

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ И ТРАВМАТИЗМА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Б. Тряпицын¹, И.М. Кирпичникова¹, В.Ф. Бухтояров¹, Г.А. Круглов²

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

² Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия

Представлен анализ аварийности и производственного травматизма в электроэнергетике РФ – одной из важнейших характеристик профессионального риска здоровью работающих. Показано, что за период с 2014 по 2017 гг. количество аварий в генерирующих и сетевых компаниях в целом по стране уменьшалась, однако количество аварий в течение года остается значительным: сотни для генерирующих и тысячи для сетевых компаний. Динамика производственного травматизма за период с 2012 по 2017 гг. также имеет тенденцию к снижению. К основным видам происшествий в генерирующих организациях относятся падения работника с высоты менее 0,5 м, к основным видам происшествий в сетевых компаниях относится поражение электрическим током и (или) электрической дугой. Выявлен возрастной состав и квалификация пострадавших работников: мужчины и женщины от 50 до 59 лет, имеющие стаж работы в занимаемой должности более 10 лет. Проведенный анализ указывает на необходимость качественно новых мероприятий организационного и технического характера, которые бы позволили более эффективно обеспечивать снижение аварийности и травматизма в электроэнергетике. Проведен анализ имеющихся на рынке AR-устройств. Выбрано AR-устройство для повышения безопасности в электроэнергетике РФ.

Ключевые слова: авария, травма, электропоражение, падение пострадавшего, генерирующая компания, сетевая компания, дополненная реальность.

Введение

Рост потребления электроэнергии в мире обеспечивается в основном за счет увеличения спроса развивающихся экономик. В период с начала 2000-х гг. стабильно растет потребление электричества в Китае и в других странах Азиатско-Тихоокеанского региона. Продолжается рост производства электрической энергии в Индии, где с 2011 г. вырабатывается электроэнергии больше, чем в России. В Японии потребление электроэнер-

гии, наоборот, снижается, так как аварии на АЭС «Фукусима-1» привели к тому, что значительное количество АЭС в Японии не вырабатывают электроэнергию. Следует отметить низкие темпы роста экономики Японии и введенный режим экономии электроэнергии. В целом в развитых странах объем выработки электроэнергии и ее потребления стабилен (рис. 1) [1].

К существенному увеличению выработки электроэнергии в развитых странах мира может

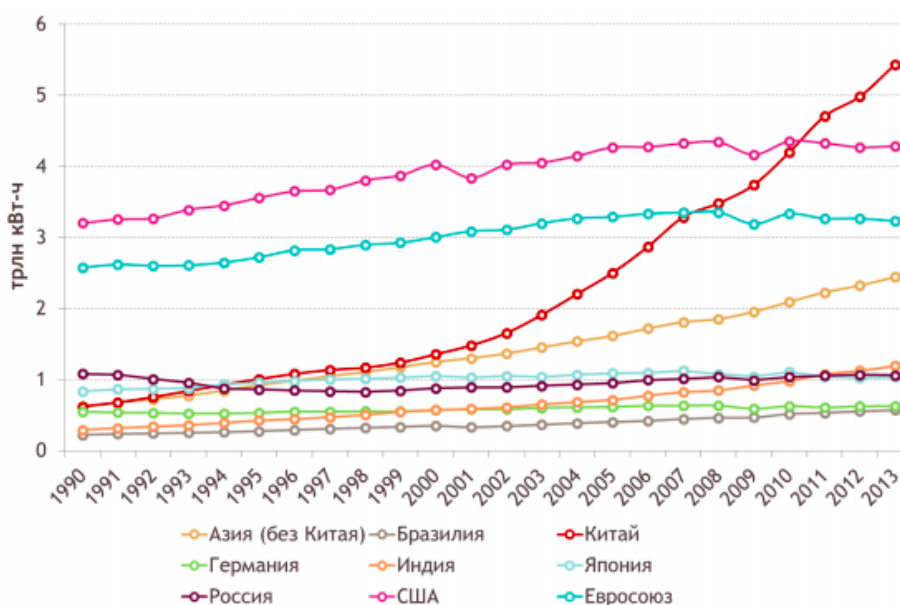


Рис. 1. Динамика потребления электроэнергии в странах мира

привести все более активное использование электромобилей. Количество Nissan, Tesla и других марок электромобилей, находящихся в эксплуатации по всему миру, составляет более 3 млн. Потребление электроэнергии одним электромобилем составляет 10–30 кВт·ч на 100 км пути. Тенденция на увеличение парка электромобилей в нашей стране не прослеживается: например в городе Челябинске, население которого составляет более 1 млн человек, зарегистрировано менее 10 электромобилей. Президент РФ считает бесперспективным использование электромобилей в ближайшем будущем [2], а введение социальной нормы энергопотребления для населения способно привести в перспективе к снижению электропотребления внутри РФ.

Фактическое потребление электроэнергии в Российской Федерации в 2017 г. составило, по информации ЕЭС России, 1 039,9 млрд кВт·ч, что выше факта 2013 г. менее чем на 2,7 %. По оперативным данным АО «СО ЕЭС», выработка электроэнергии в Единой энергосистеме России в 2017 г. составила 1073,6 млрд кВт·ч. [3]. Увеличение потребления электроэнергии связано с присоединением полуострова Крым.

Анализ аварийности в электроэнергетике РФ

Энергосистема Российской Федерации состоит из ЕЭС России (семь объединенных энергосистем (ОЭС) – ОЭС Центра, Средней Волги, Урала,

Северо-Запада, Юга и Сибири) и территориально изолированных энергосистем (Чукотский автономный округ, Камчатский край, Сахалинская и Магаданская области, Норильско-Таймырский и Николаевский энергорайоны, энергосистемы центральной и северной частей Республики Саха (Якутия)).

