

АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проведен анализ факторов, влияющих на условия и безопасность труда работников в отрасли транспортного машиностроения. Дано описание результатов исследования по воздействию вредных веществ, шума и вибрации. Представлена эффективная система минимизации воздействия вредных и опасных факторов на предприятиях машиностроения, что дает возможность осуществлять контроль за условиями труда и увеличить эффективность работы предприятия.

Ключевые слова: опасные и вредные факторы, транспортное машиностроительное производство, литейный цех, пыль, шум, вибрация

EDN: ESCMAN



Е.И. Головина



Д.А. Соколов

Технологический процесс транспортного машиностроения на различных этапах оснащен современным производственным оборудованием, автоматизированными комплексами. Однако высокий уровень автоматизации и механизации в машиностроительном производстве приводит к значительной нагрузке на работников и сопровождается воздействием вредных факторов среды [1]. Производственное оборудование, необходимое для обработки изделий, таких как литье, можно отнести к категории опасных. При этом стоит отметить, что на участках литейного производства повышенные уровни звука и содержания пыли могут быть распространенными вредными факторами на рабочих местах.

В процессе литья технологический цикл производства сопровождается выделением высоких концентраций пыли, вредных газов, негативным воздействием шума и вибрации. Вредные последствия приводят

к снижению работоспособности и появлению профессиональных заболеваний. По данным статистики число случаев профзаболеваний уменьшается, но влияние остается существенным, а производственный шум — один из общераспространенных вредных факторов (рис. 1) [2].

В связи с этим, важным аспектом исследования выступила оценка состояния безопасных условий труда с учетом воздействия факторов вредности. Для процесса литья характерен неблагоприятный кумулятивный эффект комплексного фактора, где воздействие каждого отдельного фактора — пыли, шума, вибрации, температуры — резко увеличивается.

Анализ запыленности воздуха и влияния виброакустического фактора могут послужить основой для предложений по созданию условий труда, сопровождающиеся максимальной производительностью и безопасностью труда.

Головина Елена Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности Воронежского государственного технического университета (ВГТУ). Область научных интересов: безопасность труда. Автор 79 научных работ, в том числе трех учебных пособий. Имеет два патента РФ.

Соколов Дмитрий Алексеевич, магистрант кафедры техносферной и пожарной безопасности Воронежского государственного технического университета (ВГТУ). Область научных интересов: безопасность труда, акустика. Автор 22 научных работ. Имеет один патент РФ.

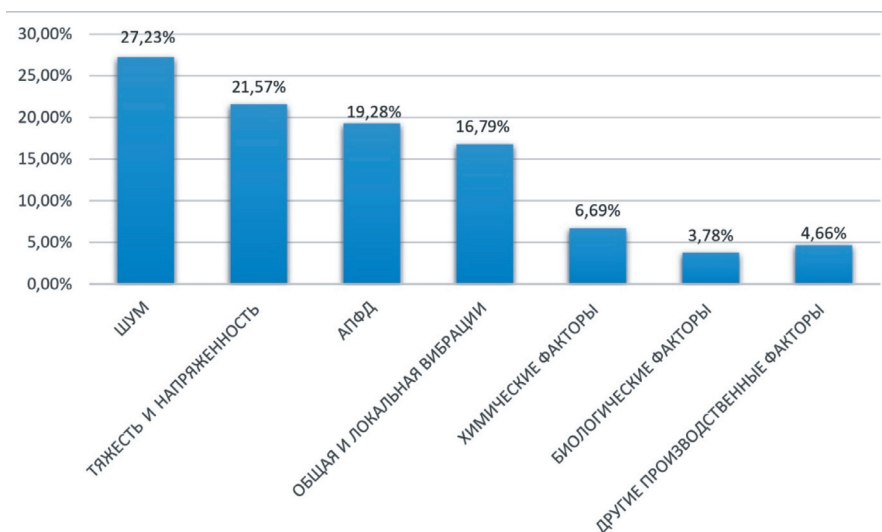


Рис. 1. Опасные и вредные производственные факторы

Цель исследования — анализ опасных и вредных факторов производства для обеспечения безопасных условий труда работников машиностроительного производства.

