

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 378.126:371.14

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-78-85>**Анализ несчастных случаев в электросетевых компаниях***А.В. Виноградов<sup>1</sup>✉, А.В. Хименко<sup>2</sup>, А.А. Лансберг<sup>3</sup>*<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия<sup>1,2,3</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Россия<sup>1</sup> [winaleksandr@gmail.com](mailto:winaleksandr@gmail.com)<sup>2</sup> [avmkh87@gmail.com](mailto:avmkh87@gmail.com)<sup>3</sup> [lansbergaa@vk.com](mailto:lansbergaa@vk.com); <https://orcid.org/0000-0002-2834-6092>

**Аннотация.** Проблема возникновения несчастных случаев при эксплуатации объектов электроэнергетики является актуальной на протяжении длительного времени. Анализ несчастных случаев позволяет разработать мероприятия по повышению производственной безопасности на объектах агропромышленного комплекса и электрических сетях, осуществляющих электроснабжение сельскохозяйственных объектов и предприятий. С этой целью рассмотрены несчастные случаи, произошедшие в электросетевых компаниях Российской Федерации за 2014-2022 гг. Для проведения исследований использовались данные ПАО «Россети» о несчастных случаях в электросетевых компаниях из программного комплекса Synergy Center. В программу вносились данные по расследованию несчастных случаев по форме № 1 согласно приказу Минтруда России от 20 апреля 2022 г. № 223. В программный комплекс внесен 191 несчастный случай, в котором пострадали 200 чел. за период 2014-2022 гг. В результате анализа выявлено 58% случаев летального исхода. Наиболее частым поражающим фактором, ставшим причиной 65 несчастных случаев (34%), является пробой диэлектрического воздушного промежутка вследствие нарушения допустимого расстояния до токоведущих частей оперативным персоналом электросетевых компаний. Причиной возникновения 53 несчастных случаев (28%) являлось нарушение правил охраны труда при работе с электроустановками. Максимальное количество несчастных случаев происходило с 08:00 до 16:00 в периоды март-май и июль-август. Из 191 пострадавших сотрудников 114 чел. (57%) – это оперативный персонал (электромонтеры), из них 108 чел. (54%) имели стаж работы от 3 до 10 лет. Сделаны выводы о необходимости внедрения устройств сигнализации и блокировки обратной трансформации, повышения квалификации персонала и обучения его с помощью технологии виртуальной реальности на цифровых двойниках электросетевых объектов. Предложенные организационные и технические мероприятия позволят снизить количество несчастных случаев в электросетевых компаниях Российской Федерации.

**Ключевые слова:** анализ несчастных случаев, несчастный случай, ПАО «Россети», оперативный персонал, электромонтер, пробой диэлектрического воздушного промежутка, нарушение правил охраны труда

**Для цитирования:** Виноградов А.В., Хименко А.В., Лансберг А.А. Анализ несчастных случаев в электросетевых компаниях // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 2. С. 78-85. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-78-85>

## ORIGINAL ARTICLE

**Accident analysis in electric grid companies***A. V. Vinogradov<sup>1</sup>✉, A. V. Khimeko<sup>2</sup>, A. A. Lansberg<sup>3</sup>*<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia<sup>1,2,3</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM; Moscow, Russia<sup>1</sup> [winaleksandr@gmail.com](mailto:winaleksandr@gmail.com)<sup>2</sup> [avmkh87@gmail.com](mailto:avmkh87@gmail.com)<sup>3</sup> [lansbergaa@vk.com](mailto:lansbergaa@vk.com); <https://orcid.org/0000-0002-2834-6092>

**Abstract.** The problem of accidents occurring during the operation of electric power facilities has remained relevant for a long time. The analysis of accidents makes it possible to develop measures to improve industrial safety at agricultural facilities and electrical networks that supply electricity to agricultural facilities and enterprises. For this purpose, the authors considered accidents that occurred in power grid companies of the Russian

Federation in 2014-2022. To conduct the research, they used data from Rosseti PJSC on accidents in power grid companies obtained with the Synergy Center software package. The program included data on the investigation of accidents in Form No. 1 in accordance with the order of the Russian Ministry of Labor dated April 20, 2022, No.223. The software package included 191 accidents, in which 200 people were injured for the period between 2014 and 2022. The analysis revealed 58% of fatal outcomes. The most common damaging factor, which caused 65 accidents (34%), is a breakdown of the dielectric air gap due to violation of the permissible distance to live parts by operational personnel of electric grid companies. The cause of 53 accidents (28%) was the violation of labor safety rules when working with electrical installations. The maximum number of accidents occurred from 8 am to 4 pm during the periods March-May and July-August. Of the 191 injured employees, 114 were (57%) operational personnel (electricians), 108 of them (54%) having work experience from 3 to 10 years. Conclusions are drawn about the need to introduce signaling devices and reverse transformation blocking, improve the qualifications of personnel and train them using virtual reality technology on digital twins of power grid facilities. The proposed organizational and technical measures will reduce the number of accidents in power grid companies in the Russian Federation.

