

УДК 331.452

Перспективные технологии визуализации опасностей

Ю. Н. Канонин, О. И. Тихомиров, Н. И. Иост

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Канонин Ю. Н., Тихомиров О. И., Иост Н. И. Перспективные технологии визуализации опасностей // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 2. — С. 385–395. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-385-395

Аннотация

Цель: Выявить наиболее перспективные технологии визуализации потенциальных опасностей для предупреждения о них работников на производстве, включая железнодорожный транспорт, а также любых лиц в повседневной жизнедеятельности. **Методы:** Поиск и сравнительный анализ информации о новых технологиях визуализации опасностей в различных областях жизнедеятельности на предмет определения возможности и целесообразности их более широкого внедрения. **Результаты:** Произведены обзор и оценка существующих методов и систем предупреждения человека об опасности, включая появившиеся в последние годы технологии, такие как маркерные фонари безопасности (BlueSpot и RedSpot, Red Line и Blue Line), ГОБО-проекторы, Slide-mapping технология, Fogscreen, или аэрозольный (туманный) экран, виртуальная, или цифровая, стена. **Практическая значимость:** Произведенная оценка преимуществ и недостатков тех или иных технологий визуализации опасностей позволит более обоснованно выбирать наиболее перспективные системы для конкретной сферы деятельности и будет способствовать их внедрению на практике.

Ключевые слова: Визуализация опасностей и рисков, визуальные сигналы опасности, технологии визуализации опасностей, маркерные фонари безопасности, ГОБО-проекторы, Slide-mapping технология, Fogscreen, или аэрозольный (туманный) экран, виртуальная (цифровая) стена, световая демаркация.

Хорошо всем известно выражение «Предупрежден — значит вооружен». И действительно, очень часто информация о возможном воздействии опасного или вредного производственного фактора спасала человеку жизнь или сохраняла его здоровье. И сегодня, несмотря на внедрение новой, более безопасной техники и совершенных технологий, предупреждение о возможной опасности так же актуально, как и раньше. Тем более, что для этого появляются новые возможности.

С 1 марта 2022 года оценка рисков заставляет работодателя оценивать опасности, возникающие на рабочих местах, вероятность их проявления и тяжесть возможных последствий. Помимо непосредственного использования средств коллектив-

ной и индивидуальной защиты, человек должен быть своевременно информирован об угрозе, чтобы вовремя успеть предпринять необходимые действия для защиты от опасного фактора или минимизации такого воздействия.

Традиционные способы информирования об опасностях

Информацию о возможном появлении опасности человек может получать через различные органы чувств. Например, обоняние позволяет почувствовать наличие в воздухе вредных веществ. Поэтому, например, для обнаружения взрывопожароопасных и токсичных газов, не имеющих выраженного запаха, применяют одо-

ризацию (от лат. *odor* — запах), то есть придание такому газу характерного запаха, легко определяемого с помощью органа обоняния.

Часто задействуют слуховой анализатор. Звуковые сигналы привлекают внимание человека к возникшей или высоковероятной потенциальной опасности. Такие сигналы широко применяются в строительстве, на транспорте, в системе гражданской обороны, для оповещения о нештатных ситуациях работников. Кроме этого, звук помогает идентифицировать опасность по направлению, мощности, скорости приближения. Неслучайно в ЕС и в США требуется установка имитатора шума с уровнем звука не менее 55 дБА для электромобилей, которые практически бесшумны на малых скоростях движения.

Для получения информации об опасности может использоваться тактильный (осязательный) анализатор человека, обеспечивающий ощущения прикосновения, давления, вибрации и щекотки. Чтобы информировать людей о приближении к опасной зоне, иногда используются тактильные покрытия с ощутимым изменением фактуры поверхностного слоя. Тактильные предупреждения обеспечиваются специфическим рельефом поверхности в виде либо выпуклых линий, либо точек. Их используют на железнодорожных платформах, на тротуарах, пешеходных переходах и лестницах для предупреждения людей об опасности, что, в частности, помогает ориентироваться в пространстве людям с нарушениями зрения. Широкое распространение получила дорожная разметка в виде полос, вызывающих легкую вибрацию автомобиля и шум. Они служат для привлечения внимания водителей и информирования об опасности перед перекрестками, пешеходными переходами и другими местами, где нужно снизить скорость.

