ISSN 1999-4125 (Print) **ISSN 2949-0642 (Online)**

Научная статья
УДК 622.235
DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-127-133

СИСТЕМЫ КРУГОВОГО ОБЗОРА И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Алышев Иван Юрьевич[1],
Ерофеева Наталья Валерьевна[2,*]

[1] ПАО «Южный Кузбасс»
[2] Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

[*] для корреспонденции: env.stm@kuzstu.ru

Аннотация.
В статье рассматривается оснащение системами кругового обзора и производственного контроля экскаваторов, эксплуатируемых на открытых горных работах. Система кругового обзора включает комплекс устройств, предназначенных для повышения безопасности и эффективности работы экскаваторов на горнодобывающих предприятиях, для обеспечения оператору полного обзора территории вокруг экскаватора, исключая «слепые» зоны во время работы машины. В комплекс устройств кругового обзора входят следующие компоненты: камеры (камеры заднего вида, боковые камеры, камеры переднего обзора, предназначенные для обзора «слепых» зон вокруг экскаватора); монитор (центральный экран, на который выводится изображение с камер, может быть разделен на несколько окон для одновременного отображения нескольких углов обзора); контроллеры и интерфейсы (устройства, которые обрабатывают сигналы от камер и передают их на монитор); электрические кабели и видеокабели, которые соединяют камеры с монитором и контроллерами; система обработки (программное обеспечение, которое обеспечивает качественное изображение и распознание объектов); энергетическая система (блоки питания и аккумуляторы, обеспечивающие работу всех компонентов системы). Совместная работа компонентов обеспечивает оператору максимальный обзор и безопасность ведения работ. Камерами производственного контроля оборудуются кабина экскаватора и наиболее ответственные места в машинном отделении. Внедрение системы кругового обзора и производственного контроля на все единицы техники позволяет эффективно и безопасно осуществлять производственные работы, способствует безопасной деятельности персонала, тем самым реализуя требования охраны труда и промышленной безопасности производственного процесса.

Информация о статье
Поступила:
04 марта 2025 г.

Одобрена после рецензирования:
15 ноября 2025 г.

Принята к публикации:
02 декабря 2025 г.

Опубликована:
22 декабря 2025 г.

Ключевые слова:
система кругового обзора, видеонаблюдение, экскаватор, безопасность, «слепые» зоны, визуальный контроль

Для цитирования: Алышев И.Ю., Ерофеева Н.В. Системы кругового обзора и производственного контроля экскаваторов на открытых горных работах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 6 (172). С. 127-133. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-127-133, EDN: AJJKIY

Введение. Системы видеонаблюдения – это комплекс технических устройств, которые обеспечивают визуальный контроль происходящих событий и их фиксацию [1–3]. На промышленных предприятиях видеонаблюдение устанавливается как для контролирования территории предприятия от несанкционированного проникновения посторонних лиц, так и для надзора за работой горной техники. Информация с камер передается в диспетчерский пункт в режиме реального времени. Как правило, системы

видеонаблюдения фокусируются на слежении за конкретной территорией. Система кругового обзора – это комплекс устройств, который позволяет оператору горной техники иметь полный обзор окружающей машину среды, что дает возможность ему безопасно маневрировать в сложных условиях. Система объединяет в единое панорамное изображение информацию с нескольких камер, обычно расположенных по периметру машины [4]. Системами кругового обзора оснащают карьерную технику, экскаваторы не являются исключением.

Карьерный экскаватор – это мощная машина, предназначенная для добычных или вскрышных работ открытым способом. Поскольку экскаватор относится к классу крупногабаритной техники, то конструкция его такова, что неизбежно присутствуют «слепые» зоны, т. е. зоны, которые невозможно визуально оценить машинисту во время его работы [5]. Это приводит к значительным неудобствам при работе в условиях разреза.

Машинист одноковшового экскаватора в течение одного цикла выполняет до 20 операций, совершая при этом до 90 движений в одну минуту [6]. Несмотря на то, что машинист одноковшового экскаватора является наиболее квалифицированным рабочим в карьере, аварийные ситуации имеют место быть [7]. В одном из пяти случаев аварийные ситуации, связанные с задеванием корпусом карьерной техники какого-либо препятствия при погрузке, могли быть предотвращены, в частности при использовании систем кругового обзора [8].