Данные по аварийности на электростанциях установленной мощностью 25 МВт и более и на объектах электросетевого хозяйства сетевых компаний и крупных потребителей электроэнергии номинальным классом напряжения 110 кВ и выше ЕЭС России подготовлены в соответствии с критериями, определенными Правилами расследования причин аварий в электроэнергетике, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 октября 2009 г. № 846, по авариям, в результате которых произошло:

- отключение генерирующего оборудования или снижение мощности электростанции на 50 МВт и более;
- отключение ЛЭП и оборудования напряжением 110 кВ и выше;
- неправильные действия противоаварийной автоматики;
- прекращение связи между объектом электроэнергетики и диспетчерским центром.

Следует отметить, что количество аварий на объектах электроэнергетики имеет тенденцию к уменьшению (рис. 2, 3). Однако количество аварий в большинстве акционерных обществ генерирую-

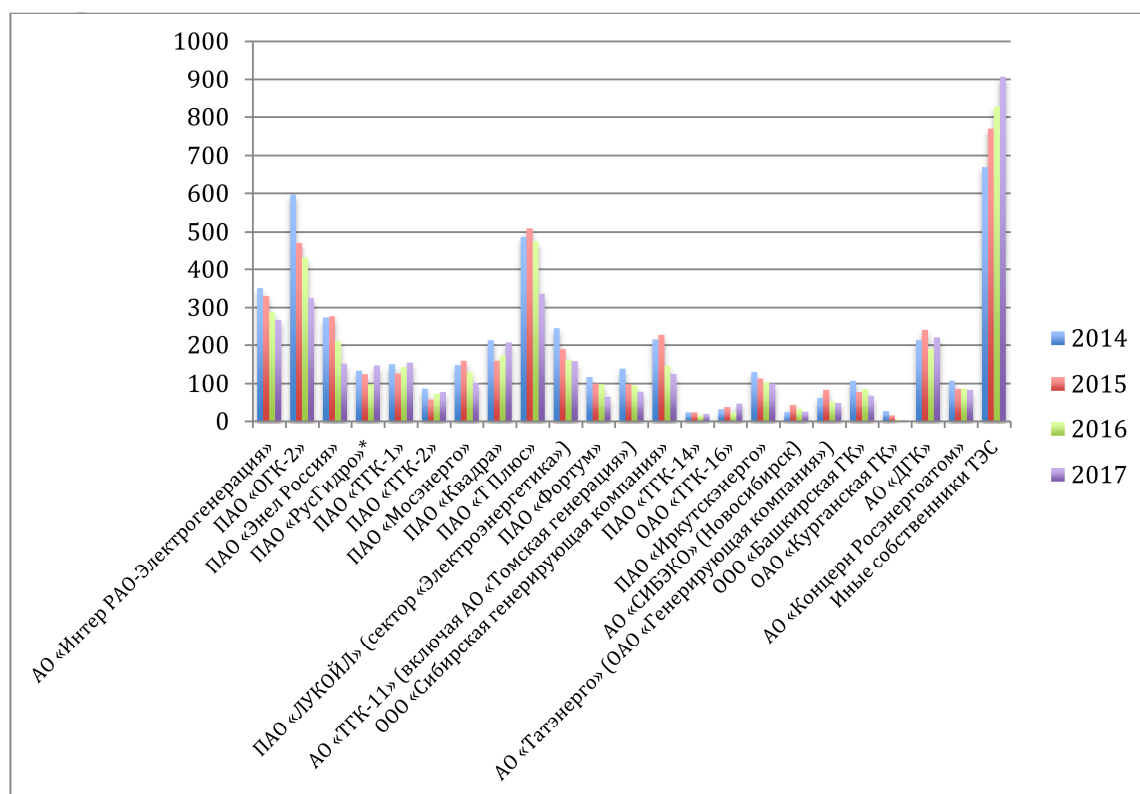


Рис. 2. Количество аварий на объектах генерирующих компаний ЕЭС РФ

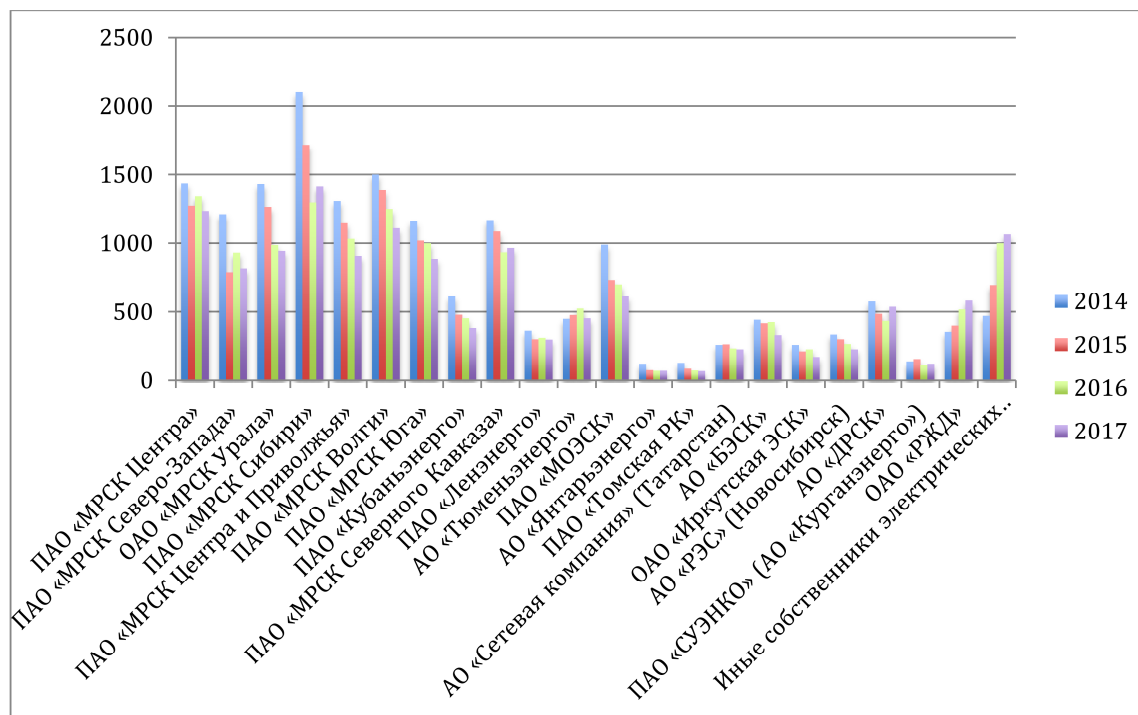


Рис. 3. Количество аварий на объектах электросетевого хозяйства 110 кВ и выше ЕЭС РФ

щих компаний исчисляется сотнями, а в акционерных обществах электросетевого хозяйства составляет тысячи. Статистические данные об авариях в электроэнергетике были взяты из [4–7]. Такое положение дел приводит к мысли о необходимости внедрения инновационных технических средств, позволяющих минимизировать ошибки персонала и тем самым существенно снизить количество возможных аварий. Уменьшить количество аварий можно за счет специальной подготовки работников предприятий электроэнергетики. Программа такой подготовки должна быть разработана для каждого конкретного акционерного общества с учетом повторяемости аварий из-за неправильных действий персонала.