Но основным каналом поступления информации об опасности, конечно, является зрение. Неслучайно считается, что порядка 90 % всей

информации об окружающем мире человек получает посредством зрения.

Визуальные сигналы опасности

Согласно ГОСТ Р 57611—2017 (ИСО 11428:1996) [1] визуальный сигнал опасности (*visual danger signal*) — это «сигнал, указывающий на угрозу или фактическое возникновение опасной ситуации, приводящей к риску получения травмы или повреждения оборудования, и требующий принятия мер для устранения опасности, контроля ситуации или других незамедлительных действий. Существует два типа визуальных сигналов опасности: визуальный предупреждающий сигнал и визуальный аварийный сигнал».

Уже много лет на производстве применяются знаки безопасности, цвета сигнальные и сигнальная разметка (ГОСТ 12.4.026—2015) [2], опознавательная окраска трубопроводов и предупреждающих колец (ГОСТ 14202—69) [3], информационные светодиодные табло, маркировка опасных грузов (ГОСТ Р 57479—2017) [4], знаки по непроизводственному травматизму на железной дороге (распоряжение ОАО «РЖД» № 1263 от 4 июня 2013 г. «Об утверждении Руководства по применению единой навигационной системы для вокзалов и остановочных пунктов холдинга РЖД») [5], дорожная система световой индикации в соответствии с ОДМ 218.6.019—2016 «Рекомендации по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ» [6], пример которой представлен на рис. 1.

Для визуализации опасностей может применяться фотолюминесцентная обработка поверхностей, обозначающая пути эвакуации, аварийных выходов, мест размещения средств спасения, а также имеющихся опасностей (оборудования, перепадов высот, колонн, выступающих конструкций и многого другого) при отсутствии освещения или в условиях сильного задымления (ГОСТ 12.2.143—2009 [7], ГОСТ 34428—



Рис. 1. Пример применения дорожной системы световой индикации на автомобиле

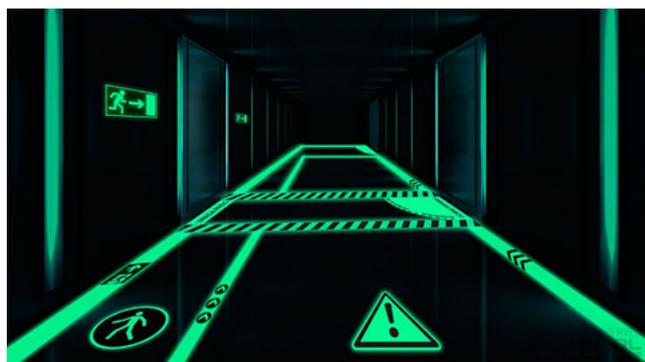


Рис. 2. Примеры фотолуминесцентной эвакуационной системы

2018 [8]). Фотолуминесцентные эвакуационные системы применяются и на объектах транспортной инфраструктуры (железнодорожные тоннели, тоннели метро, станционные сооружения), а также на транспорте, в том числе железнодорожном [9]. При аварийном отключении на объекте искусственного освещения (рабочего и аварийного) в темное время суток или в помещениях, где нет естественного освещения, фотолуминесцентные эвакуационные системы в течение 10 минут очень ярко светятся, предоставляя необходимую информацию для работников по выходу в безопасные места. Этого времени вполне хватает для эвакуации людей из помещений. Долгое и яркое свечение обеспечивается применением фотолуминесцентных материалов, накапливаю-

щих световую энергию с последующей ее отдачей в темноте (рис. 2).

