

**Научная статья****УДК 622.23.05****DOI: 10.26730/1999-4125-2024-2-90-99**

## ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И СИСТЕМ ПОТОЧНОГО ТРАНСПОРТА

**Кузин Евгений Геннадьевич,  
Шахманов Виталий Николаевич**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске

\* для корреспонденции: kuzinegen@gmail.com

### **Аннотация.**

*В настоящей работе дается актуальность учета влияния горных выработок на системы поточного транспорта, а также влияния конвейеров на состояние подземных горных выработок. Подземные горные машины включают очистные механизированные комплексы и транспортные системы, обладают определенным техническим симбиозом и в итоге определяют геотехнологию ведения работ в угольных шахтах. В работе представлено воздействие горных выработок на работу поточных транспортных систем (скребковых и ленточных конвейеров). Отмечается, что при возникновении пучения почвы выработок конвейерных шпуров сначала проявляется повышение вибрации на оборотной и субгармонической оборотной частотах. Метод вибрационной диагностики позволяет определить возникновение негативного влияния на ранней стадии. Приводятся данные о влиянии работающих транспортных машин на состояние горных выработок, в которых они расположены. Основное внимание в настоящее время уделяется вопросам обеспыливания и пылеподавления в выработках при транспортировании угля ленточными конвейерами. Отмечается высокая вероятность воздействия низкочастотных волн колебаний ленты при частых запусках конвейеров на процессы образования вывалов пород. Однако указанное предположение требует дополнительных исследований. Дается описание метода георадиолокации и характерных изменений в состоянии кровли, боков и почвы выработок, обнаруживаемых данным методом. Показаны результаты обследования кровли выработок, склонных к динамическим проявлениям, почвы, склонной к пучению. Впоследствии указанные предположения были подтверждены натурными наблюдениями. Приводится обоснование метода георадиолокации для оценки состояния бетонных фундаментов приводных станций. Показаны частотные спектры при обработке радарограмм в специализированном программном обеспечении, позволяющие определить влагонасыщенность горных пород. Наличие влаги в большинстве случаев представляет неблагоприятные последствия для горного производства. В увлажненных участках горных выработок не рекомендуется размещать приводные станции и станции управления конвейерами. В работе рассмотрена и предложена концепция учета взаимного влияния поточных транспортных систем и горных выработок, в которых они расположены, для повышения надежности и безопасности горного производства.*



### **Информация о статье**

Поступила:

01 марта 2024 г.

Одобрена после  
рецензирования:

15 мая 2024 г.

Принята к публикации:

29 мая 2024 г.

Опубликована:

13 июня 2024 г.

### **Ключевые слова:**

ленточные конвейера, горные машины, подземные выработки, вибродиагностика, георадиолокация, безопасность горных работ, пучение почвы

**Для цитирования:** Кузин Е.Г., Шахманов В.Н. Взаимное влияние горных выработок и систем поточного транспорта // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 2 (162). С. 90-99. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-2-90-99, EDN: DFIGHY

### Введение

Системы поточного транспорта предопределили активное развитие современных технологических комплексов по выемке угля длинными очистными забоями. В качестве очистного комплекса используются узкозахватные комбайны или струговые установки, перемещающиеся по жесткому ставу скребкового конвейера, чаще называемого лавным конвейером. Далее горная масса поступает на перегружатель, представляющий модифицированный скребковый конвейер, проходит через дробилку для доведения фракций угля до размеров, целесообразных при перемещении ленточными конвейерами. После чего горная масса перемещается технологической цепочкой ленточных конвейеров, перегружателей и отвалообразователей до угольного склада или обогатительной фабрики. По обоснованному мнению авторов [1] для подземной геотехнологии еще долгое время преобладающим будет использование очистных механизированных комплексов, при котором комбайн будет отбивать, дробить и наваливать уголь на забойный конвейер.

Определенный симбиоз очистных и транспортирующих машин в комплексе с машинами по управлению кровлей горных выработок существует несколько десятилетий. Однако влияние горно-геологических факторов, условий залегания, параметров пластов, наличие

разнообразных нарушений приводят к тому, что практически каждая лава требует уникального научного подхода, учитывающего указанные условия для достижения безопасной и производительной работы комплекса.

Так, в работе [2] коллективом авторов установлено, что длина лавы и скорость ее подвигания оказывают существенное влияние на геомеханические процессы в зоне ведения очистных работ. При этом важно не только обеспечить своевременное поддержание кровли и концентрацию метана, но и темпы перемещения отбитой горной массы.

Влияние комбайна на развитие системы трещин в призабойном пространстве рассмотрено в работе [3]. Возникновение вибрационного воздействия при работе очистного комбайна на массив вызывает существенную интенсификацию выделения метана в процессе трещинообразования.

Авторами работы [4] доказывается, что существующая концепция «шахта – лава» не в полной мере учитывает пространственные и временные особенности продвижения очистного забоя.