Теория вопроса

Отнесение условий труда к классу условий труда представлено соотношением фактических уровней концентраций вредных факторов с нормативными значениями. В литейном производстве эффективным методом очистки деталей является дробеструйная обработка. Дробеструйные аппараты работают с помощью такого абразивного материала, как металлическая дробь, что позволяет эффективно удалять дефекты с поверхности заготовки. Принцип работы основан на подачи дроби на очищаемую поверхность при использовании сжатого воздуха под давлением, (рис. 2). После дробеструйной обработки образуется пыль, представляющая по своему содержанию многоэлементный состав, поэтому проблема изучения пыли является актуальной. Существующая система пылеулавливания представлена сухим спаренным циклоном. При этом имеет место превышение предельно-допустимых концентраций (ПДК) пыли.

Результаты исследований

В рамках анализа санитарно-гигиенических характеристик рабочих мест на первом этапе исследования был проведен комплексный анализ содержания пыли. Оценка дисперсного состава состояла в определении долевого соотношения частиц определенного размера. Для определения был применен метод гранулометрического анализа, принцип которого основан на раз-

ной скорости оседания частиц под действием гравитационного поля или центробежных сил. При этом размер влияет на характер и скорость перемещения частиц. Гранулометрический анализ имеет важное гигиеническое и техническое значение. Определение размера частиц и дисперсности представляет важное значение для оценки запыленности воздуха, влияния на здоровье работников и выбора средств защиты от пыли. Анализ гранулометрического состава решает две задачи: измерение размера частиц и долевого распределение частиц по крупности. Оценка пробы при помощи лазерного анализатора Fritsch NanoTec

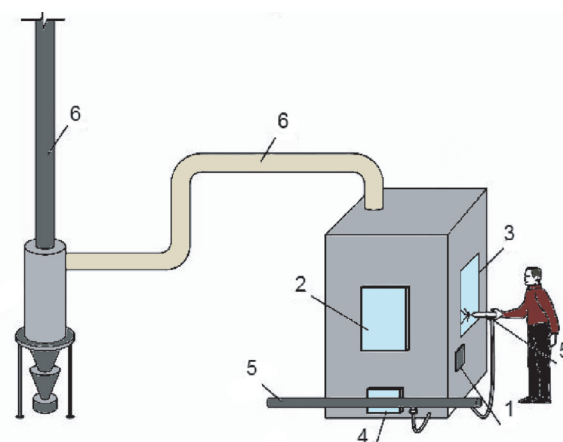


Рис. 2. Дробеструйная установка: 1 – пульт; 2 – загрузочный сектор; 3 – окно подачи дроби; 4 – узел для удаления дроби; 5 – система сжатого воздуха; 6 – аэрационный канал с циклоном

Analissette-22 проводилась с помощью метода лазерной дифракции в Центре коллективного пользования имени профессора Ю.М. Борисова ВГТУ. Результат анализа пробы пыли по дисперсности представлен на рис. 3 [3].

С целью подтверждения теоретических данных экспериментом была произведена нормировка исследований. Анализ обработки исходного статистического материала показал, что частицы размером 100 мкм

и менее составляют 90 %, более 100 мкм – 10 % (рис. 4, 5) [4].

Результаты показывают, что максимальная плотность распределения соответствует пыли средне- и мелкодисперсной. Экстремум находится в зоне 50 мкм.

На втором этапе исследований был определен элементный состав, который проводился при помощи рентгеноспектрального микроанализа. Рентгеноспектральный микроанализ отличается

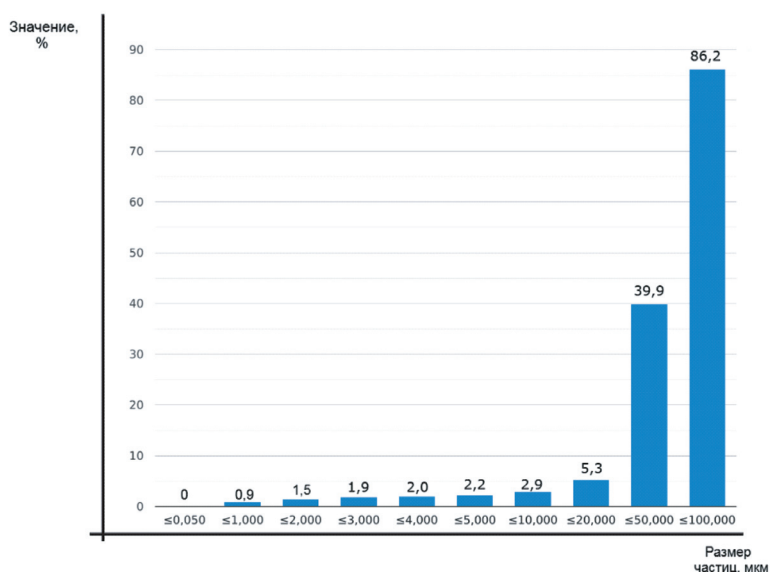


Рис. 3. Процентное содержание частиц, определенное методом дисперсного анализа в диаграмме