Существенным фактором снижения риска травмирования железнодорожников, сотрудников ДПС, врачей скорой помощи являются световозвращающие элементы на одежде. Это позволяет водителям транспортных средств на большом расстоянии заметить человека и предпринять действия по недопущению наезда. Такие же элементы на одежде, световозвращающие брелоки, браслеты и другие элементы (ГОСТ 32074—2013 [10]) позволяют снизить риск травмирования детей на дорогах.

В качестве нового способа визуализации опасностей можно считать организацию наблюдения за работающими в опасных зонах. Согласно ста-



Рис. 3. Маркерные фонари на вилочном погрузчике

ть 214.2 Трудового кодекса РФ [11], работодатель имеет право использовать технические средства для фиксации опасных ситуаций с целью предотвращения травмирования на рабочих местах. Особенностью такого решения является то, что информация об опасности получает не работник, а сотрудник предприятия, отвечающий за мониторинг безопасности. Машинное зрение, оперативное наблюдение, применение систем видеофиксации позволяют выявить нарушения работником требований безопасности, принять экстренные меры по нормализации ситуации, а также в дальнейшем использовать снятый видеоматериал в процессе обучения. Внедрение машинного зрения, систем с искусственным интеллектом и автоматических систем управления оборудованием может существенно снизить уровень производственного травматизма на предприятии.

Перспективные технологии визуализации опасностей

1. *Маркерные фонари безопасности BlueSpot, RedSpot, Red Line, Blue Line* (синяя и красная точки, синяя и красные линии, синяя стрелка)

Такие устройства все чаще стали устанавливать на погрузчиках для повышения безопасности. Эти визуальные предупредительные сигналы формиру-

ются с помощью ярких энергосберегающих диодных ламп, которые устанавливаются на крышу кабины погрузчика. Сфокусированный пучок синего или красного света проецируется на пол перед приближающимся погрузчиком, что служит предупреждением для всех работников в дополнение к основному звуковому сигналу (рис. 3).

2. *ГОВО-проекторы* (светодиодное оборудование, которое проецирует статичное изображение на любую поверхность)

Они могут использоваться для выделения опасных зон. Гобо-проекция — это световое изображение, получаемое при прохождении света через трафарет. Термин является аббревиатурой от GOes Before Optics (устанавливается перед оптикой). Трафареты делают из металлических пластин. Гобо-проекторы, в частности, используют для проецирования дорожной разметки «зебра» на пешеходных переходах, которая видна, даже если дорога засыпана снегом [12] (рис. 4).

3. *Slide-mapping*

Эта технология схожа с описанной выше, но намного более «продвинутая». Она была запатентована в России. Изображения нанесены на специальное стекло (слайд), выдерживающее высокие температуры. Картинки от нескольких таких проекторов соединяются в одно большое изобра-



Рис. 4. Гобо-проекция для обеспечения безопасности

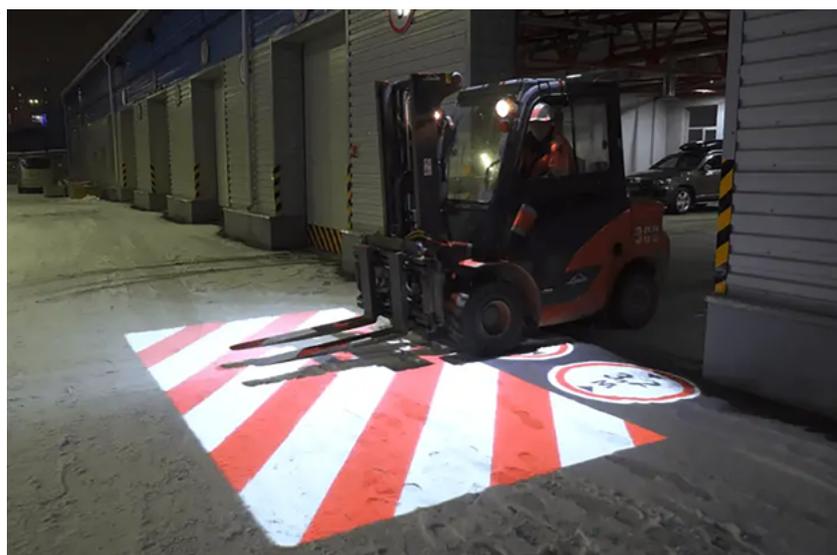


Рис. 5. Пример использования технологии Slide-mapping для обеспечения безопасности при работе вилочного погрузчика