Улучшение метаноотдачи и проведение дополнительных мероприятий по дегазации способствует повышению темпов очистных работ, но для эффективного производства недостаточно просто увеличивать производительность комбайнов и транспортирующих машин. Предпосылки

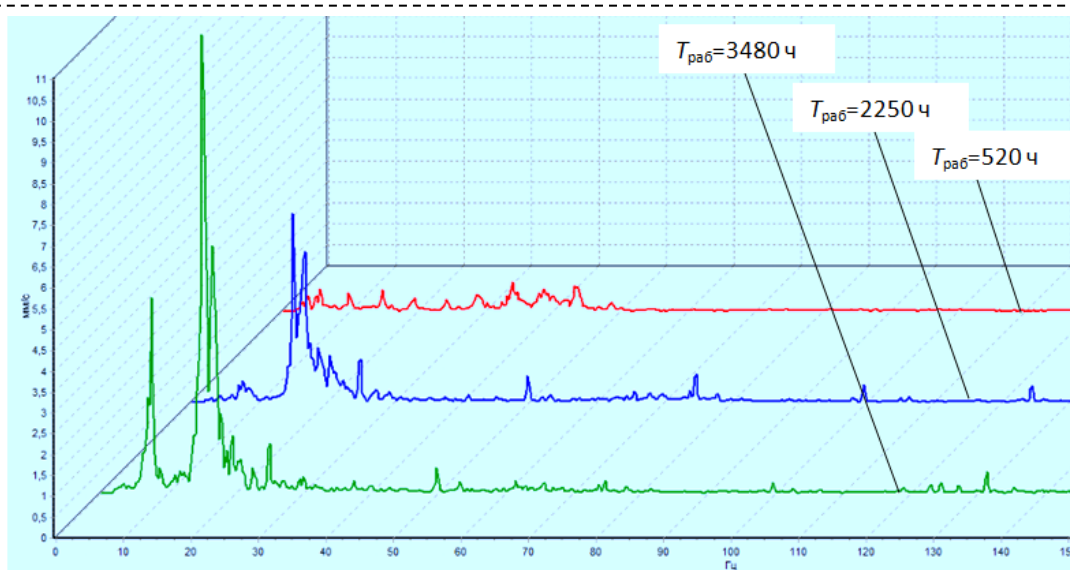


Рис. 1. Каскадный спектр виброскорости на подшипнике приводного двигателя конвейера с интервалом в шесть месяцев

Fig. 1. Cascade spectrum of vibration velocity on the bearing of the conveyor drive motor with an interval of six months

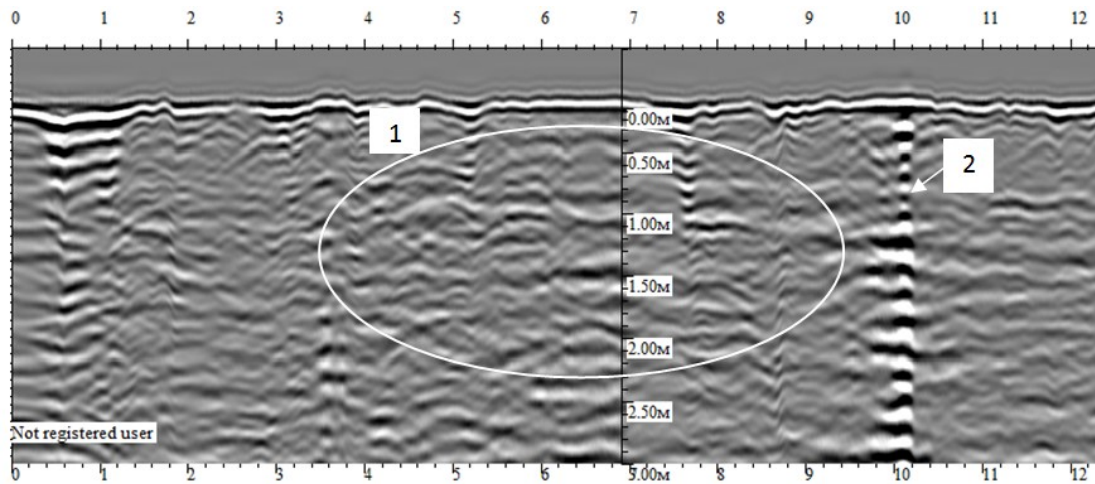


Рис. 2. Радарограмма почвы выработки, склонной к пучению: 1 – область перемятых пород, 2 – помеха от металлоконструкции привода

Fig. 2. Radarogram of the soil of the mine prone to heaving: 1 – the area of crushed rocks, 2 – interference from the metal structure of the drive

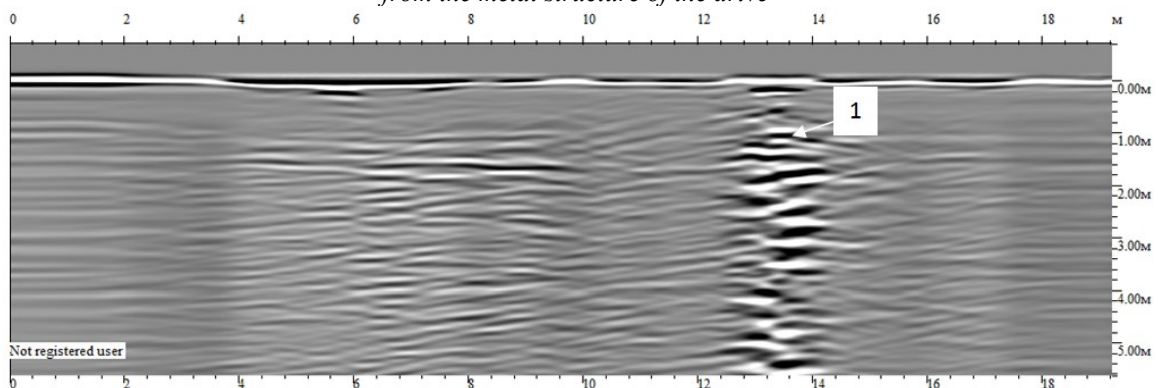


Рис. 3. Радарограмма почвы выработки без вероятных нарушений: 1 – помеха от металлоконструкции привода

Fig. 3. Radarogram of the soil of the mine without probable violations: 1 – interference from the metal structure of the drive

создания единой системы, учитывающей влияние конвейеров на работу всего комплекса, рассматривались авторами многих работ [5 – 8]. Технологическая сложность, высокая энергоёмкость и существенная неопределённость возникающих влияющих факторов требует создания и развития эффективных принципов учета множества технологических параметров при системном подходе.