Для снижения количества аварийных ситуаций и столкновений, для безопасной работы на современной карьерной технике заводом-изготовителем уже предусмотрены системы кругового обзора и мониторинга с помощью видеокамер [7, 9]. Однако ранее выпускавшаяся техника такими системами не оборудована. Для удобства производства работ и безопасности горные предприятия самостоятельно начинают устанавливать видеосистемы на технику.

Методы. Видеокамерами оборудуют карьерную технику как для обзора за окружающим машину пространством, так и для контроля работы механизмов внутри машины, включая операторов.

На эффективность системы влияют несколько компонентов, один из них – объектив: от этого элемента зависит четкость и качество изображения. При выборе объектива учитывают максимальное расстояние, которое необходимо охватить, и угол обзора камеры. Другим компонентом является размер матрицы – к видеокамере с конкретной матрицей выбирают определенный объектив. Расстояние от матрицы до объектива, называемое фокусным, связанно с углом обзора, т. е. с площадью участка, который будет виден в кадре. Для определения вертикального и горизонтального фокусного расстояния F (мм) существуют формулы:

$$F = \frac{vS}{V}; \quad (1)$$

$$F = \frac{hS}{H}, \quad (2)$$

где S – расстояние до предмета, м; V – вертикальный размер предмета, м; v – вертикальный размер матрицы, мм; h – горизонтальный размер матрицы, мм; H – ширина предмета, м.

Система кругового обзора может быть оснащена современными камерами таких производителей, как Hikvision [https://hikvisionpro.ru] или Beward [https://beward-russia.ru] с моторизированными объективами, которые обеспечивают широкий обзор, и встроенными в камеры датчиками, которые сигнализируют при приближении корпуса к препятствию. Моторизированный объектив камер дает возможность машинисту приблизить или отдалить объект для лучшего его рассмотрения или изменить угол обзора.

Для вывода на экран изображений со всех камер одновременно используются специальные программы, например, IVMS-4200 от производителя Hikvision. В данной и в других аналогичных программах настраиваются различные параметры, такие как цикличная или постоянная запись, запись по тревоге, размеры объектов, на которые реагирует система, место хранения архива. Обычно для экскаваторов тревожными являются объекты, которые мешают повороту корпуса, такие как края отвалов, негабаритные куски породы или стоящая рядом техника. В современных программах может настраиваться система оповещения, которая выводится на экран оператора бегущей строкой или всплывающим окном поверх изображения. При появлении такого сообщения может быть запрограммирована автоматическая остановка машины до полного устранения возможности столкновения с другим объектом [10].

Для монтажа системы осуществляют прокладку кабельных линий от кабины машиниста до мест установки камер в металлорукавах, специально проложенных в кузове экскаватора. Для этого используют кабель типа «витая пара» FTP, который предназначен для организации интернет-соединений, компьютерных сетей и линий связи.

Камеры монтируют на бортах кузова экскаватора с применением специальных прорезиненных электроизоляторов для исключения помех при передаче изображения.