жение. При помощи технологии слайд-мэппинга можно организовать визуализацию опасных зон. Световая демаркация (обозначение границ специальными знаками) хорошо заметна в сумеречное и темное время суток. В нашем случае это осуществляется при помощи технологии слайд-мэппинга. Направленному световому пучку безразлично, закрыта ли поверхность, на которое проецируется изображение снегом, листьями, мусором, или нет. Такая световая демаркация не вызывает ослепление [12] (рис. 5).

Технология Slide-mapping может применяться в помещениях и на улице для разметки, определяющей движения людей и транспорта, знаков безопасности, обозначения границ

опасных зон, как статично, так и в движении, например при перемещении опасной зоны при транспортировке груза краном. К плюсам данной технологии можно отнести следующие возможности:

- проецирование на любые поверхности;
- применение при малой освещенности или полном ее отсутствии;
- отображение на объектах, имеющих высокие температуры или находящихся под напряжением;
- создание четкого изображения на поверхностях, постоянно или периодически загрязняемых, покрываемых осадками в виде снега и льда;
- применение на истираемых внутризаводским транспортом поверхностях;

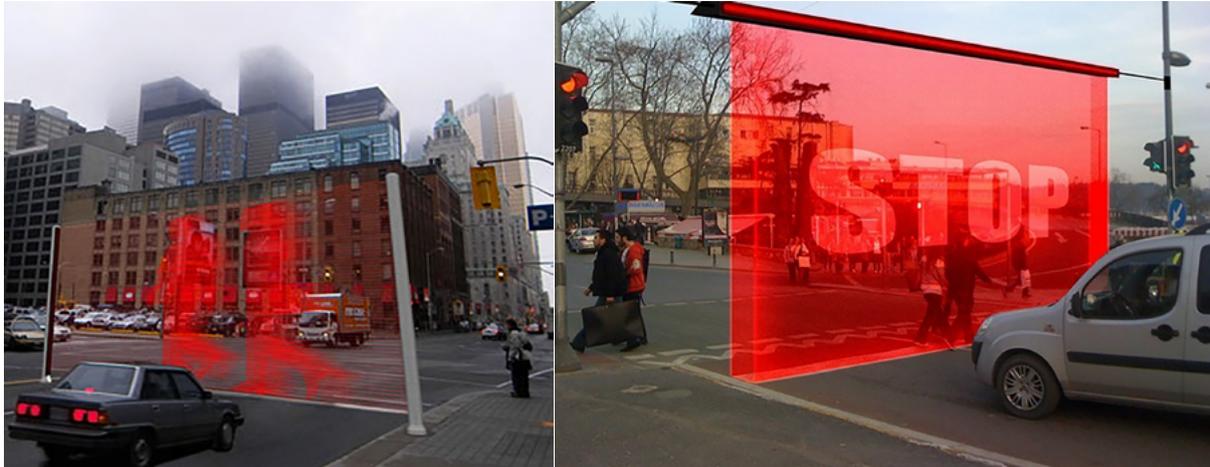


Рис. 6. Виртуальная или цифровая стена, транслирующая голографическое изображение на пешеходном переходе

– быстрая и нетрудоемкая замена проецируемого изображения в зависимости от конкретной ситуации.

Кроме этого, технология Slide-mapping может активировать изображение в нужное время в нужном месте, обозначая опасную зону при перемещении транспорта или груза, а также при пуске оборудования, имеющего движущиеся (подвижные части), являющиеся возможным причинителем травмы.

По аналогии с приоритетом светофора над другими дорожными знаками можно говорить о приоритете сигналов, проецируемых ГОБО-проекторами и Slide-mapping устройствами над статично установленными знаками и сигнальной разметкой.