Анализ травматизма в электроэнергетике РФ

Среди показателей травматизма, которые широко использовались еще в СССР, был показатель количества смертельных несчастных случаев на тонну добываемого угля. Если рассматривать электроэнергетику, то подобным показателем могло бы быть отношение количества несчастных случаев со смертельным исходом, связанных с производством и передачей электрической энергии на 1 ТВт потребляемой энергии. Данные о производственном травматизме были взяты из [8–12]. Последние 6 лет потребление электроэнергии в нашей стране почти не менялось, общее количество несчастных случаев при производстве и передаче электрической энергии изменялось существенно, но количество смертельных несчастных случа-

ев, большая часть которых происходит в электросетевых предприятиях и связана с воздействием электрического тока, почти не меняется (рис. 4). Таким образом, данный показатель может быть использован как индикатор, указывающий необходимость применения инновационных технических средств для обеспечения безопасности работников на качественно ином – более высоком уровне.

Наибольшее количество травм происходит в электрических сетях. Значительное их количество – 20 % и более происходит вследствие воздействия на пострадавшего электрического тока и (или) электрической дуги (рис. 5).

Рассмотрим основные виды производственного травматизма в генерирующих и электросетевых предприятиях (рис. 6). К основным видам происшествий относятся падения пострадавшего чаще всего с высоты менее 0,5 м, воздействие электрического тока и (или) электрической дуги, дорожно-транспортные происшествия. Для генерирующих компаний основным видом происшествий является падение с высоты. Для электросетевых предприятий основным видом происшествий является поражение электрическим током и (или) поражение электрической дугой.

Наибольшее количество пострадавших – мужчины и женщины в возрасте от 50 до 59 лет, имеющие стаж работы по профессии более 10 лет и являющиеся рабочими основных профессий предприятий электрических сетей (рис. 7, 8). Данная категория работников получила травмы при выполнении ремонтных работ или оперативного обслуживания. Все работники прошли вводный,

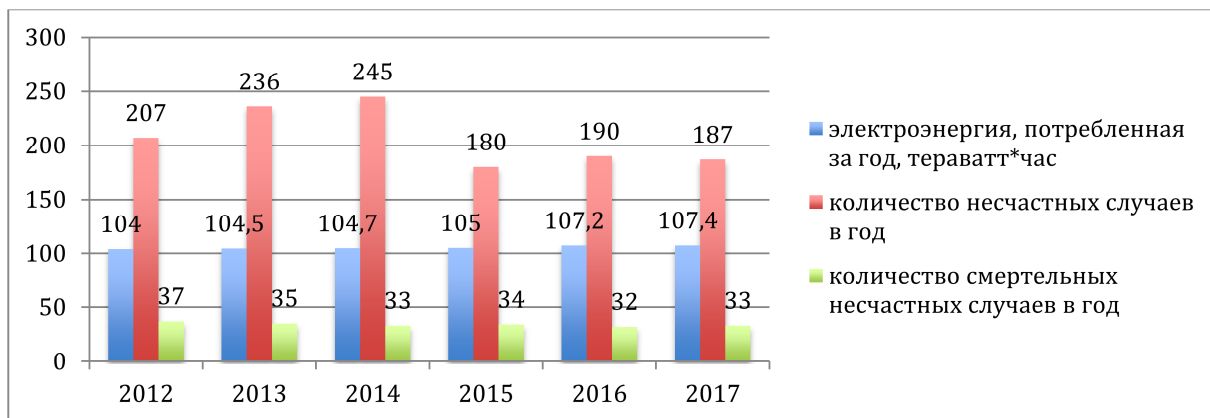


Рис. 4. Динамика потребления электроэнергии и травматизма в электроэнергетике РФ

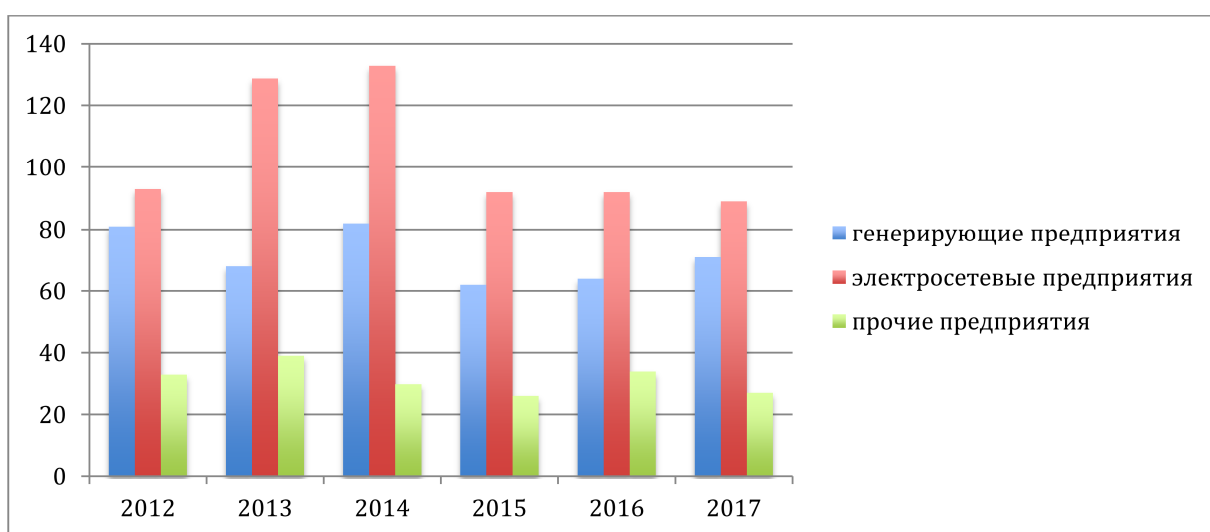


Рис. 5. Динамика травматизма в электроэнергетике РФ

повторный и целевой инструктажи, большинство пострадавших от электрического тока имели 3-ю или более высокую группу электробезопасности.