#### Материалы и методы исследования

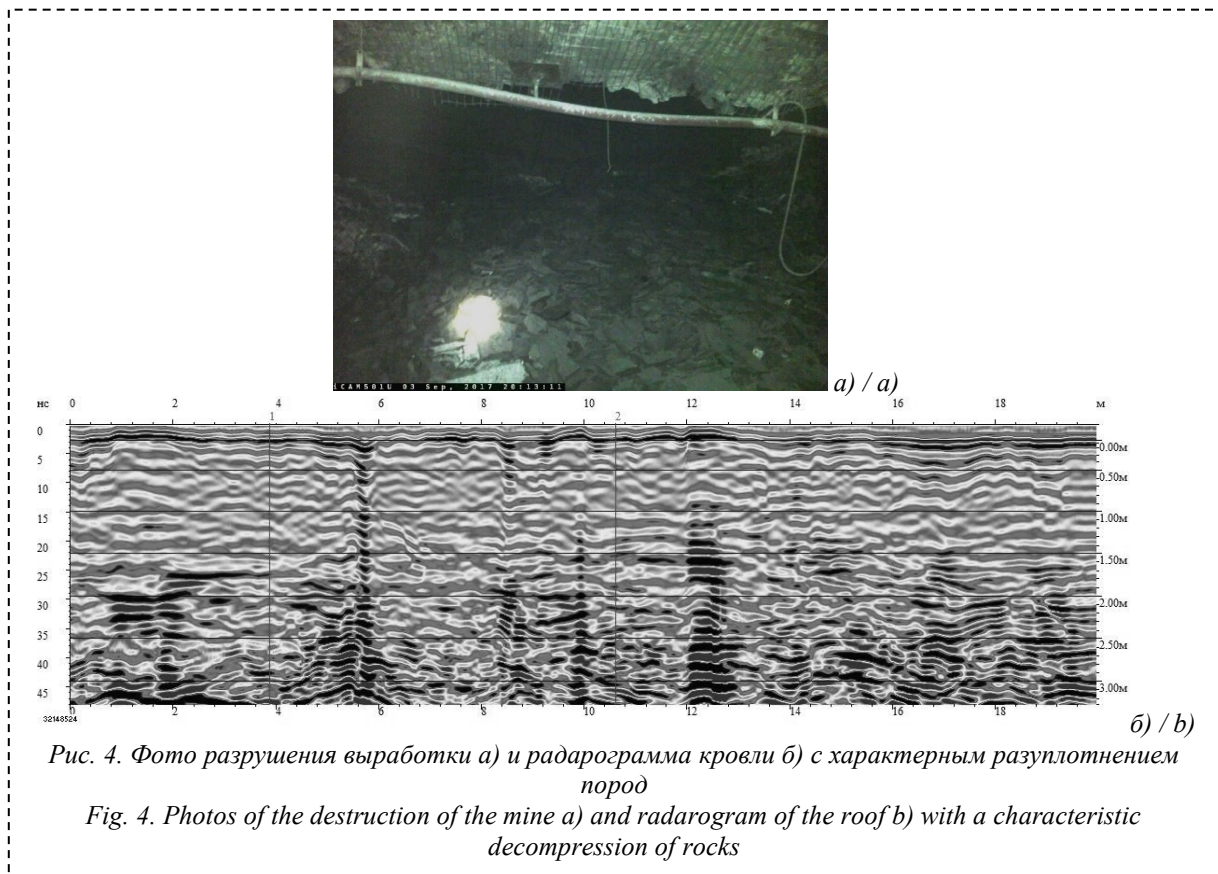
В работе [9] было доказано, что возникновение деформации контура выработки привело к изменению геометрии фундамента привода. Данный дефект на ранней стадии был обнаружен увеличением низкочастотной вибрационной активности на оборотной и субгармонической оборотной частотах вращения приводного двигателя (см. Рис. 1).

Рост амплитуды виброскорости с 0,81 мм/с до 11,2 мм/с за период около 3500 часов первоначально не поддавался объяснению, так как анализ других приводов смежных конвейеров, смонтированных в то же время,

показывал незначительное увеличение виброскорости. Интервал наблюдений был уменьшен до 5 суток, и была оформлена заявка на вероятный ремонт привода. Впоследствии было визуально выявлено изгибание реактивной тяги приводной станции, после чего проведено исследование почвы выработки возле фундаментов приводной станции промежуточного привода конвейера 5ЛЛТ-1600 методом георадиолокации.

Метод георадиолокации нашел хорошее применение для оценки состояния кровли горных выработок и подробно описан в работах [10 - 12]. В работах зарубежных авторов [13, 14] доказана эффективность комбинирования метода георадиолокации и сейсмических методов исследований для оценки трещиноватости, наличия пустот и обнаружения неизвестных стратиграфических и структурно-геологических условий.

Результаты исследования почвы представлены на радарограммах (Рис. 2, 3).



На радарограмме (Рис. 2) выявлена область нарушенных перемятых пород, основные трещины прослеживаются на глубине 1,0, 1,5 и около 2,0 м.

На радарограмме приводной станции этого же конвейера (основной привод) нарушений почвы не было выявлено (Рис. 3). Виброскорость в характерных точках при наработке 3480 ч с момента установки не превышала 1,55 мм/с, что соответствует хорошему техническому состоянию подшипников.