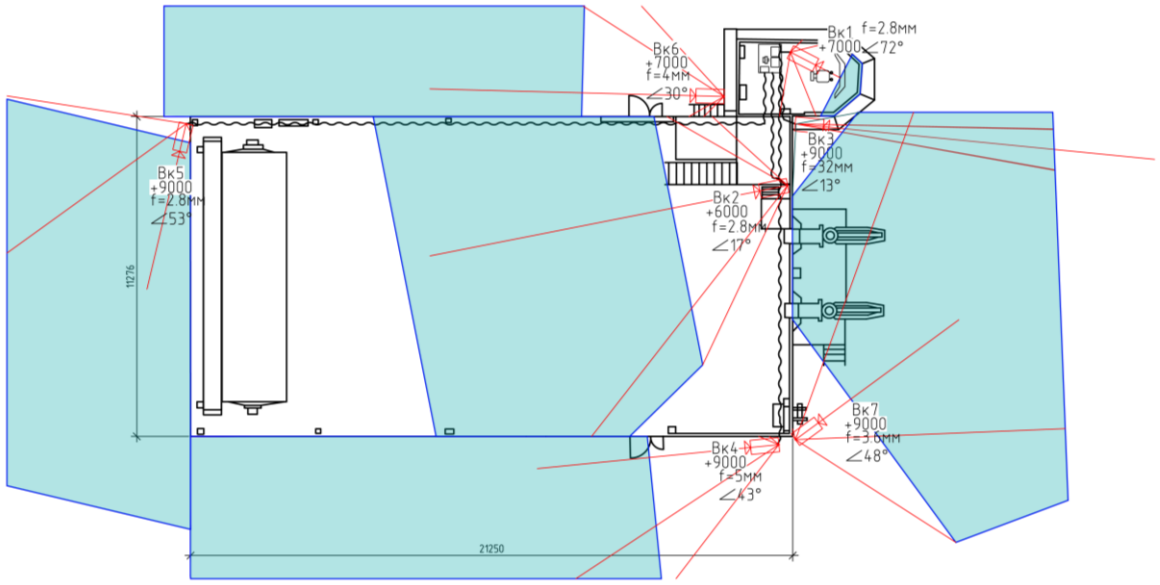

Рис. 1. Система производственного контроля и обеспечения безопасности экскаватора ЭШ 10.70: Вк1 контроль работы машиниста экскаватора; Вк2 – контроль состояния агрегатов экскаватора; Вк3 – контроль погрузки; Вк4 – обор правого борта экскаватора; Вк5 – обзор заднего борта экскаватора; Вк6 – обзор левого борта экскаватора; Вк7 – обзор переднего подхода экскаватора
Fig. 1. Excavator control and safety system: Vk1 monitoring the work of the excavator operator; Vк2 – monitoring the condition of the excavator units; Vк3 – loading control; Vк4 – right side of the excavator; Vк5 – overview of the rear side of the excavator; Vк6 – overview of the left side of the excavator; Vк7 – overview of the front approach of the excavator

Приемно-контрольное оборудование размещают в кабине экскаватора в специальном шкафу типа ТШУ. В него устанавливаются блоки питания, аккумуляторы (для организации резервного питания при отключении основного), видеорегистратор, на который сводятся все установленные камеры, плинты для расшивки кабеля и другое оборудование для обеспечения работы системы. К видеорегистратору возможно произвести подключение до восьми камер [11].

Питание системы осуществляется с применением релейного стабилизатора напряжения и реле напряжения для снижения вероятности выхода из строя оборудования во время скачков напряжения, которые возникают при работе экскаватора.

На рабочем месте машиниста устанавливают монитор с сенсорным управлением, который позволяет легко переключаться на необходимые в данный момент времени камеры и получать максимально полную информацию об окружающих технику объектах, что способствует еще большей безопасности и улучшает эффективность работы бригады экскаватора.

Все камеры автоматически переключаются с дневного в ночной режим при изменении освещения.

Видеокамеры снаружи экскаватора устанавливают на бортах кузова в соответствии с проектом на данный экскаватор. При этом конец обзора одной камеры должен пересекаться с началом обзора следующей, для того чтобы изображение собиралось в одну общую картинку, охватывающей угол обзора практически и равный 360º.

Например, на шагающем экскаваторе ЭШ 10.70 устанавливают семь камер (Рис. 1) с различным фокусным расстоянием в зависимости от необходимой зоны охвата для видеоконтроля (Таблица).

Для каждого типоразмера экскаватора составляется паспорт, согласно которому производится монтаж той или иной камеры. При этом если обзор по периметру экскаваторов практически соизмеримы для разного типа машин, то для контроля положения ковша используют камеры с фокусным расстоянием, приведенным на Рис. 2.