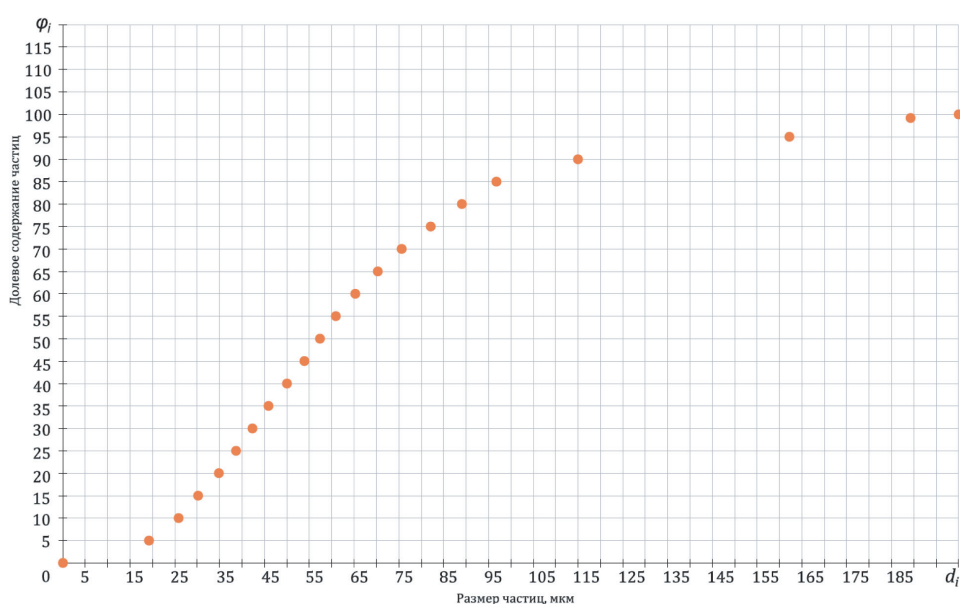


Рис. 4. Графическое представление данных эксперимента по долевному содержанию частиц

высокой достоверностью и позволяет оценивать количество фаз в смеси и более точное процентное соотношение элементов в образце. Рентгеноспектральный анализ указал на наличие фаз железа (Fe), кремния (Si) и алюминия (Al). Фаза железа (Fe) преобладает (рис. 6).

Следующим этапом исследования выступил анализ уровня воздействия акустического фактора. В процессе работы дробеструйной камеры создается аэродинамический шум и, как правило, в процессе обработки возникают высокочастотные звуковые колебания. Причиной повышенного уровня шума