4. Fogscreen или аэрозольный (туманный) экран

Такой подход тоже имеет определенные перспективы для информирования работников об опасностях. Здесь также используется проектор, но в отличие от Slide-mapping технологии проецируемое изображение направляется на переднюю и заднюю поверхность аэрозольного экрана [13]. Это дает возможность наблюдать объемное и динамичное изображение, которое буквально висит в воздухе и через которое можно беспрепятственно пройти. Преимуществом данной технологии является независимость от имеющихся поверх-

ностей. Недостатки тоже очевидны: это возможность применения только при положительных температурах, так как экраном является специальным образом подготовленная и распыленная вода, создающая поверхность из холодного водяного пара. При повышенной скорости движения воздуха в помещении возможно искажение изображения.

5. Виртуальная или цифровая стена, транслирующая голографическое изображение

Голографическое изображение представляет собой фотографическую запись светового поля, а не изображения, сформированные линзой (рис. 6). Оно отображает полностью трехмерное изображение голографируемого объекта, которое можно увидеть без помощи специальных очков. Для этого применяется лазерный проектор, проецирующий изображение в зоне перед пешеходным переходом. Проекция представляет собой изображение человека, переходящего улицу, или надпись «Стоп» красного цвета. Они хорошо видны водителям, приближающимся к зоне пешеходного перехода, и заставляют их более ответственно относиться к соблюдению правил дорожного движения.

Такое устройство можно применять и на тех санкционированных переходах через железнодорожные пути, где зафиксировано большое коли-



Рис. 7. Светодиодная подсветка, синхронизированная со светофором на переходе через железнодорожные пути в створе улицы Туристской в Санкт-Петербурге

чество жертв. При приближении поезда перед человеком, задумавшимся, спешащим, слушающим в наушниках музыку с опущенным на глаза капюшоном, встает голографическое изображение «пролетающего» состава, которое не может остаться незамеченным. Такой способ предупреждения людей может стать эффективным и эффективным способом спасения человеческих жизней. Установка, например, даже менее эффективной светодиодной полосы (рис. 7) на пешеходном переходе железнодорожных путей в Санкт-Петербурге в створе улицы Туристской (там только в 2017 году погибло 7 человек) привела к полному прекращению случаев наезда подвижного состава на людей в последующие годы [14].

Таким образом, в настоящее время можно говорить о расширении спектра инструментов, которые позволяют визуализировать имеющиеся на различных объектах опасности. Их выбор зависит от целей, уровня риска, технических характеристик технологии и финансовых возможностей организации.

Перспективные технологии визуализации опасностей во многих случаях могут дать более детализированную информацию об источнике опасности и способах защиты от нее. Тем не менее необходимо рассмотреть, выполняются

ли требования к оптическим сигналам опасности, приведенным в ГОСТ 51340—99 [15]. Кроме того, необходимо учитывать, имеются ли специальные требования к поверхности проецирования. Очень существенным фактором для выбора технологии визуализации опасности является ее стоимость.

Оценим перспективные технологии визуализации опасностей с учетом экономической целесообразности рассматриваемых устройств. Для наглядности сведем оцениваемые параметры в таблицу.

Заключение

Результаты выполненного анализа могут помочь производителям и всем заинтересованным лицам в выборе наиболее перспективных для их условий и видов деятельности технологий визуализации потенциальных опасностей для предупреждения о них работников или других лиц.

Проблемной стороной рассматриваемых устройств можно считать отсутствие полной гарантии выполнения условия о хотя бы пятикратном соотношении яркости сигнала и фона. В результате может не обеспечиваться четкая видимость при некоторых условиях эксплуата-

Оценка новых технологий визуализации на соответствие требованиям к световым сигналам опасности по ГОСТ 51340