Камеры, установленные в машинном отделении, позволяют следить за работой двигателей и других механизмов,

Таблица. Фокусное расстояние камер для экскаватора ЭШ 10.70
Table. Focal length of excavator cameras

Камера	Вк1	Вк2	Вк3	Вк4	Вк5	Вк6	Вк7
Высота установки, мм	+7000	+6000	+9000	+9000	+9000	+7000	+9000
Фокусное расстояние, мм	2,8	2,8	32	5	2,8	4	3,6

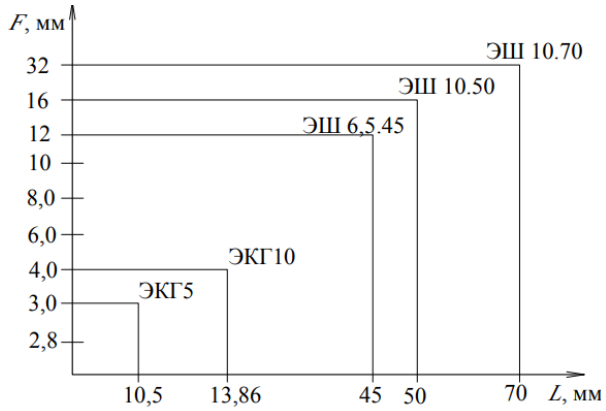

Рис. 2. Зависимость размера объектива по отношению к длине стрелы экскаватора
Fig. 2. The dependence of the lens size in relation to the length of the excavator boom

расположенных в зоне их обзора. Также возможна установка камер с тепловизором для отслеживания температуры внутри машинного отделения. Тепловой контроль предназначен для оценки теплового состояния электрооборудования и токоведущих частей в зависимости от условий их работы и конструкции. Контроль может осуществляться по нормированным температурам нагрева (превышениям температуры), избыточной температуре, динамике изменения температуры во времени с изменением нагрузки [12].

Существенным недостатком системы видеонаблюдения является запыление. Во время разрушения горных пород практически всегда происходит интенсивное пылеобразование в зоне копания [13]. Мелкие частицы пыли оседают на объективах камер и изображение становится не четким. Поэтому постоянно необходимо очищать объективы видеокамер.

Тепловизионные камеры в сочетании с инфракрасными осветителями, используемые для создания искусственного невидимого света, позволяют получать лучшее выходное изображение камеры в плохих погодных условиях [14].

В кабине экскаватора устанавливается видеокамера с аудиофиксацией для организации охраны труда и промышленной безопасности [11]. Архив записей ведется как непосредственно на жесткий диск видеорегистратора, так и на удаленный сервер.

Для обеспечения связи с экскаватором, находящимся в карьере, используются GSM-точки доступа, которые с помощью мобильной сети передают информацию на центральный сервер предприятия. А уже оттуда информация передается на рабочие места диспетчеров, начальников смены, механиков, директоров.

Просмотр камер диспетчером или начальником смены позволяет визуально контролировать рабочий процесс как одного, так и нескольких экскаваторов одновременно. С помощью программных средств анализируется сигнал, полученный с видеокамер и, например, звуковым или световым сигналом привлекается внимание начальника смены или диспетчера к каким-либо нештатным ситуациям, происходящим на объекте [15]. Таким образом, диспетчер при поступлении сигнала имеет возможность визуально оценить ситуацию и принять соответствующие меры по предотвращению аварийной ситуации.

На данных рабочих местах устанавливается программа, в которой возможен онлайн-просмотр, просмотр архивов, перемотка записей [16].

Результаты исследования. Благодаря системе кругового обзора машинист может не отходя с рабочего места визуально оценивать обстановку по периметру экскаватора и избегать возможных столкновений или повреждений.

Визуальный просмотр рабочего процесса экскаватора позволяет диспетчеру иметь полную информацию о происходящих событиях на объекте.

С помощью камеры, установленной на борту кузова для обзора ковша экскаватора, можно производить подсчет выемки угля или породы, следить за полнотой загруженности кузовов карьерных самосвалов, в том числе используя машинное зрение [17, 18].

Визуальное восприятие работы механизмов экскаватора позволяет точнее и слаженнее принимать механикам решение о необходимости внепланового ремонта какого-либо узла. После постановки экскаватора на ремонт механики, не выходя из своего кабинета, могут наблюдать за процессом и корректировать действие ремонтной бригады, тем самым обеспечивая быстродействие в решении спорных вопросов.

Таким образом, видеосистемы используются не только для кругового обзора, но и для визуального контроля рабочего процесса.