**Key words:** accident analysis, accident, Rosseti PJSC, operating personnel, electrician, breakdown of the dielectric air gap, violation of labor protection rules

**For citation:** Vinogradov A.V., Khimeko A.V., Lansberg A.A. Accident analysis in electric grid companies. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2024;26(2):78-85. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-78-85>.

### Введение

Анализ аварийности и травматизма на предприятиях электроэнергетики Российской Федерации за 2012-2017 гг. показал, что наибольшее количество аварий происходило в генерирующих компаниях на объектах ПАО «ОГК-2» и ПАО «Т Плюс» (ежегодно – от 300 до 700) [1]. В электросетевых компаниях на объектах выше 110 кВ наибольшее количество аварий зафиксировано на объектах ПАО «Россети Центр», «Россети Сибирь», «Россети Волга» (от 1000 до 1500). С 2012 по 2017 гг. на генерирующих объектах ежегодно происходило не менее 80 несчастных случаев, на электросетевых объектах – не менее 60. Наиболее частыми поражающими факторами стали дорожно-транспортные происшествия, падение пострадавших во время работы с высоты и поражение электрической дугой. В основном несчастные случаи происходили с персоналом в возрасте 30-59 лет. Наиболее подверженная риску группа работников, с которыми ежегодно происходило от 40 до 100 несчастных случаев, имела стаж работы более 10 лет.

За 1998-2016 гг. в электросетевых компаниях России зафиксировано 34 несчастных случая от наведенного напряжения, из них 13 случаев произошло на воздушных линиях электропередачи 110 кВ [2]. Основными причинами поражения стали ошибочные действия с переносным заземлением (12 случаев) и прикосновение к проводу или грозозащитному тросу, находящемуся под наведенным напряжением (11 случаев).

На предприятиях энергетики наиболее подверженная риску группа работников – это оперативный

персонал в возрасте от 25 до 39 лет со стажем работы более 10 лет [3].

Анализ 98 несчастных случаев на ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» за 1978-2010 гг. показал, что из всех несчастных случаев наиболее частыми причинами травматизма стали нарушение персоналом требований правил и норм (31,65%), неудовлетворительная организация безопасного выполнения работ (20,25%), неосторожность пострадавшего (19%) [4]. Оперативный персонал отличается наибольшим количеством пострадавших (21 слесарь, 10 электрогазосварщиков, 7 электрослесарей).

В электроэнергетике в период 2010-2014 гг. 37% несчастных случаев происходило при выполнении ремонтно-восстановительных работ [5]. Причиной 20,7% случаев являлась неудовлетворительная организация безопасного выполнения работ, а в 19,2% случаев было нарушение инструкций по эксплуатации.

С 2001 по 2005 гг. на предприятиях электроэнергетики выявлено 2529 несчастных случаев, из которых 70% были со смертельным исходом. Максимальное количество несчастных случаев (896) зафиксировано на воздушных линиях электропередачи. Поражающим фактором в 2430 случаях стало воздействие электрической дуги, в 113 случаях – пар или горячая вода. Среди пострадавших 856 чел. находились в должности электромонтера, 592 чел. – в должности оперативного персонала, 4 группу допуска по электробезопасности имели 516 чел. Причиной 26% несчастных случаев стали ошибочные действия оперативного персонала. Наибольшее количество несчастных случаев (522) происходило с 9:00 до 11:00 [6, 7].

Анализу несчастных случаев в электроэнергетике посвящено большое количество работ также зарубежных авторов и специалистов [8-11].

В электроэнергетических компаниях Греции с 1983 по 1996 гг. ежегодно происходило от 373 до 560 несчастных случаев. Выявлено, что 78,57% случаев произошло в электросетевых компаниях. При этом 80% пострадавших имели должности оперативного персонала. Порядка 60% пострадавших были в возрасте от 31 до 45 лет, а наиболее подверженная риску группа сотрудников работала в компании в течение 6-10 лет (35,71% пострадавших). Максимальное количество несчастных случаев произошло в среду (24,11%), при этом в течение суток 36,61% несчастных случаев произошло в период с 11:00 до 13:00. Наиболее частыми их причинами стали нарушение правил охраны труда (18,84% от общего количества несчастных случаев) и неудовлетворительная организация безопасного выполнения работ (22,49%) [12].

**Цель исследований:** анализ несчастных случаев в электросетевых компаниях Российской Федерации, произошедших с 2014 по 2022 гг.