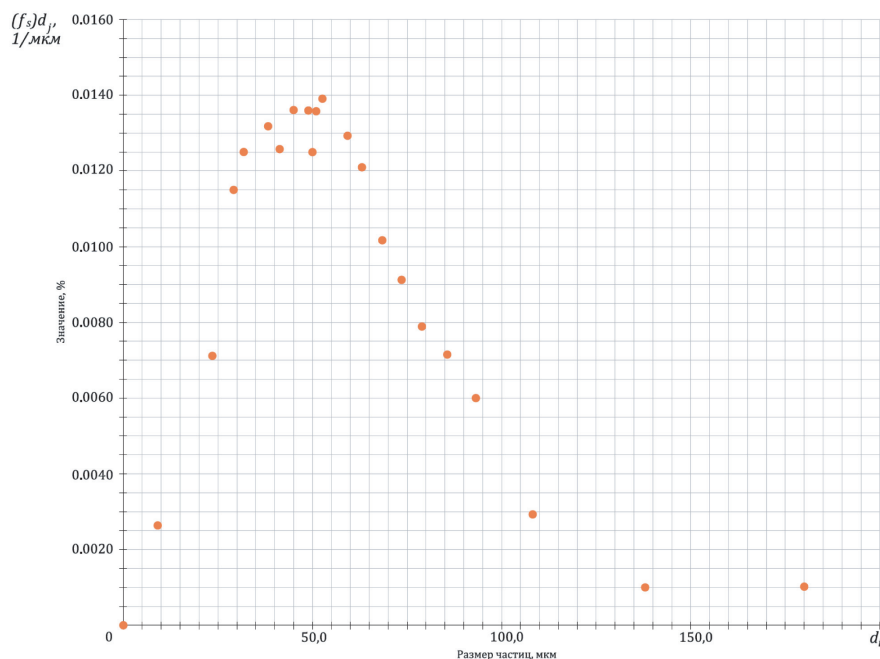


Рис. 5. Графическое представление данных эксперимента по плотности распределения частиц

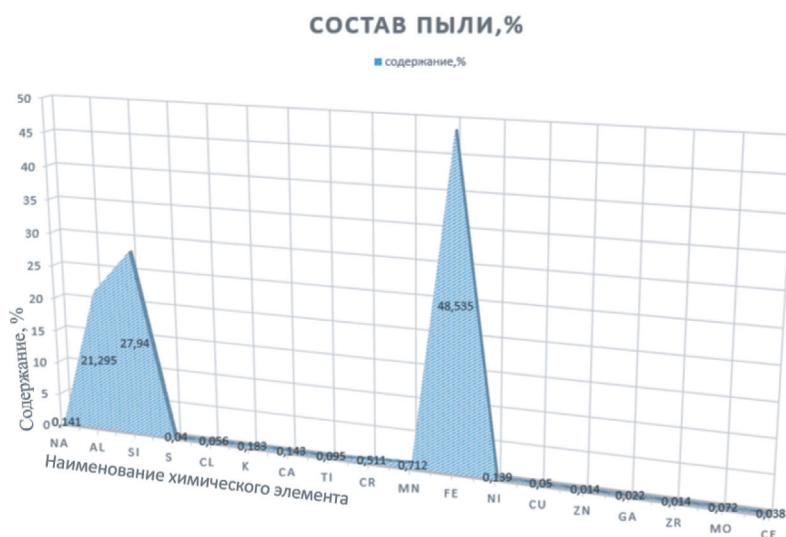


Рис. 6. Данные рентгеноспектрального анализа образца

является — технология дробеструйной зачистки, при этом появляется шум аэродинамического происхождения и вибрация корпуса установки, резкое изменение давления при выбросе дроби из сопел, что создает импульсный шум, характерный для пневматических систем. Стоит учесть ударные нагрузки от соударения дроби с обрабатываемой поверхностью и стенками камеры, которые вызывают вибрацию элементов камеры, вращающиеся элементы при долгой работе или же износе могут генерировать низкочастотные вибрации.

Уровень шума при дробеструйной очистке деталей может превосходить нормативные значения на 4–18 дБ. Рабочие места операторов дробеструйных установок максимально подвержены негативному воздействию шума в связи с непосредственной близостью работника к источнику возникновения шума.

Для снижения шума используют следующие методы: аналитические методы по формированию расчета превышения уровней звукового давления по основным частотам; создание математической модели распространения звуковых волн; оптимизация выбора методики шумозащитных средств в зависимости от особенностей исследуемой области. Анализ основных частот на рабочих местах литейного производства показал превышение норм звукового давления по основным видам деятельности литейного производства. В частности, весовое превышение нормативов можно зафиксировать возле обрубочно-очистного оборудования (16–27 дБ), у формовочных встряхивающих машин (12–23 дБ), у выбивных решеток (около 17–26 дБ).

Для повышения качества санитарно-гигиенических условий труда на рабочих местах в транспортном машиностроении используют комплексы шумозащиты [5]. Одним из актуальных методов минимизации виброшумового воздействия является улучшение шумоизоляции и шумопоглощения дробеструйной камеры. Важным моментом работы является подробный обзор вариантов установки материала, который может минимизировать вредное виброакустическое воздействие на оператора.

Общая картина условий труда операторов транспортного машиностроения обладает часто синергетическим эффектом по вредности и требует комплексного решения (рис. 7). На показатели температуры, влажности, уровня шума и вибраций, количества пыли оказывают значимое влияние режим работы, вид оборудования, исходный материал [6].