Обсуждение. В настоящее время применение систем видеонаблюдения становится необходимостью. Системами видеообзора рекомендуется оснащать не только экскаваторы, но и различные виды карьерной техники, такие как бульдозеры, погрузчики, самосвалы и др., для удобства и безопасной их эксплуатации [19], поскольку аварийных ситуаций с мобильной техникой из-за наличия у них «слепых» зон также имеется достаточно большое количество [20].

Выводы. Системы производственного видеонаблюдения значительно облегчают рабочий процесс. Внедрение систем кругового обзора и производственного контроля на экскаваторы, в которых они не предусмотрены

заводом-изготовителем – это условия безопасной работы персонала, охраны труда и промышленной безопасности производственного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыткин А. IP-видеонаблюдение. Наглядное пособие. Издательство «Авторская книга», 2011. 200 с.
2. Гаряев А. Интеграция искусственного интеллекта и технологии видеонаблюдения для мониторинга строительной техники // Информационные ресурсы России. 2023. № 3 (192). С. 34–47.
3. Скударнов Д. Е., Портола В. А. Построение многофункциональной системы безопасности для обеспечения безопасных условий транспортировки горной массы карьерными автосамосвалами // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 4. С. 58–62.
4. Innovations at bauma. AT Heavy Duty world. 2019. № 12. Pp. 8–13.
5. Бугебрин Ш., Соловьев И. В., Михайлов А. В. Анализ рисков при позиционировании экскаватора на карьере нерудных материалов // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2023. № 20. С. 183–189.
6. Лещинский А. В., Шевкун Е. Б., Вершинина А. Р., Белозеров И. Н. Выбор пути повышения производительности карьерного экскаватора // Маркшейдерия и недропользование. 2021. № 1 (111). С. 40–45.
7. Куличев В. М. Реализация государственной политики в области промышленной безопасности // Записки Горного института. 2005. Т. 164. С. 28–32.
8. Клебанов А. Ф., Улитин В. В., Сиземов Д. Н., Кадочников М. В. Современные системы предотвращения столкновений горной техники и наездов на персонал при ведении открытых горных работ // Горная промышленность. 2020. № 5. С. 24–29.
9. Бабаян Р. Г. Промышленное видеонаблюдение // Международный научный журнал «Вестник науки». 2019. № 6 (15) Т. 1. С. 35–37.
10. Zhang S., Zhang L. Construction site safety monitoring and excavator activity analysis system // Constr. Robot. 2022. № 6. Pp. 151–161. DOI: 0.1007/S41693-022-00077-0.
11. Борисова Е. С. Анализ рынка видеонаблюдения на железнодорожном промышленном транспорте // Аллея науки. 2017. Т. 1. № 10. С. 98–102.
12. Досайкин В. М., Фенстер Д. Б., Порозов Д. И. [и др.] Выбор и обоснование методов диагностирования одноковшовых карьерных экскаваторов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8–1. С. 37–41.
13. Агагена А., Михайлов А. В., Елисеев А. С. Влияние погодно-климатических, горно-геологических и организационно-технических факторов на ресурс карьерного экскаватора // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2022. № 17–2. С. 294–298.
14. Chaulya S.K. [et al.] Vision Enhancement System for Foggy Weather in Opencast Mines. In: Sinha, A., Sarkar, B.C., Mandal, P.K. (eds) Proceedings of the 10th Asian Mining Congress 2023. AMC 2023. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. 2023. DOI:10.1007/978-3-031-46966-4_15.
15. Членов А. Н., Демехин Ф. В., Буцынская Т. А., Дровникова И. Г. Новые направления применения видеотехнологий в системах безопасности // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2009. № 3. С. 88–93.
16. Королев В. А., Эшмуродов З. О., Бобожанов М. К., Атакулов Л. Н. Проектирование видеосистем управления объектами горного производства // Journal of Advances in Engineering Technology. 2020. № 1. С. 90–94.
17. Molaei A., Kolu, A. Lahtinen K. [et al.] Automatic recognition of excavator working cycles using supervised learning and motion data obtained from inertial measurement units (IMUs) // Constr. Robot. 2014. № 8. 14. DOI: 10.1007/s41693-024-00130-0.
18. Cheng M. Y., Cao M. T., Nuralim C. K. Computer vision-based deep learning for supervising excavator operations and measuring real-time earthwork productivity // J Supercomput. 2023. № 79. Pp. 4468–4492. DOI: 10.1007/s11227-022-04803-x.
19. Грачев, А. И. Более 20 полезных опций – для вашего самосвала // Горная промышленность. 2023. № 3. С. 42–43.
20. Фокин О. А., Сытенков В. Н. Наглядно о промышленной безопасности: фотофакты // Рациональное освоение недр. 2011. № 5. С. 44–45.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Алышев Иван Юрьевич, инженер отдела инженерно технических систем безопасности, ПАО «Южный Кузбасс», (652877, Россия, Кемеровская область–Кузбасс, г. Междуреченск, ул. Юности, 6), e-mail: alyshev.ivan@mail.ru
Ерофеева Наталья Валерьевна, доцент, Кузбасский государственный технический университет им. Т Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, доцент, e-mail: env.stm@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:
Алышев Иван Юрьевич – постановка исследовательской задачи, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.
Ерофеева Наталья Валерьевна – обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

