

В. В. Русских, В. Г. Андруш, Г. И. Белохвостов, А. Н. Гурина, Н. Н. Жаркова, С. А. Корчик

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: v.g.andntsh.uot@bsatu.by

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ КРУПНОГАБАРИТНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПОД ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Аннотация. В статье проанализировано состояние производственной безопасности при работе крупногабаритной сельскохозяйственной техники (КСХТ) под линиями электропередачи (ЛЭП), разработан перечень основных требований безопасности под ЛЭП, приведены результаты расчета напряженности электрического поля ЛЭП напряжением 110 кВ.

Выполнен сравнительный анализ теоретических и экспериментальных данных. Для снижения риска травматизма электрическим током оператора разработано устройство, сигнализирующее о приближении техники к ЛЭП на недопустимое расстояние.

Ключевые слова: охрана труда, безопасность, линии электропередачи (ЛЭП), крупногабаритная сельскохозяйственная техника (КСХТ), электрический ток, обнаружение, сигнализация, приближение к ЛЭП.

V. V. Russkih, V. G. Andrush, G. I. Belohvostov, A. N. Gurina, N. N. Zharkova, S. A. Korchik

El "Belarusian State Agrarian Technical University"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: v.g.andntsh.uot@bsatu.by

OCCUPATIONAL SAFETY WHEN OPERATING LARGE AGRICULTURAL EQUIPMENT UNDER POWER LINES

Abstract. The article analyzes the state of industrial safety when operating large-sized agricultural machinery under power lines. The list of basic safety requirements under power lines is developed. The results of calculation of electric field strength of 110 kV power lines are given. The comparative analysis of theoretical and experimental data is carried out. To reduce the risk of electric current injury of the operator, a device signaling the approach of machinery to power lines at an unacceptable distance is developed.

Keywords: labor protection, safety, large-sized agricultural machinery, electric current, detection, signaling, approaching power lines.

Введение

ЛЭП связывают между собой электростанции и потребителей электрической энергии, часто они проходят по населенной местности и по территориям сельскохозяйственного назначения.

По данным Государственного производственного объединения электроэнергетики (ГПО) в Республике Беларусь протяженность электрических сетей всех классов напряжений составляет 280 000 км, а по СНГ общая протяженность только ЛЭП–500 кВ превышает 20 000 км (помимо ЛЭП–150 кВ, ЛЭП–300 кВ и ЛЭП–750 кВ) [1–3]. Применение ЛЭП приводит к созданию электромагнитных полей промышленных частот (50 Гц), которые в сотни раз выше среднего уровня естественных полей. Напряженность поля (Е) под ЛЭП может достигать десятков тысяч вольт на метр (В/м) [3]. В то же время, учитывая, что ремонтпригодность воздушных неизолированных ЛЭП высокая, а стоимость низкая, вряд ли в ближайшей перспективе будет возможным полный переход на кабельные.

При выполнении работ вблизи воздушных ЛЭП возможен риск приближения КСХТ на недопустимое расстояние к ним [4, 5], это приводит к пробоем воздушного промежутка и появлению электрической дуги или к контакту металлических частей машин и механизмов с провисшими,

оборванными, оголенными проводами, что влечет за собой появление опасных электрических потенциалов, способных привести к электротравме оператора и даже летальному исходу.

Целью данной статьи является проведение анализа случаев электротравматизма при работе КСХТ под ЛЭП, исследование изменения напряженности электрического поля при удалении от ЛЭП и разработка устройства для обнаружения и сигнализации при приближении к ЛЭП.

Основная часть

Согласно собранной и подтвержденной Департаментом государственной инспекции труда Республики Беларусь информации за период 2019–2023 гг. зафиксировано 12 несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током от ЛЭП, в том числе 6 – со смертельным исходом [6].

С целью снижения вероятности травмирования операторов при проведении работ на КСХТ у ЛЭП были проанализированы основные требования безопасности [7, 8].

1. Использование грузоподъемных машин для выполнения работ в охранной зоне ЛЭП должно производиться по наряду-допуску.

2. Движение машин под проводами воздушной ЛЭП допускается только в транспортном положении, в месте наименьшего провисания проводов. Маршрут перемещения должен быть указан в путевом листе.

3. При приближении к воздушным ЛЭП запрещено находиться на бункере комбайна.

4. Допускается работа одной машины в охранной зоне ЛЭП при условии одновременной работы второй машины, при этом машины должны находиться друг от друга не менее 200 м.

5. В случае соприкосновения частей машины с токоведущими проводами, оператору необходимо как можно быстрее отвести их от токоведущих частей.

6. Запрещается:

- производить работы ближе 2 м от проводов воздушной ЛЭП;
- приближаться к оборванным и лежащим на земле проводам ближе 8 м;
- работать во время грозы или при приближении грозы;
- совершать любые остановки в охранной зоне воздушной ЛЭП;
- движение машин и механизмов, имеющих общую высоту с грузом или без груза от поверхности дороги более 4,5 м (в охранных зонах воздушных ЛЭП).

Машины и механизмы на пневматическом ходу, находящиеся в охранных зонах воздушных ЛЭП 330 кВ, должны иметь заземление. В роли заземлителя допускается использовать металлическую цепь, соединенную с кузовом или рамой и касающуюся земли. Работы должны выполнять два человека, один из которых назначается наблюдающим.