Безопасность горных работ обеспечивается в том числе за счет поддержания горных выработок внутри целиков. Значительную роль при этом играют натурные наблюдения и моделирование напряженно-деформированного состояния целиков и углепородного массива вблизи конвейерного и вентиляционного штреков. Существенное влияние на геомеханическую ситуацию оказывают скорость подвигания очистного забоя, направление выемки, а также изменение реакции почвы выработки [15, 16].

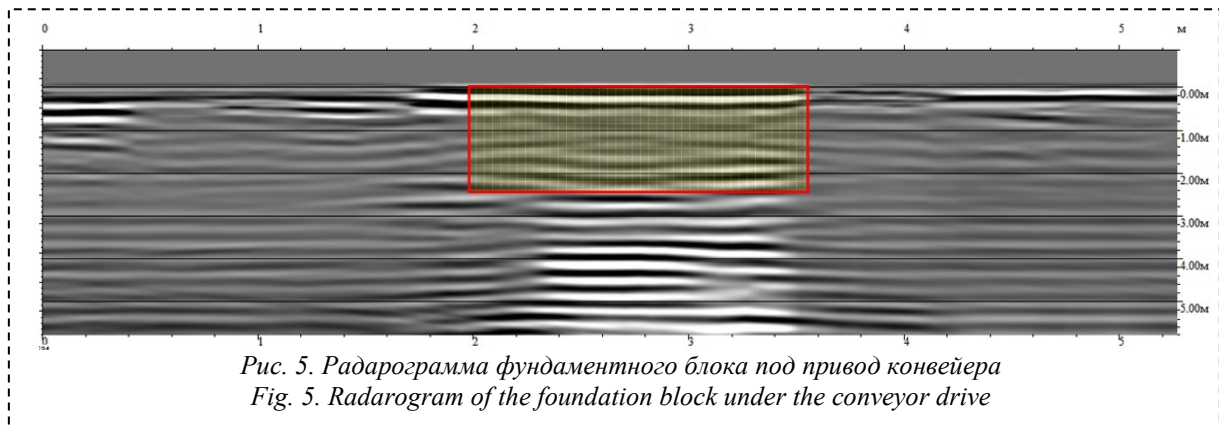
При этом в работе [15] показывается, что на конвейерном штреке было выявлено больше локальных вывалов и нарушений, при этом наиболее проблемным являлся нижний бок – противоположный относительно выработанного пространства ранее отработанной лавы. Фотография характерного разрушения бока выработки а) и радарограмма кровли с обнаружением разуплотнений б) приведены на

Рис. 4. Зона вывала отмечена на радарограмме вертикальными линиями 1 и 2, при этом анализ отраженного сигнала на участке от 0,5 до 4 м показывает наличие существенного расслоения и трещиноватости пород, вывал которых произошел через две недели после данного обследования.

Влияние опорного давления от отработанной лавы проявилось в деформации боков и почвы выработки, кровля оставалась в удовлетворительном состоянии. Наличие конвейера в горной выработке в модели расчета напряженно-деформируемого состояния не учитывается.

В течение восьмичасовой рабочей смены, по данным практики, происходит от 5 до 18 остановок ленточных конвейеров, вызванных как технологическими, так и организационными причинами. Запуск грузовой ленты носит колебательный характер с преобладанием низкочастотной вибрации. Влияние колебаний ленты, нагрузки на опоры става или на анкера, за которые подвешен став конвейера, в настоящее время в расчете устойчивости выработок не учитывается, в этой области требуются дополнительные исследования.

Результаты исследований Новиковой Е. А. доказывают, что ленточные конвейера способствуют образованию и отложению угольной пыли, значительно повышающей риск возникновения взрыва в горной выработке. Отмечено, что отложение угольной пыли



происходит на неподвижных элементах конвейера, а также по всей поверхности выработки за счет осаждения пыли из проходящего воздуха [17]. Образование пыли, способы обеспыливания и пылеподавления представляют отдельную большую область исследования и в настоящей работе в дальнейшем не учитываются.

Рассмотренный метод георадиолокации позволяет оценивать не только состояние массива горных пород, структуру и наличие нарушений, но и качество бетонов фундаментов. Так, в работе [18] авторы показывают способы обработки сигнала для оценки состояния арматурной сетки в бетоне. Проверка расчетных объемов фундаментов под приводные станции позволяет оценить качество и количество выполняемых работ. Нередко исполнители уменьшают объемы бетонных работ, чтобы увеличить скорость монтажа конвейерных установок. Пример обследования и обнаруженный бетонный фундамент (выделен

контуром) представлен на радарограмме, Рис. 5.

В данном исследовании фундаментный блок длиной 1,5 м и глубиной заложения 2,0 м соответствовал проектному.

Многие авторы отмечают отличную способность георадиолокации определять увлажненность массива горных пород [12, 19–21]. Явление отражения электромагнитной волны от границ с существенно отличающимися электрофизическими свойствами и является основным принципом работы георадара. Измеряя время пробега волны от источника до границы раздела сред и обратно, а также амплитуду отраженной волны, можно судить о расстоянии до такой границы.