ALL-ROUND VIEW AND PRODUCTION CONTROL SYSTEMS FOR EXCAVATORS IN OPEN-PIT MINING

Ivan Yu. Alyshev[1], Natalya V. Erofeeva[2,*]

[1] «Yuzhnyy Kuzbass» PAO
[2] T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: env.stm@kuzstu.ru

Article info
Received:
04 March 2025

Accepted for publication:
15 November 2025

Accepted:
02 December 2025

Published:
22 December 2025

Keywords: *post-mining, mineral extraction, revitalization, recycling, mining regions.*

Abstract.
The article analyzes international post-mining experience, focusing on successful cases from the European Union, North America, and Australia, in connection with an assessment of legislation on mining clusters' revitalization. The article presents the main post-mining 6.0 technologies being implemented in various countries. The authors identify the stages of post-mining development in the 20th century, reflecting the evolution of its paradigm and the development of technologies for the comprehensive restoration of natural and social-and-economic ecosystems in mining clusters. Differences in the generations of post-mining technologies in various countries are also substantiated. The article presents the components of the post-mining 6.0 system, including its definition, the digital basis for revitalization data management, a decision-making support system using artificial intelligence and machine learning, measures for closing the material flows of mining territories, bioeconomics and agricultural technology, green energy, and socio-technical integration. Legislation in various countries is analyzed, national characteristics of the evolution of post-mining technologies are highlighted, and recommendations for its development in Russia are provided.

For citation: Alyshev I.Yu, Erofeeva N.V. All-round view and production control systems for excavators in open-pit mining. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 6(172):127-133. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-127-133, EDN: AJJKIY

REFERENCES

1. Ly`tkin A. IP-videonablyudenie. Naglyadnoe posobie. Izdatel`stvo «Avtorskaya kniga», 2011. 200 s.
2. Garyaev A. Integraciya iskusstvennogo intellekta i tehnologii videonablyudeniya dlya monitoringa stroitel`noj tehniki. *Informacionny`e resursy` Rossii.* 2023; 3(192):34–47.
3. Skudarnov D.E., Portola V.A. Postroenie mnogofunkcional`noj sistemy bezopasnosti dlya obespecheniya bezopasnyh uslovij transportirovki gornoj

massy kar`ernymi avtosamosvalami. *Bezopasnost` truda v promy`shlennosti.* 2019; 4:58–62.

4. Innovations at bauma. AT Heavy Duty world. 2019; 12:8–13.

5. Bugebrin Sh., Solov`ev I.V., Mixajlov A.V. Analiz riskov pri pozicionirovanii ekskavatora na kar`ere nerudnyh materialov. *Transportnoe, gornoe i stroitel`noe mashinostroenie: nauka i proizvodstvo.* 2023; 20:183–189.

6. Leshhinskij A.V., Shevkun E.B., Vershinina A.R., Belozerov I.N. Vy`bor puti povysheniya proizvoditel`nosti kar`ernogo ekskavatora. *Markshejderiya i nedropol`zovanie.* 2021; 1(111):40–45.

7. Kulichev V.M. Realizaciya gosudarstvennoj politiki v oblasti promy`shlennoj bezopasnosti. *Zapiski Gornogo instituta.* 2005; 164:28–32.