#### Материалы и методы

Для проведения исследований использованы данные ПАО «Россети» по несчастным случаям в электросетевых компаниях из программного комплекса Synergy Center. В программу вносились данные о расследовании несчастных случаев по форме № 1 согласно приказу Минтруда России от 20 апреля 2022 г. № 223 «Об утверждении Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, форм документов, соответствующих классификаторов, необходимых для расследования несчастных случаев на производстве». Всего в программный комплекс был внесен 191 несчастный случай, произошедший с 2014 по 2022 гг., с 200 чел. пострадавшими.

Распределение несчастных случаев, внесенных в программный комплекс Synergy Center, по дочерним зависимым обществам компании ПАО «Россети» представлено в таблице.

Согласно данным, представленным в таблице 1, за рассматриваемый период наибольшее количество несчастных случаев (28) произошло в электросетевой организации ПАО «Россети Центр».

В исследованиях все несчастные случаи анализировались по нескольким критериям: тяжесть исхода; месяц и время происшествия; причины возникновения; объект возникновения; вид выполняемых работ и поражающего фактора; должность, разряд, группа электробезопасности и стаж работы пострадавшего.

Таблица

**Распределение количества проанализированных несчастных случаев по дочерним зависимым обществам ПАО «Россети» за 2014-2022 гг.**

Table 1

**Distribution of the number of analyzed accidents among subsidiaries and dependent companies of PJSC Rosseti for 2014-2022**

№ п/п	Дочернее зависимое общество	Количество, ед.
1	АО «Дагестанская сетевая компания»	2
2	АО «Чеченэнерго»	1
3	АО «Янтарьэнерго»	1
4	ПАО «Россети Волга»	10
5	ПАО «Россети Кубань»	10
6	ПАО «Россети Ленэнерго»	13
7	ПАО «Россети Московский регион»	11
8	ПАО «Россети Северный Кавказ»	9
9	ПАО «Россети Северо-Запад»	18
10	ПАО «Россети Сибирь»	21
11	ПАО «Россети Тюмень»	7
12	ПАО «Россети Урал»	18
13	ПАО «Россети Центр и Приволжье»	14
14	ПАО «Россети Центр»	28
15	ПАО «Россети Юг»	6
16	ПАО «ТРК»	2
17	ПАО «ФСК ЕЭС»	20
	Всего	191

#### Результаты и их обсуждение

За 2014-2022 гг. в дочерних зависимых обществах ПАО «Россети» произошел 191 несчастный случай с 200 пострадавшими работниками, получившими травмы различной степени тяжести (рис. 1).

Согласно проведенному анализу (рис. 1) больше половины всех рассмотренных несчастных случаев произошло с летальным исходом (58%). Отметим, что указанные случаи преимущественно фиксировались на объектах электросетевого комплекса. При этом незначительная часть смертельных исходов была характерна для дорожно-транспортных происшествий. В свою очередь, 18 пострадавших сотрудников с легкой и 67 – с тяжелой степенью тяжести получили травмы преимущественно на производственных базах и в результате дорожно-транспортных происшествий. При этом количество пострадавших работников на электроустановках с данными степенями тяжести является незначительным. Можно сделать вывод о том, что поражающим фактором в электросетевых компаниях является воздействие на организм электрического тока, приводящее в большинстве случаев к летальному исходу.

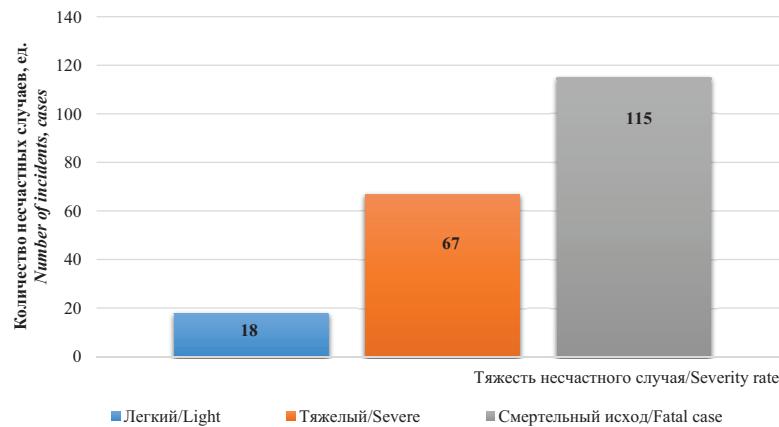


Рис. 1. Анализ тяжести исхода несчастных случаев в электросетевых компаниях

Fig. 1. Analysis of the severity of accidents in power grid companies

Причиной наибольшего количества несчастных случаев (53 эпизода из 191, или 28%) стало грубое нарушение правил охраны труда при работе с электроустановками при нарушении работниками электросетевых компаний требований безопасности (например, коммутация токов нагрузки разъединителями или работа на электроустановках под напряжением без применения специальных средств защиты), а также при осуществлении оперативных переключений с нарушением требований бланков переключений.