Амплитуда отраженного сигнала от границы между слоями пропорциональна величине коэффициента отражения  $k_{omp}$ , определяемого по формуле:

$$k_{omp} = \frac{(\sqrt{\varepsilon_1 - \varepsilon_2})}{(\sqrt{\varepsilon_1 + \varepsilon_2})}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – значения диэлектрической

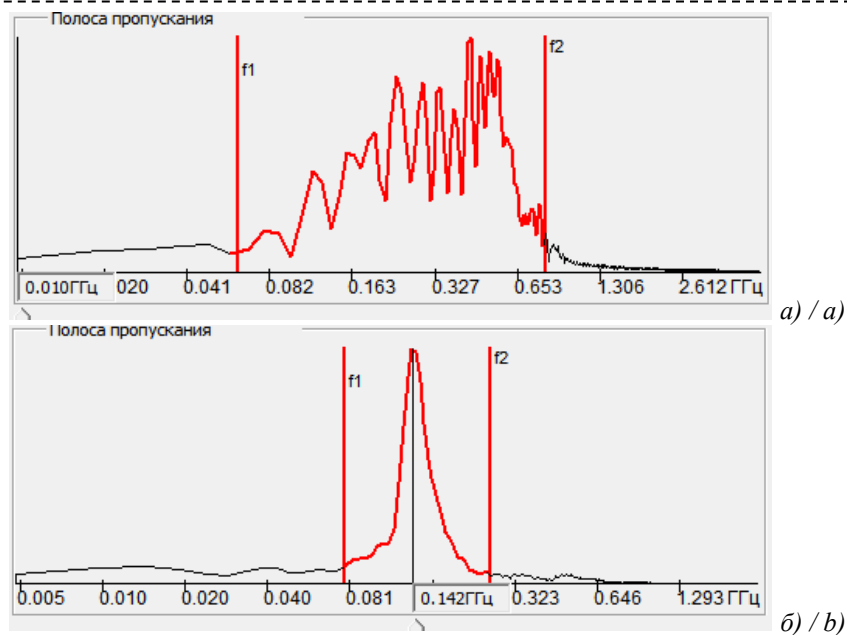


Рис. 6. Спектры выделенной области, характерной для сухой а) и влагонасыщенной б) среды (горные породы)

Fig. 6. Spectrum of the selected region characteristic of dry (a) and moisture-saturated (b) media (rocks)

проницаемости первого и второго слоя.

Максимальный контраст в диэлектрических проницаемостях наблюдается между воздухом ( $\varepsilon=1$ ) и водой ( $\varepsilon=81$ ). Их соотношение в породе и будет в основном определять диэлектрическую проницаемость слоя, при этом наличие растворенных солей, кислот и щелочей может существенно изменить диэлектрическую проницаемость воды при воздействии электромагнитного поля [22].

Поляризация, создаваемая системой независимых диполей в ответ на воздействие внешнего поля, экспоненциально ослабевает вследствие тепловых флуктуаций после исчезновения поля в соответствии с моделью Дебая [22]:

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_{\infty} + \sum_{i=1}^n \frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon_i)}{(1 + j\omega\tau_i)}, \quad (2)$$

где  $n$  – число автономных  $i$ -ых процессов, вызывающих поляризацию диполей;

$\tau_i$  – время релаксации;

$\varepsilon_0$  – статическая диэлектрическая проницаемость;

$\varepsilon_{\infty}$  – диэлектрическая проницаемость на очень высоких частотах;

$\omega$  – частота приложенного поля.

Для характерных частот георадиолокации 250 МГц, 400 МГц указанная функция хорошо выполняется. Приведем примеры частотного спектра отраженной волны в сухой (характерная частота не проявляется) и влагонасыщенной среде (явно выделен пик на частоте 142 МГц). Центральная частота используемой антенны 400 МГц, на рисунках фигурирует не амплитуда, а просто относительные значения спектра отраженных частот.

По величине смещения в низкочастотную область от центральной частоты можно судить об уровне влаги, чем ниже частота характерного пика, тем более насыщены влагой породы. Указанный вывод требует уточнения при температурах близких к нулю по Цельсию.

### Результаты и обсуждения

Результаты проведенного литературного обзора и исследований в шахтных условиях показывают необходимость всестороннего учета влияния конвейеров на горные выработки, но главным образом влияния горно-геологических условий на конвейерные установки.

Предложены методы вибрационной диагностики для оценки состояния приводных станций ленточных конвейеров, а также методы георадарного профилирования, оценивающие состояние горных выработок. Слабые, склонные к пучению почвы приводят к изменению геометрических параметров фундаментов приводов, натяжных устройств и става конвейера. Наличие влаги и водоносных слоев в почве или кровле способствует размоканию и набуханию пород (преимущественно аргиллитов), что также может вызвать

деформацию почвы, кровли и боков выработки. В увлажненных участках горных выработок не рекомендуется размещать приводные станции и станции управления конвейерами.

Существующим ограничением применения метода георадиолокации в шахтных условиях является трудоемкая камеральная обработка радарограмм, а также их неоднозначность и зависимость от опыта специалиста. Сложность интерпретации обусловлена математической некорректностью решения обратных задач геофизики, где математическое решение будет либо неоднозначным, либо не имеющим физического смысла и всегда приближенным. Однако накопленный богатый опыт применения метода, подтвержденный практическими данными (на примерах видеозендоскопии или фактически возникшего обрушения) позволяет с приемлемой точностью выявлять опасные и проблемные участки.

Влияния вибрации от приводных станций и колебаний ленты при переходных процессах во время пуска практически не исследовались, хотя характер некоторых динамических проявлений указывает на вероятную возможность такого влияния. Данный вопрос является предметом дальнейших исследований.

### Выводы

Таким образом, настоящим исследованием предложена концепция учета взаимного влияния поточных транспортных систем на состояние горных выработок для своевременных воздействий на предотвращение нежелательных проявлений деформаций горных выработок и нарушения в работе транспортных систем.