Оцениваемый параметр визуального сигнала	Маркерные фонари безопасности	ГОБО-проекторы	Slide-mapping	Аэрозольный (туманный) экран	Виртуальная или цифровая стена
Четкая видимость при всех возможных условиях освещенности	Хор.	Удовл.	Удовл.	Удовл.	Удовл.
Хорошая различимость от основных световых и других оптических сигналов	Отл.	Отл.	Отл.	Хор.	Отл.
Однозначное понимание	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.
Подача до наступления опасного события	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.
Сигнал четкий и отличается от всех остальных используемых сигналов	Отл.	Отл.	Отл.	Хор.	Отл.
Сигнал легко узнаваем	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.
Яркость сигнала в случае аварии превышает яркость фона не менее чем в 10 раз, предупреждающего сигнала — не менее чем в 5 раз	Хор.	Удовл.	Удовл.	Удовл.	Удовл.
Возможность расположения в поле зрения работника	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.
Невозможность ослепляющего действия на работника	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.	Отл.
Независимость качества распознавания от помех со стороны окружающей среды, в том числе метеофакторов	Отл.	Отл.	Отл.	Удовл.	Отл.
Отсутствие специальных требований к поверхности проецирования	Отл.	Отл.	Отл.	Хор.	Отл.
Доступная цена	Отл.	Отл.	Отл.	Удовл.	Неудовл.

ции, в частности при большой освещенности. Для аэрозольного (туманного) экрана ограничением в применении являются отрицательные температуры, а также высокие скорости движения воздуха. Существенным сдерживающим для широкого применения фактором является высокая стоимость аэрозольного (туманного) экрана, а также виртуальной или цифровой стены.

Но, несмотря на все указанные недостатки, каждая из рассмотренных технологий сможет найти свою нишу в системах обеспечения безопасности.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 57611—2017 (ИСО 11428:1996). Национальный стандарт Российской Федерации. Эргономика. Сигналы опасности визуальные. Общие

требования, проектирование и испытания. ОКС 13.180 13.320. Дата введения 2018-12-01.

2. ГОСТ 12.4.026—2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. Дата введения 2016-06-10.

3. ГОСТ 14202—69. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Оповещающая окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. Дата введения 1971-01-01.

4. ГОСТ Р 57479—2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Грузы опасные. Маркировка. Дата введения 2019-11-01.

5. ОАО «Российские железные дороги». Распоряжение от 4 июня 2013 г. № 1263р «Об утверждении руководства

по применению единой навигационной системы для вокзалов и остановочных пунктов холдинга «РЖД»».

6. ОДМ 218.6.019—2016. Отраслевой дорожный методический документ рекомендации по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ.

7. ГОСТ Р 12.2.143—2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда Системы фотолуминесцентные эвакуационные Требования и методы контроля. Дата введения 2010-07-01.

8. ГОСТ 34428—2018. Межгосударственный стандарт. Системы эвакуационные фотолуминесцентные. Общие технические условия. Дата введения 2022-05-01.

9. Харитonenko A. Л. Совершенствование нормативно-правовых требований к путям эвакуации / А. Л. Харитonenko, А. Б. Завьялов // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. — СПб.: ПГУПС, 2022. — С. 174–178.

10. ГОСТ 32074—2013. Световозвращающие элементы детской и подростковой одежды. Общие технические условия. Дата введения 2015-07-01.

11. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 25 февраля 2022 г.) (с изм. и доп., вступ. в силу с 1 марта 2022 г.). — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_34683/ (дата обращения: 24.04.2022).

12. Световая визуализация и демаркация для промышленной безопасности предприятий // DMS. Demercation slide mapping. — URL: <https://dsmttech.ru/> (дата обращения: 23.04.2023).

13. FOG screen — Туманный экран // Ansilum. — URL: <https://ansilum.ru/storegefest/solutions/tumannye-ekrany/fog-screen-tumannyyu-ekran> (дата обращения: 12.05.2023).

14. Канонин Ю. Н. Предупреждение непроизводственного травматизма в зоне железной дороги / Ю. Н. Канонин, О. И. Тихомиров, О. Н. Аниськова // Безопасность жизнедеятельности. — 2022. — № 2(254). — С. 14–18.

15. ГОСТ Р 51340—99. Государственный стандарт Российской Федерации. Безопасность машин. Основные характеристики оптических и звуковых сигналов опасности. Технические требования и методы испытаний. Дата введения 2000-07-01.