Рассмотрим подробнее первичную информацию о некоторых типовых несчастных случаях, которая использовалась нами для проведения анализа [12].

Групповой несчастный случай произошел с двумя работниками электросетевого предприятия через 2 часа после начала работы. Пострадавшие – мужчины 43 и 60 лет, более 15 лет проработавшие в должности электромонтера по ремонту воздушных линий. С пострадавшими проводились вводный, повторный и целевой инструктажи по охране труда. Обстоятельства несчастного случая приводятся ниже. 18.05.2017 по наряду-допуску на открытом распределительном устройстве (ОРУ) 110 кВ, яч. № 1 ВЛ-110 кВ, портал ЛР, проводился текущий ремонт ВЧ заградителей подвесной изоляции с применением автогидроподъемника, при этом пострадавшие находились в люльке подъемника. В процессе работ было допущено приближение люльки подъемника к токоведущим частям,

находящимся под напряжением 110 кВ со стороны второй системы шин. Произошел пробой на металлические части подъемника, при этом образовавшейся электродугой пострадавшие получили ожоги. Работы были остановлены. Пострадавшим была оказана первая помощь. Была вызвана бригада скорой помощи, и пострадавшие были отправлены в больницу. Диагноз 1-го пострадавшего – ожог вольтовой дугой левой кисти II-III ст. 2 %. Травма – легкая. Диагноз 2-го пострадавшего – ожог вольтовой дугой 2–3 ст. на площади 30 % (12 % глубоких) в области туловища, верхней левой конечности, ожоговый шок. Травма – тяжелая.

Причиной несчастного случая является неудовлетворительная организация производства работ со стороны главного инженера, мастера участка, нарушение правил охраны труда при эксплуатации электроустановок со стороны машиниста подъемника

Смертельный несчастный случай произошел с работником электросетевого предприятия через 2 часа после начала работы. Пострадавший – мужчина 48 лет, более 20 лет проработавший в должности

