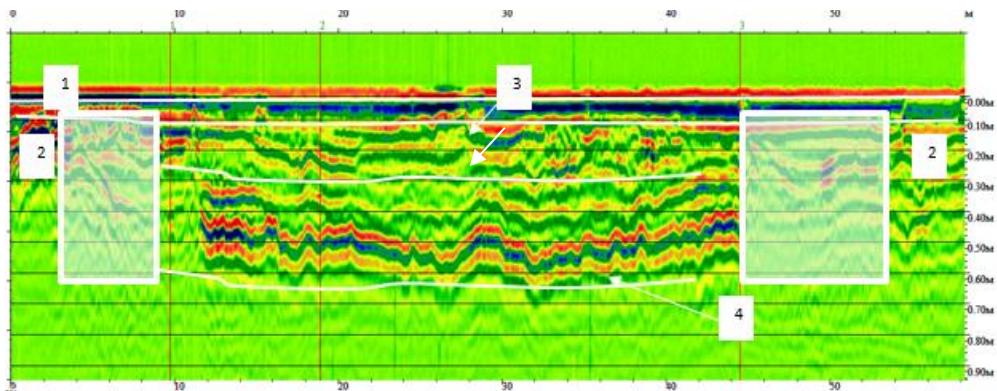


Рис. 7. Радарограмма вдоль моста. 1 – асфальтобетон толщиной 100 – 120 мм (имеются наплывы); 2 – фундаменты опор балок моста до глубины 1,5 м; 3 – бетонные плиты толщиной 300 мм; 4 – выравнивающий слой бетона толщиной 350 мм

Достоинства георадарного исследования на опасных производственных объектах:

- обследование происходит без каких-либо механических повреждений и изменения структуры исследования объекта;
- не несет вреда для окружающей среды;
- прост в использовании, не требует мощных источников энергии;
- сокращение сроков проведения обследования.

Таким образом, рассмотренные в настоящей работе основные методы оценки технического состояния при включении их в систематическую систему мониторинга за состоянием объектов позволяют оценить уровень техногенного риска этого объекта. Задача по снижению уровня этого риска требует отдельных углубленных исследований и наработки критических критерииев.

#### Список литературы

1. Аузин, А.А. Георадиолокационное обследование мостовых сооружений / А.А. Аузин, С.А. Зацепин // Современные проблемы и опыт гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследований на территории Центрально-Черноземного региона. 2018. С. 59-65.
2. Лунегов, М.В. Возможности инфракрасной термографии при оценке технического состояния элементов ленточных конвейеров / М.В. Лунегов, Е.Г. Кузин // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая". 2017. С. 14006.
3. Кузин, Е.Г. Мониторинг технического состояния редукторов частотно-регулируемого электропривода шахтных ленточных конвейеров / Е.Г. Кузин, Б.Л. Герике // Горные науки и технологии. 2016. № 1. С. 13-18.
4. Гашо, Е.Г. Общие принципы управления техногенными рисками в энергетико-технологических системах / Проблемы анализа риска, т. 8, №2 с. 26 – 31.
5. Хорешок, А.А. Оценка энергоэффективности транспортных установок по результатам технической диагностики / А.А. Хорешок, Е.Г. Кузин, А.В. Шальков А.В. и др. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 5 (123). С. 79-85.
6. Марков, С.О. Георадарное исследование структуры блока для буро-взрывных работ на разрезе «Заречный» / С.О. Марков, М.А. Тюленев, Е.А. Кузин // Техника и технология горного дела. Кемерово - 2018. № 1 (1). С. 56-64.
7. Кузин, Е.Г. Опыт применения георадиолокации для выявления очагов возгорания на горных отводах ликвидированных горных предприятий / Е.Г. Кузин, Е.Ю. Пудов, В.Н. Шахманов и др. // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве». Текст: электронный. Прокопьевск 2020. С. 4-8.
8. Кавардаков, А.А. Опыт применения георадиолокации в условиях шахты Котинская для оценки состояния подготовительных горных выработок / А.А. Кавардаков, Е.Г. Кузин, Е.Ю. Пудов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 12. С. 166-173.