В 44 несчастных случаях (23%) отмечена неудовлетворительная организация безопасного выполнения работ: отсутствие у персонала бригады взаимного контроля, не допускающего получение травмы; допущение ошибок по определению электроустановки при осуществлении оперативных переключений; неприменение средств защиты: например, сигнализаторов напряжения для определения токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Причиной возникновения 35 несчастных случаев (18%) послужило нарушение трудовой дисциплины: самовольное выполнение работ персоналом электросетевых организаций с отступлением от заданий диспетчеров, бланков переключений; отсутствие информирования вышестоящего руководства об осуществлении работ; осмотр электроустановок и вывод их из работы без согласования отключения с центром управления сетями или оперативно-технологической группой района электрических сетей.

Причиной 28 несчастных случаев (15%) стало нарушение правил дорожного движения при направлении к месту выполнения работ или с места выполнения работ на производственные базы со стороны как работников электросетевых компаний, так и других участников дорожного движения. Отметим, что 46% несчастных случаев, произошедших по причине нарушения правил дорожного движения, привели к летальному исходу. Наименее распространенными

причинами произошедшего стали: неисправная автотехника, у которой при работе на производственных объектах при перемещении электроустановок или расчистке трасс линий электропередачи происходили излом и разрыв основных частей и тросов (10 случаев); нарушение правил безопасности жизнедеятельности работников электросетевых организаций (9 случаев); конструктивные недостатки электроустановок, в которых ввиду малых габаритов и наличия излишних конструктивных элементов были допущены ошибочные действия оперативного персонала, приведшие к летальным исходам (7 случаев); нарушение правил работы на высоте вследствие неприменения страховочных ремней при работе как на лазах, так и на гидроподъемнике автовышек (4 случая).

Распределение 191 несчастного случая по месяцам и по времени суток за период 2014-2022 гг. представлено на рисунках 2, 3.

Наибольшее количество несчастных случаев характерно для марта и мая, что связано с проведением работ по повышению технического состояния электроустановок после осенне-зимнего периода, а также для июля и августа, во время которых проводятся работы по техническому обслуживанию и ремонту при подготовке к осенне-зимнему периоду (рис. 2). Наибольшее количество несчастных случаев зафиксировано в мае (27), наименьшее количество – в ноябре (6).

Наибольшее количество несчастных случаев происходило с 08:00 до 16:00 с пиком в 14:00 (25 фактов) в период работы оперативно-выездных бригад и дежурного персонала электроустановок электросетевых организаций. В другое время количество несчастных случаев не превышало 10 (рис. 3).

Несчастные случаи происходили не только на объектах электросетевых компаний. Максимальное количество несчастных случаев произошло при подъезде к ним – на автодорогах (36 случаев 19%). На воздушных линиях (ВЛ) электропередачи 0,4 кВ произошло

22 несчастных случая, на ВЛ 6 кВ – 3, на ВЛ 10 кВ – 30, на ВЛ 35 кВ – 4, на ВЛ 110 кВ – 16, на ВЛ 220 кВ – 3, на ВЛ 330 кВ – 1, на ВЛ 500 кВ – 2 случая. На водоемах произошло 2 несчастных случая, на производственных базах электросетевых компаний – 6. При осуществлении работ на кабельных линиях 6 кВ отмечено 5 несчастных случаев, на кабельных линиях 10 кВ – 2. При проведении работ в распределительных устройствах (РУ) подстанций 6 кВ произошло 3 несчастных случая, РУ 10 кВ – 13, РУ 35 кВ – 13, РУ 110 кВ – 6, РУ 220 кВ – 1, РУ 500 кВ – 1. При работах на трансформаторных подстанциях (ТП) 6-10/0,4 кВ произошло 22 несчастных случая.

Несчастные случаи возникают при выполнении следующих видов работ: замена электрооборудования – 38 несчастных случаев (20%); перемещение к месту проведения работ – 36 (19%); осмотр электрооборудования – 21 случай; проведение работ по техническому ремонту и обслуживанию электроустановок – 20; проведение аварийно-восстановительных работ на электроустановках после неблагоприятных метеорологических условий – 19; монтаж нового электрооборудования – 12; оперативные переключения – 10; расчистка трассы воздушных линий электропередачи – 10; установка опор – 5;

чистка изоляции электрооборудования – 4; оперативные замеры электрооборудования электросетевых компаний – 4; перемещение электрооборудования в производственных цехах и на производственных объектах с применением автотехники – 4; покраска электрооборудования – 4; ремонт автотехники – 2; иное (во время рабочего перерыва) – 2.