Электроэнергетика

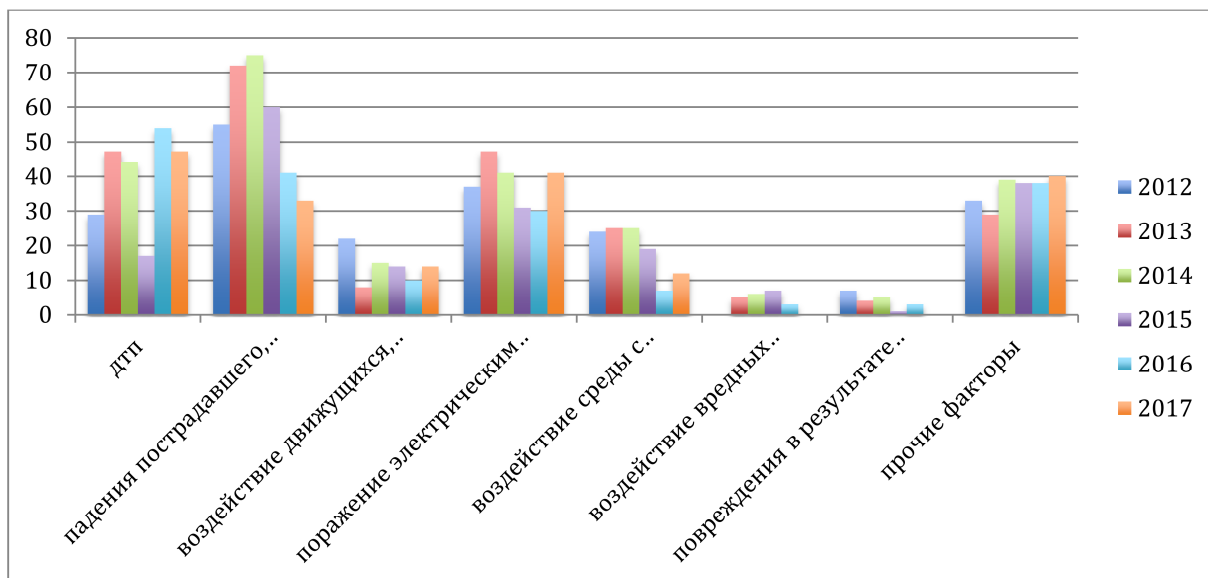


Рис. 6. Основные виды происшествий при несчастных случаях в электроэнергетике РФ

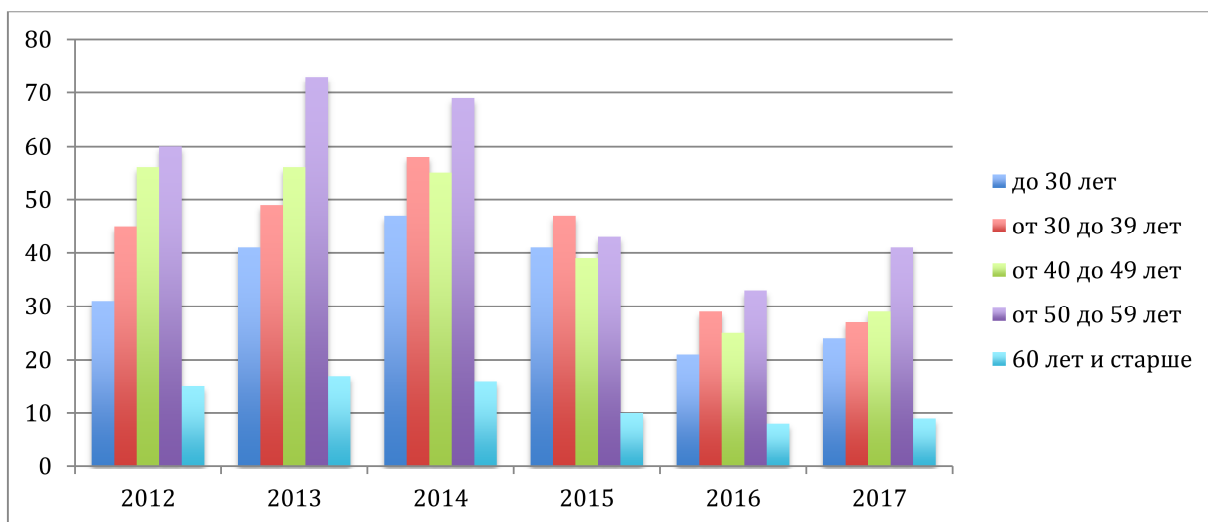


Рис. 7. Динамика травматизма по возрасту пострадавших в электроэнергетике РФ

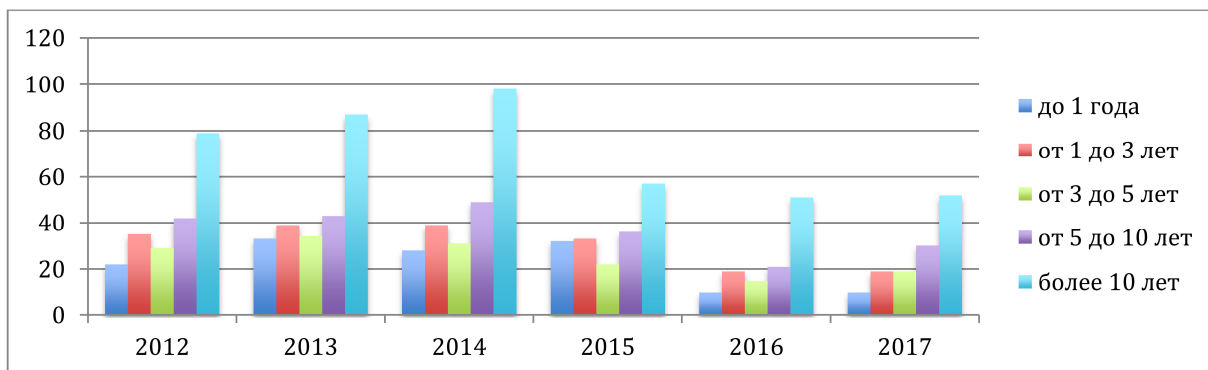


Рис. 8. Динамика травматизма в зависимости от стажа работы по профессии пострадавших в электроэнергетике РФ

электромонтера по ремонту воздушных линий. С пострадавшим проводились вводный, повторный и целевой инструктажи по охране труда, а также проверка знаний. Обстоятельства несчастного случая приводятся ниже. 22.03.2017 в 09:35 бригада службы подстанций в составе производителя работ, пострадавшего и члена бригады была допущена к работе в ячейку № 7 ЗРУ 10 кВ РП-14 для текущего ремонта трансформатора напряжения 10 кВ. После отключения ШР-10 кВ и установки переносного заземления под напряжением остались неподвижные контакты заземляющих ножей 1 секции шин 10 кВ, находящиеся в нижнем отсеке ячейки № 7. Допускающий при проведении целевого инструктажа бригаде обратил внимание на присутствие высокого напряжения в нижнем отсеке, продемонстрировал наличие напряжения указателем напряжения, затем закрыл дверку отсека на ключ, установил предупреждающий плакат. Перед протяжкой контактных соединений производитель работ дал задание пострадавшему на чистку изоляции. Когда пострадавший заканчивал чистку изоляции, производитель работ дал задание члену бригады сходить в бригадный автомобиль и принести гаечные ключи. Затем, увидев паутину на стене коридора ЗРУ-10, производитель работ решил провести очистку стены. Для этого было необходимо, чтобы член бригады взял веник в бригадном автомобиле. С целью дачи команды члену бригады производитель работ отошел от работающего пострадавшего к дверному проему. Далее он услышал сильный треск и крик пострадавшего. Обернувшись, производитель работ увидел, что дверка нижнего отсека ячейки № 7 открыта и в отсеке находится передняя часть туловища пострадавшего. При приближении левой руки пострадавшего к токоведущим частям, находящимся под напряжением, пострадавший был поражен электрическим током. На момент обнаружения пострадавший токоведущих частей не касался. Производитель работ вместе с членом бригады извлекли пострадавшего из нижнего отсека ячейки № 7 и приступили к проведению реанимационных мероприятий. В 10:25 прибывшая на место происшествия бригада скорой помощи констатировала смерть пострадавшего.

Причиной несчастного случая является неудовлетворительная организация производства работ, нарушение пострадавшим трудовой и производственной дисциплины.

Основными причинами несчастных случаев на производстве являются:

- личная неосторожность пострадавших;
- неудовлетворительная организация производства работ;
- неправильное применение средств индивидуальной защиты, спецодежды и спецобуви;
- нарушение пострадавшими требований и норм охраны труда;

– неудовлетворительный контроль за работающими со стороны назначенных ответственных лиц.

Следует отметить, что на протяжении десятков лет больше всего групповых, тяжелых и смертельных несчастных случаев происходило в электроустановках из-за недостаточного уровня организационных и эксплуатационных характеристик [13–14].

Указанные причины свидетельствуют о наличии серьезных недостатков в работе руководителей всех уровней управления ряда субъектов электроэнергетики, ответственных за исполнением работающими требований норм и правил охраны труда.