В этой связи верный выбор комплекса инженерных систем защиты от вредных факторов является основой создания безопасных условий труда [7].

В результате исследований, предложены методы обеспечения безопасных и безвредных условий труда на литейном производстве. Авторы предлагают использовать комплексные меры защиты, которые включают в себя системы доочистки пыли до нормализации уровня содержания вредных примесей и использование шумопоглощающих и вибродемпфирующих материалов. В рамках комплекса также предложено техническое решение, направленное на снижение содержания пыли в воздухе рабочей зоны. Включение в систему пылеулавливания устройства для минимизации содержания мелкой и среднели-

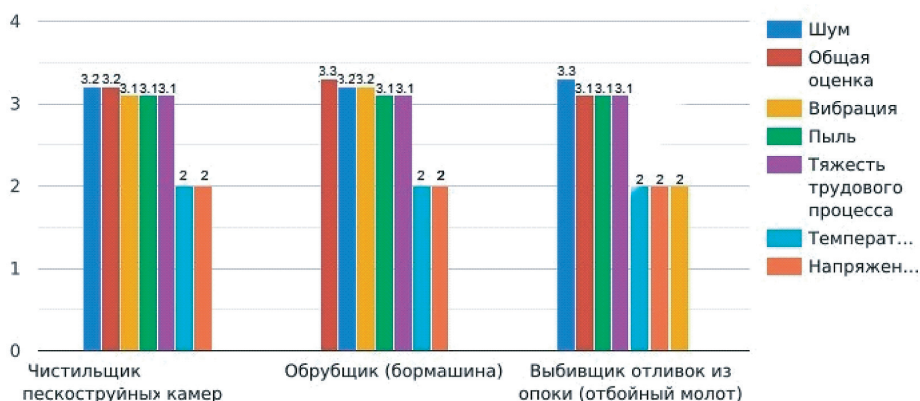


Рис. 7. Оценка условий труда на рабочих местах машиностроительного производства

сперсной фракций за счет перфорированных элементов, использование воды в комплексе очистки, которая поступает через форсунки.

Вторым мероприятием, в условиях превышения уровней звукового давления является улучшение дробеструйной камеры [8]. Снижение шума от источника возможно достичь путем создания на поверхности камеры двухслойного покрытия. Первый слой представлен вибродемпфирующим материалом (резина толщиной 10 мм), второй слой выполняет функцию звукопоглощения и состоит из супертонких базальтовых волокон, толщина слоя – 30 мм. При комбинированном действии такая структура способна значительно снизить шум и вибрацию.

Для улучшения работы предлагаемой методики авторы рекомендуют использовать систему плит из компаундов (плотной резины). Такие плиты закрывают наиболее «шумные» участки оборудования,

помогая снизить негативное воздействие факторов шума и вибрации на работников. Такие плиты могут быть съемными (рис. 8).

Основным критерием выступила простота в установке и экономическая эффективность. Использование для вибро- и шумозащиты пластин из компаундов является достаточно оптимальным средством для погашения значительной части негативного воздействия, направленных на безопасность производства и здоровье человека [10].

В результате всех указанных мероприятий ожидаемое снижения уровня шума за счет поглощения и гашения вибрации – вплоть до 8–10 дБ, что не удовлетворяет нормативным уровням в полной мере, но значительно улучшают качество и условия труда. Комплекс мероприятий поможет значительно сократить концентрацию пыли и нормализовать уровни шума и вибрации на основных рабочих местах литейного производства. 