Результаты анализа пострадавших в несчастных случаях сотрудников производственных компаний по видам должностей представлены на рисунке 4.

Наибольшее количество пострадавших находилось в должности электромонтера (114 чел., или 57%) и электрослесаря (30 чел., или 15%) (рис. 4).

Среди пострадавших 2 разряд по занимаемой должности имели 72 чел., 3 разряд – 17 чел., 4 разряд – 52 чел., 5 разряд – 26 чел., 6 разряд – 12 чел., 7 разряд – 1 чел.

Отметим, что 2 группу по электробезопасности имели 7 чел., 3 группу – 27 чел., 4 группу – 59 чел., 5 группу – 22 чел.

Количество пострадавших в несчастных случаях в возрасте 22-30 лет составляет 42 чел., 31-40 лет – 60 чел., 41-50 лет – 45 чел., 51 год и выше – 53 чел.

Количество пострадавших в несчастных случаях сотрудников: со стажем работы в компании

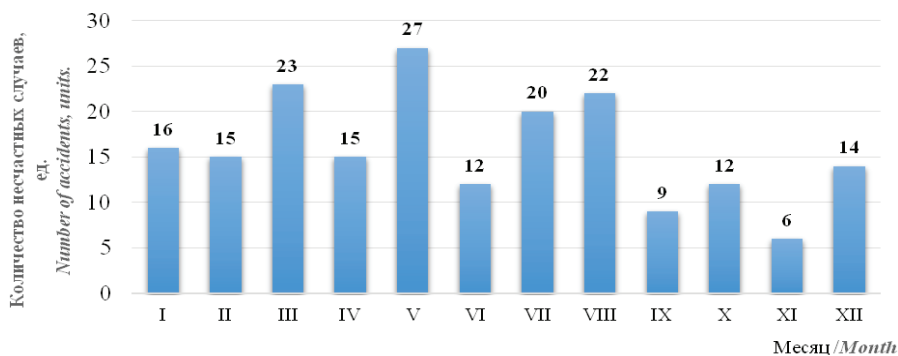


Рис. 2. Распределение несчастных случаев по месяцам

Fig. 2. Distribution of accidents by months

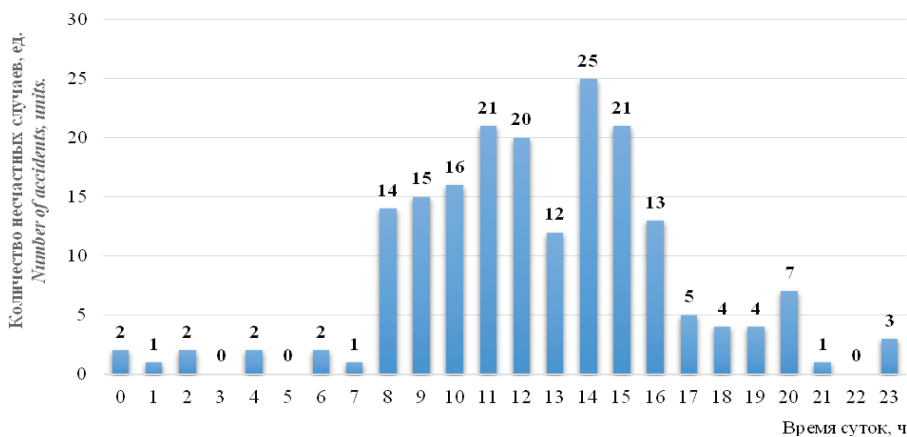


Рис. 3. Распределение несчастных случаев в течение суток

Fig. 3. Distribution of accidents during the day

до 3 лет – 22 чел. (11%); со стажем 3-10 лет – 108 чел. (54%); 10-20 лет – 33 чел.; свыше 20 лет – 37 чел. Можно заключить, что наибольшее количество несчастных случаев происходит не с сотрудниками, вновь пришедшими на работу или работающими несколько лет, а с более опытным персоналом электросетевых компаний.

Рассмотрим поражающие факторы, ставшие причиной несчастных случаев. Пробой диэлектрического воздушного промежутка вследствие нарушения допустимого расстояния до токоведущих частей стал поражающим фактором в 65 несчастных случаях (34%). Один из таких случаев произошел в филиале ПАО «Россети Центр»-«Курскэнерго» на ВЛ 110 кВ Курская ТЭЦ-1 – Счетмаш с отпайкой вследствие неправильного расположения автогидроподъемника между отключенной цепью ВЛ 110 кВ и другой цепью ВЛ 110 кВ, находящейся под напряжением (рис. 5).