В качестве дополнительных мер по снижению потенциальных рисков производственного травматизма рекомендовать субъектам электроэнергетики:

– повысить качество инструктажей персонала в части применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты, а также качество обучения безопасным методам и навыкам выполнения работ;

– обеспечить надлежащее качество инструкций по охране труда и другой производственной документации;

– усилить контроль за организацией проведения работ со стороны руководителей всех уровней управления и надзор за работающими при выполнении работ;

– оптимизировать количество и виды работ, максимально уменьшив число работ, не являющихся для работников основными. При этом в случае острой необходимости проведения таких работ нужно обеспечить безопасность работников и непрерывный контроль со стороны назначенных ответственных лиц.

В качестве технических средств повышения безопасности может быть предложено использование устройств дополненной реальности. Такие устройства помогают работнику не совершать критические ошибки, которые приводят к аварии или несчастному случаю, в реальном времени подсказывают работнику, как поступить в том или ином случае, предупреждают работника о том, что он находится в опасной зоне, где велика вероятность электропоражения. Необходимость освоения технологии AR связана также с цифровой трансформацией производственных процессов, без чего невозможно поддержание промышленного способа производства на современном уровне, решение задач Industrie 4.0.

Выбор технического средства повышения безопасности персонала в электроэнергетической отрасли РФ

Для эффективного использования устройств дополненной реальности должна быть разработана система, состоящая из устройств дополненной ре-

альности и программного обеспечения, учитывая специфику работы сотрудников предприятия. Вопросы расположения устройства дополненной реальности с точки зрения улучшения тактильного взаимодействия изложены в [15]. Методы виртуальной и дополненной реальности для улучшения понимания ситуации для дистанционного обслуживания электроустановок, подробно изложены в [16], использование визуальных маркеров для улучшения навигации в устройствах дополненной реальности изложено в [17], взаимодействие с онлайн-документацией в процессе производства с использованием AR-устройств изложено в [18].

Первым этапом разработки системы может стать формулирование требований к устройству дополненной реальности, которые обеспечили бы максимальное удобство и безопасность эксплуатации устройства с учетом специфики проводимых работ, а также формулировка основных требований к программному обеспечению системы. Как показал проведенный нами анализ травматизма, значительное число несчастных случаев происходит с работниками в возрасте старше 50 лет и стажем работы более 10 лет, очень часто несчастные случаи связаны с воздействием электрической дуги, поэтому тело работника должно быть защищено специальным костюмом, а глаза – защитными очками. Требования к конструкции устройства дополненной реальности и программному обеспечению устройства необходимо формулировать с учетом этой, выявленной нами особенности. Устройство дополненной реальности должно обладать следующими свойствами:

- должно работать в течение рабочей смены без подзарядки, т. е. не менее 12 часов;
- должно быть противоударным и взрывозащищенным;
- должно прикрепляться под каску;
- не должно мешать использованию защитных очков;
- должно обеспечить работникам доступ к электронным документам, регламентирующим безопасность проведения работ;
- должно обеспечить связь с другими работниками для оперативного решения вопросов, связанных с обеспечением безопасности;
- должно обеспечить навигацию по производству – выделять опасные зоны производственного объекта в процессе эксплуатации оборудования, плановых и внеплановых ремонтов, устранения последствий аварий оборудования;
- интерфейс работы должен быть простым и понятным как для молодых работников, так и для работников старше 50 лет, среди которых случаев травмирования больше всего.

Все промышленные устройства AR в настоящее время делятся с технической точки зрения на три группы [19]:

- Monocular Augmented Reality Smart Glasses («монокли» дополненной реальности);

- Binocular Augmented Reality Smart Glasses (очки дополненной реальности);

- Binocular Head Hoop Augmented Reality Smart Glasses (шлемы дополненной реальности или AR HMD – Head Mounted Device).

Принципиальные различия между этими типами состоят в степени «погруженности» пользователя в AR. С нашей точки зрения, наиболее предпочтительным для персонала электроэнергетики является «монокль». В технической литературе и маркетинговых материалах также приводится «вспомогательная» классификация устройства AR («eyewear») по тому, как реализуется наложение AR-объектов на картинку окружающей реальности [20]:

- устройства с видеотрансляцией AR непосредственно на органы зрения пользователя (Video see-through devices);

- устройства оптического воспроизведения AR поверх реальной картинки (Optical see-through devices). На наш взгляд, такое устройство предпочтительнее для работников электроэнергетической отрасли РФ.

К концу 2017 г. сертифицированный рынок AR-устройств для промышленного применения состоял из следующих устройств, которые в этой нише занимали совместно более 90 % [20]:

- Vuzix M300 – «Монокль» дополненной реальности, Video see-through устройство (170 тыс. руб.);

- ODG R-7+ – «Очки» дополненной реальности, Optical see-through устройство (180 тыс. руб.);

- Epson Moverio BT-300 – «Очки» дополненной реальности, Optical see-through-устройство (120 тыс. руб.);

- Microsoft HoloLens – «Шлем» дополненной реальности, Optical see-through устройство (280 тыс. руб.).

К концу 2018 г. ситуация на этом рынке немного изменилась. Компания Intel закрыла перспективный проект очков дополненной реальности Intel Vaunt Smart Glass, а сама компания ушла с рынка устройств дополненной реальности. Представленное в середине 2018 г. устройство LIGHTWEAR компании Magic Leap не оправдало возложенных на него ожиданий, а следовательно, не оказало существенного влияния на рынок устройств дополненной реальности. На рынок вновь вернулся Google Glass (120 тыс. руб.), появилось на рынке новое устройство – монокль HMT-1 от компании RealWear (197 тыс. руб.), разработанное с учетом специфики работы топливно-энергетических компаний.

Следует отметить, что все рассматриваемые устройства имеют вычислительные мощности, которые при разработке соответствующего программного обеспечения позволят повысить безо-

пасность персонала в электроэнергетике. С точки зрения проведенного анализа, наиболее подходит для использования в электроэнергетике, несмотря на свою значительную стоимость, устройство дополненной реальности НМТ-1 (рис. 9), которое в полной мере удовлетворяет требованиям, изложенным нами выше. Требования к программному обеспечению, основные алгоритмы работы устройства, позволяющие повысить безопасность персонала, адаптированные к специфическим условиям эксплуатации электрических сетей в РФ, будут рассмотрены нами в последующих работах.