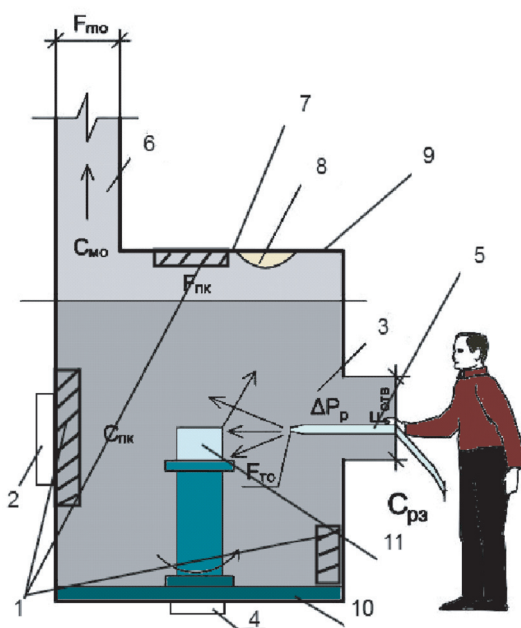


Рис. 8. Разрез дробеструйной камеры с мероприятиями защиты: 1 – демпферы на корпусе камеры; 2 – загрузочный сектор; 3 – окно подачи; 4 – узел для удаления дробы; 5 – система сжатого воздуха; 6 – аэрационный канал с циклоном; 7 – материал для вибродемпфирования; 8 – материал для звукопоглощения; 9 – конструкционный материал; 10 – подбалластный мат; 11 – заготовка [9]; $C_{ра}$ – концентрация в рабочей зоне; $C_{пк}$ – концентрация в пылевой камере; $C_{мо}$ – концентрация в местном отсосе; $F_{пк}$ – площадь пылевой камеры; ΔP_p – перепад давления при управлении

Литература

1. Анализ условий труда работника на предприятиях транспортного машиностроения / М. В. Алексеев, И. А. Смычок, А. Н. Чукарин, Т. А. Финоченко. - Текст : непосредственный // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2024. - № 3 (68). - С. 6-12. - EDN INEJAY.
2. Абдульманова, К. И. Обеспечение безопасных условий труда на рабочих местах операторов кузнечнопрессового оборудования / К. И. Абдульманова, Т. А. Финоченко. - Текст : непосредственный // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2022. - № 1(58). - С. 4-7. - EDN TSRHBZ.
3. Головина, Е. И. Оценка рентгенофазового анализа пыли от дробеструйных установок литейного производства / Е. И. Головина, И. А. Иванова, С. А. Ивков. - Текст : электронный // Интернет-журнал Науковедение. - 2017. - Т. 9, № 2 (39). - С. 62. - URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/42TVN217.pdf> (дата обращения: 21.03.2025).
4. Мурзинов, В. Л. Построение эмпирической зависимости гранулометрического состава пыли литейного производства / В. Л. Мурзинов, В. Я. Манохин, Е. И. Головина. - Текст : электронный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 130. - С. 155-172. - URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_29817342_48369424.pdf/ (дата обращения: 21.03.2025).
5. Обоснование эффективности систем шумоподавления для круглопильных, прирезных и абразивно-отрезных станков / М. В. Бедондзе, И. А. Смычок, А. Н. Чукарин, Т. А. Финоченко. - Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 4. - С. 60-65. - DOI 10.24412/2071-6168-2024-4-60-61. - EDN HKOVTA.
6. Головина, Е. И. Улучшение условий труда за счет снижения запыленности от дробеструйного участка литейного производства: специальность 05.26.01 «Охрана труда (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Головина Елена Ивановна, 2020. - 111 с. - EDN TSHTYP. - Текст : непосредственный.
7. Разработка комплексной системы управления охраной труда на машиностроительных предприятиях в условиях заготовительного производства / В. В. Новиков, А. Е. Литвинов, А. Н. Чукарин, С. Ю. Ксандопуло. - Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2023. - № 11. - С. 476-481. - DOI 10.24412/2071-6168-2023-11-476-477. - EDN SPDWIC.
8. Назаретов, А. А. Анализ акустических характеристик при шлифовании рельсов средствами малой механизации и снижение шума систем приводов рельсошлифовальных станков / А. А. Назаретов, И. А. Яицков, А. Н. Чукарин. - Текст : непосредственный // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2020. - № 1 (77). - С. 34-40. - EDN PEKQSY.
9. Анализ и оценка безопасности при эксплуатации дробеструйного аппарата в литейном производстве / В. Я. Манохин, Л. Ф. Дроздова, Е. И. Головина, Д. А. Соколов. - Текст : непосредственный // Безопасность техногенных и природных систем. - 2022. - № 2. - С. 36-42. - DOI 10.23947/2541-9129-2022-2-36-42. - EDN ZNHOHS.
10. Головина, Е. И. Обеспечение безопасности труда при эксплуатации железнодорожного транспорта путем модернизации систем вибродемпфирующих накладок и рельсовых пластин / Е. И. Головина, Д. А. Соколов. - Текст : непосредственный // Безопасность техногенных и природных систем. - 2023. - № 1. - С. 39-46. - DOI 10.23947/2541-9129-2023-1-39-46. - EDN PFIHLC.