Среди распространенных факторов, являющихся причиной несчастных случаев, можно отметить: дорожно-транспортные происшествия (26 случаев);

поражение электрической дугой вследствие ошибок при осуществлении оперативных переключений (16 случаев); воздействие электрического тока при неумышленном касании сотрудниками электросетевых компаний токоведущих частей низкого напряжения (15 случаев); попадание под производственную автотехнику при выполнении работ (15); падение сотрудников с высоты (12); падение электроопоры на пострадавших (15); падение дерева – 5. Так, в филиале ПАО «ФСК ЕЭС»-Нижегородское ПМЭС в результате нарушения правил работы на высоте электромонтер упал с опоры № 766 ВЛ 500 кВ Вешкайма-Осиновка (рис. 6).

Наведенное напряжение на отключенных электроустановках от высоковольтных установок, расположенных вблизи, стало поражающим фактором в 4 несчастных случаях. При обратной трансформации пострадали 4 сотрудника электросетевых компаний. Фактор личной неосторожности стал причиной 9 несчастных случаев. По 1 несчастному случаю произошло при опрокидывании электрооборудования

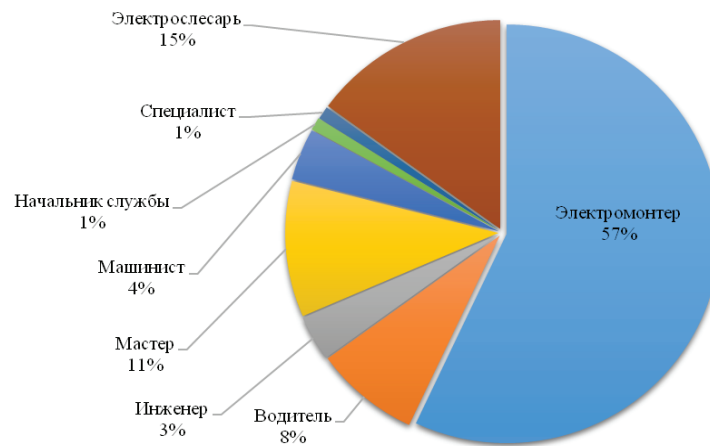


Рис. 4. Должности пострадавших в результате несчастных случаев сотрудников электросетевых компаний

Fig. 4. Positions of electric grid employees affected by accidents



Рис. 5. Место несчастного случая в филиале ПАО «Россети Центр»-«Курскэнерго»

Fig. 5. Location of the accident at the “Kurskenergo” branch of PJSC “Rosseti Center”



Рис. 6. Место несчастного случая в филиале ПАО «ФСК ЕЭС»-Нижегородское ПМЭС

Fig. 6. Location of the accident at the Nizhny Novgorod Enterprise of Main Power Networks, Branch of PJSC “FSK EES”

на пострадавшего и шаговом напряжении от высоковольтной сети с изолированной нейтралью.

Проведенный анализ показывает, что большинство несчастных случаев вызвано недостаточной квалификацией персонала. В связи с этим для сокращения несчастных случаев необходимо реализовывать мероприятия, направленные на проверку знаний об охране труда, правил дорожного движения, разработать мероприятия по повышению квалификации, обучить персонал на цифровых двойниках электросетевых объектов с помощью технологии виртуальной реальности (VR). Так, прохождение обучения персонала Росатом и ПАО «Россети Ленэнерго» позволило снизить количество ошибок сотрудников на реальных производственных объектах [13]. В рамках концепции цифровой трансформации электросетевого комплекса необходимо внедрение устройств сигнализации и блокировки обратной трансформации, предотвращающих подачу напряжения на сторону высокого напряжения 6-10 кВ со стороны низкого напряжения 0,4 кВ при неправильном включении потребительских источников резервного питания [14].

### Выводы

Анализ 191 несчастного случая с 200 пострадавшими в ПАО «Россети» в период 2014-2022 гг. позволил заключить следующее.

1. Наибольшее количество несчастных случаев отмечено:

– при проведении работ по повышению технического состояния электроустановок (ежемесячно

более 20 эпизодов) в периоды март-май и июль-август, в течение суток – в период 8:00-16:00 (ежечасно более 10 случаев);

– во время перемещения к месту проведения работ – 36 случаев (19%);

– на воздушных линиях электропередачи и на ТП 6-10/0,4 кВ 0,4 кВ (по 22 несчастных случая), на ВЛ 10 кВ (30 случаев), на ВЛ 110 кВ (16 случаев), в РУ 10 кВ и РУ 35 кВ (по 13 несчастных случаев).

2. Самой частой причиной возникновения несчастных случаев стало грубое нарушение правил охраны труда при работе с электроустановками (нарушение работниками электросетевых компаний требований безопасности) – 53 несчастных случая (28%).