Рис. 9. Устройство дополненной реальности НМТ-1

Заключение

Травматизм на предприятии находится в непосредственной связи с уровнем организации труда, соблюдением норм и правил работы в электроустановках. Но, к сожалению, травматизм зависит еще и от личности рабочего, его психического и физического состояния, его реакции на чрезвычайные ситуации, склонность к небезопасным методам проведения работ.

Поэтому со стороны руководства намного правильнее не только предупреждать риски, но и внимательно относиться к составу персонала, учитывать специфику работ на стадии планирования, внедрять инновационные устройства, помогающие работнику в сложных для него ситуациях и обеспечивающие контроль за правильностью выполняемых им действий.

С точки зрения проведенного анализа, из серийно производимых AR-устройств наиболее подходит для этих целей устройство дополненной реальности НМТ-1. Следует отметить, что большинство AR-устройств могут при необходимости записывать происходящее, что позволит более детально и объективно оценить причины возникновения несчастного случая и выработать мероприятия, которые бы позволили избежать подобных ситуаций в дальнейшем.

Литература

1. Динамика потребления электроэнергии как индикатор экономической активности // Бюлле-

тень социально-экономического кризиса в России. – 2016. – № 10. – 19 с. – <http://ac.gov.ru/files/publication/a/7945.pdf> (дата обращения: 12.10.2018).

2. Путин: электромобили уступают в экологичности газомоторному транспорту. – <https://tass.ru/ekonomika/4616359> (дата обращения: 12.10.2018).

3. Потребление электроэнергии в ЕЭС России в 2017 году увеличилось на 1,3 % по сравнению с 2016 годом. – <https://minenergo.gov.ru/node/10277> (дата обращения: 15.10.2018).

4. Аварийность на объектах электроэнергетики за 2014 г. – <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения: 15.10.2018).

5. Аварийность на объектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2015 года. – <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения: 15.10.2018).

6. Аварийность на объектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2016 года. – <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения: 15.10.2018).

7. Аварийность на объектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2017 года. – <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения: 17.10.2018).

8. Итоговый отчет о производственном травматизме в 2015 г. – <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения: 17.10.2018).

9. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 1-е полугодие 2016 года. – <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения: 17.10.2018).

10. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 2-е полугодие 2016 года. – <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения: 17.10.2018).

11. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 1-е полугодие 2017 года. – <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения: 17.10.2018).

12. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 2-е полугодие 2017 года. – <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения: 17.10.2018).

13. Еремина, Т.В. Анализ электротравматизма на объектах электроэнергетики / Т.В. Еремина, А.Ф. Калинин, А.Л. Гармаев // Вестник ВСГУТУ. – 2016. – № 3. – С. 28–31.

14. Бухтояров, В.Ф. Оценка соответствия предупредительных мероприятий причинам производственного электротравматизма / В.Ф. Бухтояров, Т.Н. Акулова, В.В. Орешков // Сборник научных работ преподавателей Челябинского института путей сообщения / под ред. В.Л. Федяева; Филиал Урал. гос. ун-та путей сообщения. Челябин. ин-т путей сообщения. – Челябинск, 2004. – С. 120–128.

15. Precise haptic device co-location for visuo-

haptic augmented reality / U. Eck, F. Pankratz, C. Sandor et al. // *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. – 2015. – No. 7521 (12). – P. 1427–1441. DOI: 10.1109/TVCG.2015.2480087

16. *ARTab – using virtual and augmented reality methods for an improved situation awareness for telemaintenance* / D. Aschenbrenner, N. Maltry, J. Kimmel et al. // *IFACPapersOnLine*. – 2016. – No. 49 (30). – P. 204–209. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.11.168

17. *Combining visual natural markers and IMU for improved AR based indoor navigation* / M. Neges, C. Koch, M. König, M. Abramovici // *Advanced Engineering Informatics*. – 2017. – No. 31. – P. 18–31. DOI: 10.1016/j.aei.2015.10.005

18. *Natural interaction for online documentation in industrial maintenance* / M. Fiorentino,

A.E. Uva, G. Monno, R. Radkowski // *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*. – 2016. – No. 8 (1-2). – P. 56–79. DOI: 10.1504/ijcaet.2016.073269

19. *A freeze-object interaction technique for handheld augmented reality systems* / H. Arshad, S.A. Chowdhury, L.M. Chun et al. // *Multimedia Tools and Applications*. – 2016. – No. 75 (10). – P. 5819–5839. DOI: 10.1007/s11042-015-2543-3

20. Пирогова, М.А. *Дополненная реальность в системах индустриального интернета вещей: носимые устройства конечного пользователя* / М.А. Пирогова, И.Е. Лешихина, В.А. Краюшкин // *Информационные технологии в проектировании и производстве*. – 2018. – № 2 (170). – С. 37–42.

Тряпицын Александр Борисович, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; triapitsynab@susu.ru.

Кирпичникова Ирина Михайловна, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрические станции, сети и системы электроснабжения», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; kirpichnikovaim@susu.ru.

Бухтояров Василий Фёдорович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; bukhtoyarovvf@susu.ru.

Круглов Геннадий Александрович, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Энергоснабжение и автоматизация технологических процессов», Институт агроинженерии, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск; ei-krugl@yandex.ru.

Поступила в редакцию 19 ноября 2018 г.

DOI: 10.14529/power180404

ANALYSIS OF ACCIDENTS AND INDUSTRIAL INJURIES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.B. Tryapitsyn¹, triapitsynab@susu.ru,
I.M. Kirpichnikova¹, kirpichnikovaim@susu.ru,
V.F. Bukhtoyarov¹, bukhtoyarovvf@susu.ru,
G.A. Kruglov², ei-krugl@yandex.ru

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

² South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russian Federation

The article analyzes accidents and industrial injuries in the electric power industry of the Russian Federation. Their rate is one of the most important occupational risk characteristics of the staff health. It is shown that, the number of accidents in generating and grid companies of the country decreased in 2017 compared to 2014. However, the annual number of accidents remains significant: hundreds for generating companies and thousands for grid companies. The dynamics of occupational injuries also tends to decrease from 2012 to 2017. The main types of accidents in generating organizations include employee falls from a height of less than 0.5 m, the main types of incidents in grid companies include electric shock and (or) electric arc. The age structure and qualifications of the affected workers were revealed: men and women from 50 to 59 years old who have occupied their positions for more than 10 years. The analysis indicates the need for qualitatively new organizational

and technical measures, which would allow for more efficient reduction of accidents and injuries in the power industry. The paper also analyzes commercially available AR devices and selects an AR device to improve safety in the electric power industry of the Russian Federation.