Дата поступления: 16.04.2023

Решение о публикации: 02.05.2023

Контактная информация:

КАНОНИН Юрий Николаевич — канд. техн. наук, доц.; yu.n.kanonin@yandex.ru

ТИХОМИРОВ Олег Игоревич — канд. техн. наук, доц.; ot-ntb@mail.ru

ИОСТ Наталья Ивановна — студент; pretty.iost@mail.ru

Prospective Technologies of Hazard Visualization

Yu. N. Kanonin, O. I. Tikhomirov, N. I. Iost

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Kanonin Yu. N., Tikhomirov O. I., Iost N. I. Prospective Technologies of Hazard Visualization // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 2, pp. 385–395. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-385-395

Summary

Purpose: To identify the most prospective technologies for visualizing potential hazards to warn workers in production, including railway transport, as well as any person in everyday life. **Methods:** Search and comparative analysis of information about new technologies for visualizing hazards in various areas of life to determine the possibility and expediency of their wider implementation. **Results:** A review and evaluation of existing methods and systems for alerting individuals to hazards, including technologies that have emerged in

recent years, such as safety marker lights (BlueSpot and RedSpot, Red Line and Blue Line), GOBO projectors, Slide-mapping technology, Fogscreen, or aerosol screens, virtual or digital walls. **Practical significance:** The conducted assessment of the advantages and disadvantages of certain hazard visualization technologies will allow for a more reasonable choice of the most advanced systems for a particular field of activity and will contribute to their implementation in practice.

Keywords: Hazard and risk visualization, visual hazard signals, hazard visualization technologies, safety marker lights, GOBO projectors, Slide-mapping technology, Fogscreen or aerosol (fog) screen, virtual (digital) wall, light demarcation.

References

1. *GOST R 57611—2017 (ISO 11428:1996). Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Ergonomika. Signaly opasnosti vizual'nye. Obshchie trebovaniya, proektirovanie i ispytaniya. OKS 13.180 13.320. Data vvedeniya 2018-12-01* [GOST R 57611—2017 (ISO 11428:1996). National standard of the Russian Federation. Ergonomics. Visual danger signals. General requirements, design and testing. OKS 13.180 13.320. Introduction date 2018-12-01]. (In Russian)
2. *GOST 12.4.026—2015. Mezhdgosudarstvennyy standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Tsveta signal'nye, znaki bezopasnosti i razmetka signal'naya. Naznachenie i pravila primeneniya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i kharakteristiki. Metody ispytaniy. Data vvedeniya 2016-06-10* [GOST 12.4.026—2015. Interstate standard. System of labor safety standards. Signal colors, safety signs and signal markings. Purpose and rules of application. General technical requirements and characteristics. Test methods. Introduction date 2016-06-10]. (In Russian)
3. *GOST 14202—69. Mezhdgosudarstvennyy standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Opoznavatel'naya okraska, preduprezhdayushchie znaki i markirovochnye shchitki. Data vvedeniya 1971-01-01* [GOST 14202—69. Interstate standard. System of labor safety standards. Identification painting, warning signs and labels. Introduction date 1971-01-01]. (In Russian)
4. *GOST R 57479—2017. Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Gruzy opasnye. Markirovka. Data vvedeniya 2019-11-01* [GOST R 57479—2017. National standard of the Russian Federation. Loads are dangerous. Marking. Introduction date 2019-11-01]. (In Russian)
5. *ОАО “Rossiyskie zheleznye dorogi”. Rasporyazhenie ot 4 iyunya 2013 g. № 1263r “Ob utverzhdenii rukovodstva po primeneniyu edinoy navigatsionnoy sistemy dlya vokzalov i ostanovochnykh punktov kholdinga “RZhD”* [SC “Russian Railways”. Decree № 1263r dated June 4, 2013 “On approval of the guidelines for the use of a unified navigation system for stations and stopping points of the Russian Railways holding”]. (In Russian)
6. *ODM 218.6.019—2016. Otrasleyevoy dorozhnyy metodicheskiy dokument rekomendatsii po organizatsii dvizheniya i ograzhdeniyu mest proizvodstva dorozhnykh rabot* [ODM 218.6.019—2016. Sectoral road methodological document recommendations on the organization of traffic and fencing of places where road works are carried out]. (In Russian)
7. *GOST R 12.2.143—2009. Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Sistema standartov bezopasnosti truda. Sistemy fotolyuminescentnyye evakuatsionnye Trebovaniya i metody kontrolya. Data vvedeniya 2010-07-01* [GOST R 12.2.143—2009. National standard of the Russian Federation. Occupational safety standards system Photoluminescent evacuation systems Requirements and methods of control. Date of introduction 2010-07-01]. (In Russian)
8. *GOST 34428—2018. Mezhdgosudarstvennyy standart. Sistemy evakuatsionnye fotolyuminescentnyye. Obshchie tekhnicheskie usloviya. Data vvedeniya 2022-05-01* [GOST 34428-2018. Interstate standard. Photoluminescent evacuation systems. General specifications. Introduction date 2022-05-01]. (In Russian)
9. Kharitonenko A. L., Zav'yalov A. B. *Sovershenstvovanie normativno-pravovykh trebovaniy k putyam evakuatsii.*