3. Наибольшее количество пострадавших сотрудников (114 чел., или 57%) числились в должности электромонтера; 52 чел. имели 4 разряд в соответствии с занимаемой должностью, 59 чел. имели 4 группу по электробезопасности. Из них выявлено 108 пострадавших (54%) со стажем от 3 до 10 лет. Наиболее подверженной риску является группа сотрудников в возрасте 31-40 лет (60 пострадавших).

4. Самым частым поражающим фактором являлся пробой диэлектрического воздушного промежутка вследствие нарушения допустимого расстояния до токоведущих частей оперативным персоналом электросетевых компаний – 65 несчастных случаев (34%).

### Список источников

1. Тряпицын А.Б., Кирпичникова И.М., Бухтояров В.Ф., Круглов Г.А. Анализ аварийности и травматизма в электроэнергетике Российской Федерации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Энергетика». 2018. Т. 18, № 4. С. 30-40. <https://doi.org/10.14529/power180404>
2. Мюльбаер А.А. Анализ причин несчастных случаев при работах на воздушных линиях электропередачи, находящихся под наведенным напряжением // Новое в российской электроэнергетике. 2017. № 4. С. 71-77. EDN: YQFURN
3. Петров О.П. Производственный травматизм на предприятиях энергетики // Молодой ученый. 2020. № 16 (306). С. 158-160. EDN: GPRCBY
4. Поздняков А.Н., Лежава С.А. Анализ травматизма на предприятиях электроэнергетической отрасли на примере ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 3. С. 69-74. EDN: PZXIXF
5. Ерёмин Т.В., Калинин А.Ф., Гармаев А.Л. Анализ электротравматизма на объектах электроэнергетики // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 3 (60). С. 28-31. EDN: WGBANH
6. Дорофеев Н.П., Титов В.Л., Степанов Б.М. Анализ причин несчастных случаев на энергоустановках с 1 января 2001 г. по 1 мая 2005 г. (по статистическим данным) // Энергобезопасность в документах и фактах. 2005. № 3. С. 3-8. EDN: KGXDJX
7. Степанов Б.М. Обстоятельства и причины несчастных случаев на энергоустановках г. Москвы в 2004 г.

### References

1. Tryapitsyn A.B., Kirpichnikova I.M., Buhtoyarov V.F., Kruglov G.A. Analysis of accidents and injuries in the electric power industry of the Russian Federation. *Bulletin of South Ural State University. Series: Power Engineering*. 2018;18(4):30-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.14529/power180404>
2. Myulbaer A.A. Analysis of the causes of accidents during work on overhead power lines under induced voltage. *Novoe v Rossiyskoy Elektroenergetike*. 2017;4:71-77. (In Russ.)
3. Petrov O.P. Industrial injuries at energy enterprises. *Molodoy Ucheniy*. 2020;16(306):158-160. (In Russ.)
4. Pozdnyakov A.N., Lezhava S.A. Analysis of injuries at electric power industry enterprises on the example of JSC Yuzhno-Kuzbass GRES. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2013;3:69-74. (In Russ.)
5. Eremina T.V., Kalinin A.F., Garmaev A.L. Analysis of electrical injuries at electric power facilities. *Vestnik VSGUTU*. 2016;3:28-31. (In Russ.)
6. Dorofeev N.P., Titov V.L., Stepanov B.M. Analysis of the causes of accidents at power plants from January 1, 2001 to May 1, 2005 (according to statistical data). *Energy Safety in Documents and Facts*. 2005;3:3-8. (In Russ.)
7. Stepanov B.M. Circumstances and causes of accidents at power plants in Moscow in 2004. *Energy Safety in Documents and Facts*. 2005;1:6-15. (In Russ.)

// Энергобезопасность в документах и фактах. 2005. № 1. С. 6-15. EDN: KGXDEN

8. Chia-Fen Chi, Chong-Cheng Yang, Zheng-Lun Chen. In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2009;39(4):635-644. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.12.003>

9. Koustellis J.D., Halevidis C.D., Polykrati A.D., Bourkas P.D. Analysis of a fatal electrical injury due to improper switch operation. *Safety Science*. 2013;53:226-232. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.10.005>

10. Kalte H.O., Hosseini A.H., Arabzadeh S., Najafi H., Dehghan N., Akbarzadeh A., Keshavarz S., Karchani M. Analysis of electrical accidents and the related causes involving citizens who are served by the Western of Tehran. *Electron Physician*. 2014;6(2):820-826. <https://doi.org/10.14661/2014.820-826>

11. Hao X., Cao C., Yu S., Sun X., Feng M., Luo W., Xu Z., Xiao H. Emergency Decision Making for Electric Power Personal Accidents Based on Ontology and Case-Based Reasoning. *Sustainability*. 2023;15:11404. <https://doi.org/10.3390/su151411404>