Показаны приемлемые результаты определения участков горных выработок, оказывающие негативное влияние на приводные станции ленточных конвейеров или же могущие оказать такое влияние впоследствии.

В случае выявления зон влагонасыщения целесообразно пересмотреть место установки приводных станций, а для участков, склонных к пучению почвы, предусмотреть мероприятия по проведению разрезных щелей и установки дополнительных анкеров по упрочнению почвы.

Главный вывод заключается в том, что горно-геологические условия, технология ведения работ, дальнейший выбор и расчеты горных и транспортных машин должны рассматриваться с учетом возможно максимального взаимного влияния.

### Список литературы

1. Kantovich L. I., Klementyeva I. N., Kuziev D. A. Design and technological capabilities of modern cutter-loaders: overview // Journal of Mining and Geotechnical Engineering. 2020. No. 2(9). P. 26–41. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-2-26-41. EDN UYOGUO.

2. Разумов Е. А., Калинин С. И., Венгер В. Г., Пудов Е. Ю. Пути повышения добычи угля из комплексно-механизированных лав с нагрузкой до 40-60 тыс. т/сут. на один очистной забой // Уголь. 2021. № 1(1138). С. 4–10. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-4-10. EDN QHIUON.
3. Павленко М. В., Хайдина М. П., Кузиев Д. А. [и др.] Факторы воздействия комбайна при добыче угля на увеличение метаноотдачи массива в рабочее пространство лавы // Уголь. 2019. № 4(1117). С. 8–11. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11. EDN ZBYUPB.
4. Dzhioeva A., Brigida V. Spatial non-linearity of methane release dynamics in underground boreholes for sustainable mining // Journal of Mining Institute. 2020. 245. 522–530. DOI: 10.31897/PMI.2020.5.3.
5. Hendrik Wijaya, Pathmanathan Rajeev, Emad Gad, Ravi Vivekanantham. Automatic fault detection system for mining conveyor using distributed acoustic sensor // Measurement. 2022. Vol. 187. 110330. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.110330.
6. Wang Y., Miao Ch., Liu Y., Meng D. Research on a sound-based method for belt conveyor longitudinal tear detection // Measurement. 2022. Vol. 190. 110787. DOI: 10.1016/j.measurement.2022.110787.
7. Bobojanov M., Eshmurodov Z., Ismoilov M., Arziyev E., Togaeva G. Study of the efficiency of conveyors of mining transport systems of mining complexes // E3S Web of Conferences. 2020. 177. 03023. 10.1051/e3sconf/202017703023.
8. Кузин Е. Г., Герике Б. Л. Мониторинг технического состояния редукторов частотно-регулируемого электропривода шахтных ленточных конвейеров // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 1. С. 82–88. EDN VPPSTL.
9. Кузин Е. Г., Шахманов В. Н., Кавардаков А. А. Влияние горно-геологических факторов на работу привода шахтного ленточного конвейера // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 2(148). С. 51–56. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-51-56. EDN ZHXOMY.
10. Pudov E., Kuzin E., Efremkov A. Estimation of impact of rock conditions on the conveyor workings geometry by means of geophysical methods // IOP conference series: materials science and engineering : The conference proceedings ISPC1ET2020, Veliky Novgorod. Vol. 939. P. 012063. Veliky Novgorod : IOP Publishing Ltd, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/939/1/012063. EDN FWVJTS.
11. Бакин В. А., Кузин Е. Г., Пудов Е. Ю. Анализ состояния кровли подготовительных горных выработок методом георадиолокации с учетом влияния высоких темпов работы очистного забоя Взрывное дело. 2017. № 117–74. С. 288–298. EDN YHPYCH.
12. Бакин В. А., Кузин Е. Г., Пудов Е. Ю., Ремпель К. К. Анализ обследований состояния горных выработок, закрепленных анкерной крепью с применением георадара // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 10. С. 172–178. EDN UQFPZN.
13. Richter H., Jaksch K., Zirkler A., Giese R., Krawczyk Ch. Use of polarization properties of seismic waves to improve Fresnel Volume Migration of three-component subsurface seismic data // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2023. 170. 105449. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2023.105449.
14. Hupe Tim, Orlowsky Dr., Swoboda Ulrich, Snichotta Michael. Combination of 3D Borehole Radar and Underground Reflection Seismic – A Case Study for In-Mine Exploration. 2020. DOI: 10.3997/2214-4609.202020031.
15. Филимонов К. А., Ренев А. А., Кучеренко А. В., Гречишкин П. В. Исследование влияния очистных работ на состояние штреков, поддерживаемых в целиках в условиях «Шахты им В.Д. Ялевского» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 5. С. 133–148. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-133-148. EDN UNWLIV.
16. Ray Ravi Chandan, Newman Christopher, Agioutantis Zach. Review of the Relation between Pillar Load and Opening Convergence in Pillar Design using the Ground Reaction Curve Concept // Conference: 53rd US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium. New York, 2019.
17. Новикова Е. А. Повышение безопасности конвейерного транспорта в горных выработках угольных шахт: моногр. Донецк : Национальный горный университет, 2013. 99 с.
18. Mohamed Anas, Jawad Laith, Mahmood Faleh. The Use of Ground Penetrating Radar to Assess the Concrete // Iraqi Journal of Science. 2019. DOI: 10.24996/ijss.2019.60.9.25.
19. Гречишкин П. В., Зеляева Е. А., Зайцев Я. И., Щербаков В. Н. Оценка эффективности мероприятий по управлению кровлей в конвейерном штреке 555 на шахте «Чертинская-Коксовая» // Горный журнал. 2022. № 1. С. 101–105. DOI: 10.17580/gzh.2022.01.18. EDN EDGJMV.
20. Федорова Л. Л., Куляндин Г. А., Поисеева С. И. Исследование особенности строения техногенных отвалов методом георадиолокации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. №12–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-osobennosti-stroeniya-tehnogennyh-otvalov-metodom-georadiolokatsii> (дата обращения: 24.02.2024).
21. Klewe Tim, Strangfeld Christoph, Kruschwitz Sabine. (2021). Review of moisture measurements in civil engineering with ground penetrating radar – Applied methods and signal features // Construction

and Building Materials. 278. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122250.  
22. Ninno Antonella, Nikollari Ermal, Missori