Tekhnosfernaya i ekologicheskaya bezopasnost' na transporte: materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiya [Improving the legal requirements for evacuation routes. Technospheric and environmental safety in transport: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2022, pp. 174–178. (In Russian)

10. *GOST 32074—2013. Svetovozvrashchayushchie elementy detskoy i podrostkovoy odezhdy. Obshchie tekhnicheskie usloviya. Data vvedeniya 2015-07-01* [GOST 32074—2013. Reflective elements of children's and teenage clothing. General specifications. Date of introduction 2015-07-01]. (In Russian)

11. *Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2001 g. № 197-FZ (red. ot 25 fevralya 2022 g.) (s izm. i dop., vstup. v silu s 1 marta 2022 g.)* [Russian Federation. Laws. Labor Code of the Russian Federation of December 30, 2001 No. 197-FZ (as amended on February 25, 2022) (as amended and supplemented, effective from March 1, 2022)]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_34683/ (accessed: April 24, 2023). (In Russian)

12. *Svetovaya vizualizatsiya i demarkatsiya dlya promyshlennoy bezopasnosti predpriyatiy* [Light visualization and demarcation for industrial safety of enterprises]. DMS. Demarcation slide mapping. Available at: <https://dsmtech.ru/> (accessed: April 24, 2023). (In Russian)

13. *FOG screen — Tumannyy ekran* [FOG screen — Fog screen]. Ansilum. Available at: <https://ansilum.ru/storegefest/solutions/tumannye-ekrany/fog-screen-tumannyy-ekran> (accessed: April 24, 2023). (In Russian)

14. Kanonin Yu. N., Tikhomirov O. I., Anis'kova O. N. *Preduprezhdenie neproizvodstvennogo travmatizma v zone zheleznoy dorogi* [Prevention of non-occupational injuries in the area of the railway]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2022, Iss. 2(254), pp. 14–18. (In Russian)

15. *GOST R 51340—99. Gosudarstvennyy standart Rossiyskoy Federatsii. Bezopasnost' mashin. Osnovnye kharakteristiki opticheskikh i zvukovykh signalov opasnosti. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. Data vvedeniya 2000-07-01* [GOST R 51340—99. State standard of the Russian Federation. Machine safety. The main characteristics of optical and sound danger signals. Technical requirements and test methods. Introduction date 2000-07-01]. (In Russian)

Received: April 16, 2023

Accepted: May 02, 2023

Author's information:

Yuriy N. KANONIN — PhD in Engineering, Associate Professor; yu.n.kanonin@yandex.ru

Oleg I. Tikhomirov — PhD in Engineering, Associate Professor; ot-ntb@mail.ru

Natalia I. IOST — Student; pretty.iost@mail.ru