12. Batra P.E., Ioannides M.G. Assessment of electric accidents in power industry. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 2002;12(2):151-169. <https://doi.org/10.1002/hfm.10005>

13. Моравель В.И., Борисов В.А. Технологии виртуальной и дополненной реальностей в энергетике // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2022/06/98556> (дата обращения: 17.10.2023)

14. Лансберг А.А., Панфилов А.А., Виноградов А.В. Анализ возможных способов несанкционированной подачи напряжения в электрических сетях 0,4-10 кВ и последствий от этого // Научный журнал молодых ученых. 2022. № 2 (27). С. 43-50. EDN: DZUNEE

#### Информация об авторах

**Александр Владимирович Виноградов**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, доцент; [winaleksandr@gmail.com](mailto:winaleksandr@gmail.com)

**Алексей Виторович Хименко**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, старший научный сотрудник; [avmkh87@gmail.com](mailto:avmkh87@gmail.com)

**Александр Александрович Лансберг**<sup>3</sup>, специалист, магистрант 2 курса направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»; [lansbergaa@vk.com](mailto:lansbergaa@vk.com)

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

<sup>1,2,3</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

#### Вклад авторов

А.В. Виноградов – научное руководство, концептуализация, анализ полученных данных, разработка рекомендаций, критический анализ, доработка текста.

А.В. Хименко – методология, визуализация, анализ полученных данных, доработка текста, формирование выводов исследования.

А.А. Лансберг – ресурсы, первичный анализ полученных результатов, создание черновика рукописи.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила 08.11.2023, после рецензирования и доработки 04.03.2024; принята к публикации 05.03.2024

8. Chia-Fen Chi, Chong-Cheng Yang, Zheng-Lun Chen. In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2009;39(4):635-644. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.12.003>

9. Koustellis J.D., Halevidis C.D., Polykrati A.D., Bourkas P.D. Analysis of a fatal electrical injury due to improper switch operation. *Safety Science*. 2013;53:226-232. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.10.005>

10. Kalte H.O., Hosseini A.H., Arabzadeh S., Najafi H., Dehghan N., Akbarzadeh A., Keshavarz S., Karchani M. Analysis of electrical accidents and the related causes involving citizens who are served by the Western of Tehran. *Electron Physician*. 2014;6(2):820-826. <https://doi.org/10.14661/2014.820-826>

11. Hao X., Cao C., Yu S., Sun X., Feng M., Luo W., Xu Z., Xiao H. Emergency Decision Making for Electric Power Personal Accidents Based on Ontology and Case-Based Reasoning. *Sustainability*. 2023;15:11404. <https://doi.org/10.3390/su151411404>

12. Batra P.E., Ioannides M.G. Assessment of electric accidents in power industry. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 2002;12(2):151-169. <https://doi.org/10.1002/hfm.10005>

13. Moravel V.I., Borisov V.A. Virtual and augmented reality technologies in the energy sector. *Sovremennye Nauchnye Issledovaniya i Innovatsii*. 2022;6. (In Russ.) <https://web.snauka.ru/issues/2022/06/98556>

14. Lansberg A.A., Panfilov A.A., Vinogradov A.V. Analysis of possible ways of unauthorized voltage supply in 0.4-10 kV electrical networks and the consequences of this. *Scientific Journal of Young Scientists*. 2022;2:43-50. (In Russ.)

#### Author Information

**Aleksandr V. Vinogradov**<sup>1</sup>, DSc (Eng), Associate Professor, Head of the Laboratory of Power Supply and Heat supply; [winaleksandr@gmail.com](mailto:winaleksandr@gmail.com)

**Aleksei V. Khimeko**<sup>2</sup>, CSc(Eng), Senior Research Engineer, Laboratory of Power Supply and Heat Supply; [avmkh87@gmail.com](mailto:avmkh87@gmail.com)

**Aleksandr A. Lansberg**<sup>3</sup>, specialist, first-year MSc student, training area 13.04.02 “Electric Power and Electrical Engineering”; [lansbergaa@vk.com](mailto:lansbergaa@vk.com)

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russian Federation

<sup>1,2,3</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutskiy Proezd Str., 5.

#### Author Contribution

A.V. Vinogradov – research supervision, conceptualization, data curation, development of recommendations, critical analysis, finalizing (reviewing and editing) of the manuscript.

A.V. Khimenco – methodology, visualization, analysis of the obtained data, finalizing (reviewing and editing) of the manuscript, formulation of conclusions.

A.A. Lansberg – resources, primary analysis of obtained results, original draft preparation.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism.

Received 08.11.2023; Revised 04.03.2024; Accepted 05.03.2024