Mauro, Frezza Fabrizio. Dielectric permittivity of aqueous solutions of electrolytes probed by THz time-domain and FTIR spectroscopy. 2019.

© 2024 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Кузин Евгений Геннадьевич**, кандидат технических наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске, Россия, (г. Прокопьевск, Кемеровская область 653039, ул. Ноградская, 19а), e-mail: kuzinegen@gmail.com

**Шахманов Виталий Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске, Россия, (г. Прокопьевск, Кемеровская область 653039, ул. Ноградская, 19а), e-mail: prk0303@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Кузин Евгений Геннадьевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, проведение исследования, обработка результатов, сбор и анализ данных, выводы, написание текста;

Шахманов Виталий Николаевич – обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, проведение исследования, обработка результатов, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Original article

### MUTUAL IMPACT OF MINE WORKINGS AND FLOW TRANSPORT SYSTEMS

**Evgeny G. Kuzin,  
Vitaliy N. Shahmanov**

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, branch in Prokopyevsk

\*for correspondence: kuzinegen@gmail.com



#### Article info

Received:

01 March 2024

Accepted for publication:

15 May 2024

Accepted:

29 May 2024

Published:

13 June 2024

**Keywords:** conveyor belts, mining machines, underground workings, vibration diagnostics, georadiolocation, mining safety, soil heaving

#### Abstract.

*In this paper, the relevance of taking into account influence of mining operations on flow transport systems, as well as the influence of conveyors on the state of underground mining operations is given. Underground mining machines include cleaning mechanized complexes and transport systems and have a certain technical symbiosis, and ultimately determine geotechnology of working in coal mines. The paper presents impact of mining on operation in-line transport systems (scraper and belt conveyors). It is noted that when soil heaving occurs in the workings of conveyor drifts, an increase in vibration at the rotor speed and subharmonic of rotor speed frequencies is first manifested. The method vibration diagnostics makes it possible to determine the occurrence of a negative influence at an early stage. The data on influence of working transport vehicles on condition of the mine workings in which they are located are presented. The main attention is currently being paid to issues of dedusting and dust suppression in workings during coal transportation by belt conveyors. There is a high probability of the impact of low-frequency waves of belt vibrations during frequent conveyor starts on the processes of formation of rock falls. However, this assumption requires additional research. The description of the georadiolocation method and the characteristic changes in the condition the roof, sides and soil of workings detected by this method are given. The results a survey the roof of workings*



*prone to dynamic manifestations, soil prone to heaving, are shown. Subsequently, these assumptions were confirmed by field observations. The substantiation georadiolocation method for assessing the condition of concrete foundations of drive stations is given. Frequency spectra are shown during the processing of radarograms in specialized software, which make it possible to determine the moisture saturation of rocks. The presence of moisture in most cases has adverse consequences for mining. It is not recommended to place drive stations and conveyor control stations in wet mining areas. The paper considers and proposes the concept of taking into account the mutual influence of in-line transport systems and mining workings in which they are located to increase reliability and safety of mining production.*

**For citation:** Kuzin E.G., Shahmanov V.N. Mutual impact of mine workings and flow transport systems. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2024; 2(162):90-99. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2024-2-90-99, EDN: DFIGHY