8. Klebanov A.F., Ulitin V.V., Sizemov D.N., Kadochnikov M.V. Sovremenny`e sistemy` predotvrashheniya stolknovenij gornoj tehniki i naezdov na personal pri vedenii otkrytyh gornyh rabot. *Gornaya promyshlennost`.* 2020; 5:24–29.

9. Babayan R.G. Promy`shlennoe videonablyudenie. *Mezhdunarodny`j nauchny`j zhurnal «Vestnik nauki».* 2019; 6(15)(1):35–37.

10. Zhang S., Zhang L. Construction site safety monitoring and excavator activity analysis system. *Constr. Robot.* 2022; 6:151–161. DOI: 10.1007/S41693-022-00077-0.

11. Borisova E.S. Analiz rynka videonablyudeniya na zheleznodorozhnom promyshlennom transporte. *Alleya nauki.* 2017; 1(10):98–102.

12. Dosajkin V.M., Fenster D.B., Porozov D.I. [et al.] Vy`bor i obosnovanie metodov diagnostirovaniya odnokovshovyh kar`ernyh ekskavatorov. *Aktual`ny`e problemy` gumanitarnyh i estestvennyh nauk.* 2015; 8–1:37–41.

13. Agagena A., Mixajlov A.V., Eliseev A.S. Vliyanie pogodno-klimaticheskih, gorno-geologicheskih i organizacionno-texnicheskih faktorov na resurs kar`ernogo e`kskavatora. *Transportnoe, gornoe i stroitel`noe mashinostroenie: nauka i proizvodstvo.* 2022; 17–2:294–298.

14. Chaulya S.K. [et al.] Vision Enhancement System for Foggy Weather in Opencast Mines. In: Sinha, A., Sarkar, B.C., Mandal, P.K. (eds) *Proceedings of the 10th Asian Mining Congress 2023.* AMC 2023. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. 2003. DOI: 10.1007/978-3-031-46966-4_15.

15. Chlenov A.N., Demexin F.V., Bucynskaya T.A., Drovnikova I.G. Novy`e napravleniya primeneniya videotehnologij v sistemah bezopasnosti. *Vestnik Moskovskogo e`nergeticheskogo instituta. Vestnik ME`I.* 2009; 3:88–93.

16. Korolev V.A., E`shmurodov Z.O., Bobozhanov M.K., Atakulov L.N. Proektirovanie videosistem upravleniya ob`ektami gornogo proizvodstva. *Journal of Advances in Engineering Technology.* 2020; 1:90–94.

17. Molaei A., Kolu A., Lahtinen K. [et al.] Automatic recognition of excavator working cycles using supervised learning and motion data obtained from inertial measurement units (IMUs). Constr. Robot. 2024; 8: 14. DOI: 10.1007/s41693-024-00130-0.

18. Cheng M.Y., Cao M.T., Nuralim C.K. Computer vision-based deep learning for supervising excavator operations and measuring real-time earthwork productivity. *J Supercomput.* 2023; 79:4468–4492. DOI: 10.1007/s11227-022-04803-x.

19. Grachev A.I. Bolee 20 poleznyh opcij – dlya vashego samosvala. *Gornaya promy`shlennost`.* 2023; 3:42–43.

20. Fokin O.A., Sy`tenkov V.N. Naglyadno o promyshlennoj bezopasnosti: fotofakty. *Racional`noe osvoenie nedr.* 2011; 5: 44–45.

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:
Ivan Yu. Alyshev, Engineer of the Department of Engineering and Technical Security Systems, «Yuzhnyy Kuzbass» PAO, (652877, Russian Federation, Mezhdurechensk, Str. Yunosti 6), alyshev.ivan@mail.ru
Natalya V. Erofeeva, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russian Federation, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), Candidate of Technical Sciences, env.stm@kuzstu.ru

Contribution of the authors:
Ivan Yu. Alyshev – research problem statement; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research, data collection, data analysis, reviewing the relevant literature, drawing the conclusions, writing the text.
Natalya V. Erofeeva – reviewing the relevant literature; conceptualisation of research, data collection, data anal-ysis, reviewing the relevant literature, drawing the conclusions, writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.