Keywords: accident, injury, electric injury, casualty fall, generating company, network company, augmented reality.

References

1. [Dynamics of Electricity Consumption as an Indicator of Economic Activity]. *Byulleten sotsialno-ekonomicheskogo krizisa v Rossii* [Bulletin of the Socio-Economic Crisis in Russia], 2016, no. 10. 19 p. Available at: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/7945.pdf> (accessed 12.10.2018). (in Russ.)
2. *Putin: elektromobili ustupayut v ekologichnosti gazomotornomu transportu* [Putin: Electric Cars are Inferior in Environmental Friendliness to Gas Vehicles]. Available at: <https://tass.ru/ekonomika/4616359> (accessed 12.10.2018).
3. *Potrebleniye elektroenergii v EES Rossii v 2017 godu uvelichilos na 1.3 % po sravneniyu s 2016 godom* [Electricity Consumption in the UES of Russia in 2017 Increased by 1.3% Compared with 2016]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/10277> (accessed 15.10.2018).
4. *Avariynost na ob'yektakh elektroenergetiki za 2014 g.* [Accident at the Facilities of Electric Power Industry for 2014]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed 15.10.2018).
5. *Avariynost na ob'yektakh elektroenergetiki EES Rossii za dekabr 2015 goda* [The Accident Rate at the Power Facilities of the UES of Russia in December 2015]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed 15.10.2018).
6. *Avariynost na ob'yektakh elektroenergetiki EES Rossii za dekabr 2016 goda* [The Accident Rate at the Power Facilities of the UES of Russia in December 2016]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed 15.10.2018).
7. *Avariynost na ob'yektakh elektroenergetiki EES Rossii za dekabr 2017 goda* [The Accident Rate at the Power Facilities of the UES of Russia in December 2017]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed 17.10.2018).
8. *Itogovyy otchet o proizvodstvennom travmatizme v 2015 g.* [Final Injury Report 2015]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed 17.10.2018).
9. *Informatsionno-analiticheskaya spravka po travmatizmu za 1-e polugodiye 2016 goda* [Information and Analytical Information on Injuries for the 1st Half of 2016]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed 17.10.2018).
10. *Informatsionno-analiticheskaya spravka po travmatizmu za 2-e polugodiye 2016 goda* [Information and Analytical Information on Injuries for the 2nd Half of 2016]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed 17.10.2018).
11. *Informatsionno-analiticheskaya spravka po travmatizmu za 1-e polugodiye 2017 goda* [Information and Analytical Information on Injuries for the 1st Half of 2017]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed 17.10.2018).
12. *Informatsionno-analiticheskaya spravka po travmatizmu za 2-e polugodiye 2017 goda* [Information and Analytical Information on Injuries for the 2nd Half of 2017]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed 17.10.2018).
13. Eremina T.V., Kalinin A.F., Garmayev A.L. [Analysis of Electrical Injuries at Power Facilities]. *Vestnik VSGUTU*, 2016, no. 3, pp. 28–31.
14. Bukhtoyarov V.F., Akulova T.N., Oreshkov V.V. [Conformity Assessment Precautionary Measures of the Causes of Industrial Electrical Injury]. *Sbornik nauchnykh rabot prepodavatelei Chelyabinskogo instituta putei soobshcheniya* [Collection of Scientific Works of Teachers of the Chelyabinsk Institute of Communications]. Chelyabinsk, 2004. 243 p.
15. Eck U., Pankratz F., Sandor C., Klinker G., Laga H. Precise haptic device co-location for visuohaptic augmented reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2015, no. 7521 (12), pp. 1427–1441. DOI: 10.1109/TVCG.2015.2480087
16. Aschenbrenner D., Maltry N., Kimmel J., Albert M., Scharnagl J., Schilling K. ARTab – Using Virtual and Augmented Reality Methods for an Improved Situation Awareness for Telemaintenance. *IFAC PapersOnLine*, 2016, no. 49 (30), pp. 204–209. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.11.168
17. Neges M., Koch C., König M., Abramovici M. Combining Visual Natural Markers and IMU for Improved AR Based Indoor Navigation. *Advanced Engineering Informatics*, 2017, no. 31, pp. 18–31. DOI: 10.1016/j.aei.2015.10.005
18. Fiorentino M., Uva A.E., Monno G., Radkowski R. Natural Interaction for Online Documentation in Industrial Maintenance. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 2016, no. 8 (1-2), pp. 56–79. DOI: 10.1504/ijcaet.2016.073269

19. Arshad H., Chowdhury S.A., Chun L.M., Parhizkar B., Obeidy W.K. A Freeze-Object Interaction Technique for Handheld Augmented Reality Systems. *Multimedia Tools and Applications*, 2016, no. 75(10), pp. 5819–5839. DOI: 10.1007/s11042-015-2543-3

20. Pirogova M.A., Leshihina I.E., Krayushkin V.A. [Augmented Reality in the Industrial Internet of Things: Wearable End User Devices]. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information Technology in Design and Production], 2018, no. 2 (170), pp. 37–42.

Received 19 November 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Анализ аварийности и травматизма в электроэнергетике Российской Федерации / А.Б. Тряпицын, И.М. Кирпичникова, В.Ф. Бухтояров, Г.А. Круглов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 30–40. DOI: 10.14529/power180404

FOR CITATION

Tryapitsyn A.B., Kirpichnikova I.M., Bukhtoyarov V.F., Kruglov G.A. Analysis of Accidents and Industrial Injuries in the Electric Power Industry of the Russian Federation. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 30–40. (in Russ.) DOI: 10.14529/power180404