#### REFERENCES

1. Kantovich L.I., Klementyeva I.N., Kuziev D.A. Design and technological capabilities of modern cutter-loaders: overview. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2020; 2(9):26–41. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-2-26-41. EDN UYOGUO.
2. Razumov Ye.A., Kalinin S.I., Venger V.G., Pudov Ye.Yu. Puti povysheniya dobychi uglia iz kompleksno-mekhanizirovannykh lav s nagruzkoy do 40-60 tys. t/sut. na odin ochistnoy zaboy. *Ugol'*. 2021; 1(1138):4–10. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-4-10. EDN QHIUON.
3. Pavlenko M.V., Khaydina M.P., Kuziyev D.A. [i dr.] Faktory vozdeystviya kombayna pri dobyche uglia na uvelicheniye metanootdachi massiva v rabocheye prostranstvo lavy. *Ugol'*. 2019; 4(1117):8–11. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11. EDN ZBYUPB.
4. Dzhiioeva A., Brigida V. Spatial non-linearity of methane release dynamics in underground boreholes for sustainable mining. *Journal of Mining Institute*. 2020; 245:522-530. DOI: 10.31897/PMI.2020.5.3.
5. Hendrik Wijaya, Pathmanathan Rajeev, Emad Gad, Ravi Vivekanantham. Automat-ic fault detection system for mining conveyor using distributed acoustic sensor. *Measurement*. 2022; 187:110330. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.110330.
6. Wang Y., Miao Ch., Liu Y., Meng D. Research on a sound-based method for belt conveyor longitudinal tear detection. *Measurement*. 2022; 190:110787. DOI: 10.1016/j.measurement.2022.110787.
7. Bobojanov M., Eshmurodov Z., Ismoilov M., Arziyev E., Togaeva G. Study of the efficiency of conveyors of mining transport systems of mining complexes. *E3S Web of Conferences*. 2020; 177:03023. DOI: 10.1051/e3sconf/202017703023.
8. Kuzin Ye.G., Gerike B.L. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya reduktorov chastotno-reguliruyemogo elektroprivoda shakhtnykh lentochnykh konveyerov. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti*. 2016; 1:82–88. EDN VPPSTL.
9. Kuzin Ye.G., Shakhmanov V.N., Kavardakov A.A. Vliyaniye gorno-geologicheskikh faktorov na rabotu privoda shakhtnogo lentochnogo konveyera. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika*. 2020; 2(148):51–56. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-51-56. EDN ZHXOMY.
10. Pudov E., Kuzin E., Efremenkov A. Estimation of impact of rock conditions on the conveyor workings ge-ometry by means of geophysical methods. *IOP conference series: materials science and engineering : The conference proceedings ISPCIET'2020*. Veliky Novgorod. 2020; 939:012063. DOI: 10.1088/1757-899X/939/1/012063. EDN FWVJTS.
11. Bakin V.A., Kuzin Ye.G., Pudov Ye.Yu. Analiz sostoyaniya krovli podgotovitel'nykh gornykh vyrabotok metodom georadiolokatsii s uchetom vliyaniya vysokikh tempov raboty ochistnogo zaboya. *Vzryvnoye delo*. 2017; 117-74:288–298. EDN YHPYCH.
12. Bakin V.A., Pudov Ye.Yu. Kuzin Ye.G., Rempel' K.K. Analiz obsledovaniy sostoyaniya gornykh vyrabotok zakreplennykh ankernoy krep'yu s primeneniym georadara. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2015; 10:172–178. EDN UQFPZN.
13. Richter H., Jaksch K., Zirkler A., Giese R., Krawczyk Ch. Use of polarization properties of seismic waves to improve Fresnel Volume Migration of three-component subsurface seismic data. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2023; 170:105449. DOI: 10.1016/j.ijrmmms.2023.105449.
14. Hupe Tim, Orłowsky Dr, Swoboda Ulrich, Sniehotta Michael. Combination of 3D Borehole Radar and Underground Reflection Seismic – A Case Study for In-Mine Exploration. 2020. DOI: 10.3997/2214-4609.202020031.
15. Filimonov K.A., Renev A.A., Kucherenko A.V., Grechishkin P.V. Issledovaniye vliyaniya ochistnykh rabot na sostoyaniye shtrekov, podderzhivayemykh v tselikakh v usloviyakh «Shakhty im V.D. Yalevskogo». *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2019; 5:133–148. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-133-148. EDN UNWLIV.

16. Ray Ravi Chandan, Newman Christopher, Agioutantis Zach. Review of the Relation between Pillar Load and Opening Convergence in Pillar Design using the Ground Reaction Curve Concept. *Conference: 53rd US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium*. New York. 2019.

17. Novikova Ye.A. Povysheniye bezopasnosti konveyernogo transporta v gornykh vyrabotkakh ugol'nykh shakht: monogr. Donetsk: Natsional'nyy gornyy universitet; 2013. 99 s.

18. Mohamed Anas, Jawad Laith, Mahmood Faleh. (2019). The Use of Ground Penetrating Radar to Assess the Concrete. *Iraqi Journal of Science*. 2019. DOI: 10.24996/ijis.2019.60.9.25.

19. Grechishkin P.V., Zelyayeva Ye.A., Zaytsev Ya.I., Shcherbakov V.N. Otsenka effektivnosti meropriyatiy po upravleniyu krovley v konveyernom shtreke 555 na shakhte "Chertinskaya-Koksovaya". *Gornyy zhurnal*. 2022; 1:101–105. DOI: 10.17580/gzh.2022.01.18. EDN EDGJMV.

20. Fedorova L.L., Kulyandin G.A., Poiseyeva S.I. Issledovaniye osobennosti stroeniya tekhnogennykh otvalov metodom georadiolokatsii. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*. 2021; 12-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-osobennosti-stroeniya-tehnogennykh-otvalov-metodom-georadiolokatsii> (data obrashcheniya: 24.02.2024).

21. Klewe Tim, Strangfeld Christoph, Kruschwitz Sabine. Review of moisture measurements in civil engineering with ground penetrating radar - Applied methods and signal features. *Construction and Building Materials*. 2021; 278. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122250.

22. Ninno Antonella, Nikollari Ermal, Missori Mauro, Frezza Fabrizio. Dielectric permittivity of aqueous solutions of electrolytes probed by THz time-domain and FTIR spectroscopy. 2019.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the authors:*

**Kuzin Evgeny G.**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, branch in Prokopyevsk, Russia, Prokopyevsk, (Kemerovo region 653039, 19a Nogradskaya str.), e-mail: [kuzinegen@gmail.com](mailto:kuzinegen@gmail.com)

**Shahmanov Vitaliy N.**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, branch in Prokopyevsk, Russia, Prokopyevsk, (Kemerovo region 653039, 19a Nogradskaya str.), e-mail: [prk0303@yandex.ru](mailto:prk0303@yandex.ru)

*Contribution of the authors:*

Evgeny G. Kuzin – formulation of a research task, scientific management, review of relevant literature, conceptualization of research, conducting research, processing results, data collection and analysis, conclusions, writing a text;

Vitaliy N. Shakhmanov – review of relevant literature, conceptualization of research, conducting research, processing results, collecting and analyzing data, conclusions, writing text.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