Если вследствие электрического разряда происходит возгорание КСХТ, оператор и обслуживающий персонал должны ее немедленно покинуть. Необходимо, не держась за машину, прыгнуть на землю на обе согнутые ноги и удалиться от нее более чем на 8 м прыжками на одной ноге или на двух сомкнутых вместе, или же «гусиным шагом» (пятка шагающей ноги, не отрываясь от земли, приставляется к носку другой ноги).

Существуют установленные минимальные расстояния от наивысшей точки машины или груза на транспортных средствах до проводов ЛЭП при ее приближении или пересечении [4, 5]. Однако оператору КСХТ сложно визуально определить расстояние до проводов высоковольтной линии (ВЛ) в силу различных причин (провисание, обрывы проводов, отсутствие у оператора мобильной техники средств контроля и измерения, незнание нормативов, отсутствие информации о напряжении ВЛ, плохая видимость, неблагоприятные метеорологические условия и т. п.).

Поэтому в дополнение к существующим основным требованиям безопасности, которые следует соблюдать при эксплуатации КСХТ под линиями электропередачи в ситуациях, повышающих риск травмирования оператора, рекомендуется также применять специальные технические устройства, предупреждающие об опасности (сигнализирующие, визуализирующие, регистрирующие и др.).

Расстояние от приближающейся техники до проводов воздушной ЛЭП можно определить по величине напряженности электромагнитного поля. За основу методики расчета напряженности электрического и магнитного полей была положена теорема Гаусса [9, 10].

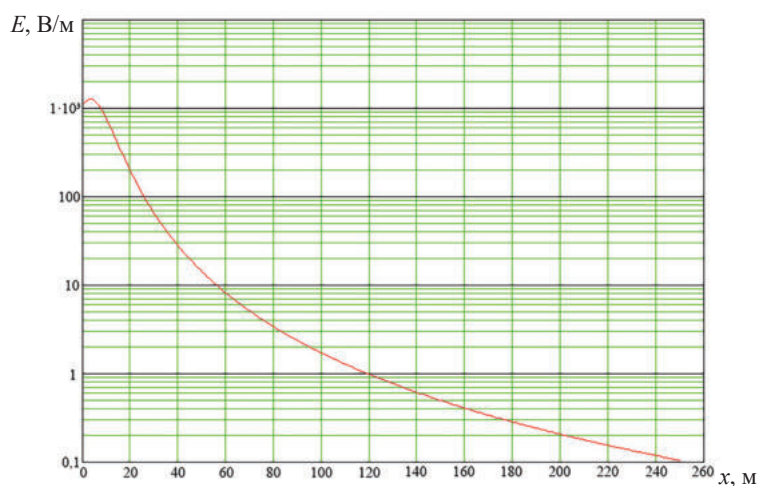


Рисунок 1 – Расчетные данные распределения напряженности электрического поля (E) ЛЭП в поперечном направлении к оси ЛЭП

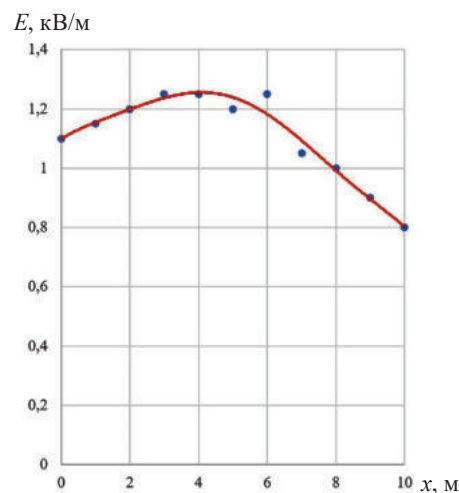


Рисунок 2 – Экспериментальные данные распределения напряженности электрического поля (E) ЛЭП в поперечном направлении к оси ЛЭП



Рисунок 3 – Модель разработанного сигнализатора

На рисунке 1 представлены расчетные данные распределения напряженности электрического поля ЛЭП в поперечном направлении к оси ЛЭП.

Наиболее подробно с результатами расчета можно ознакомиться в статье [11].

Для экспериментального определения картины распространения электромагнитного поля ЛЭП в окружающей среде был использован сертифицированный в Республике Беларусь измеритель напряженности электрических и магнитных полей ПЗ–80.

Для измерений была выбрана ЛЭП «Северная – Восточная» напряжением 110 кВ. Высота замера составляла 2 м. Результаты измерений представлены на рисунке 2.

Результаты измерений позволяют сделать вывод, что полученные данные имеют нелинейную зависимость. Картина распространения электрического поля показывает, что с увеличением расстояния от проводов ЛЭП его величина убывает, но наблюдается разброс показаний прибора, влияние на которые оказывают условия измерения и техногенная обстановка окружающей среды. Аппроксимировав исходные значения, получим близкую сходимость с теоретическими данными.

Для проведения экспериментов была изготовлена модель сигнализатора (рисунок 3), которая показала свою работоспособность как в лабораторных, так и в полевых условиях. При приближении к ЛЭП срабатывает световая и звуковая сигнализация.

Результаты проведенных испытаний разработанного сигнализатора (рисунок 3) подтвердили его чувствительность и показали, что порог срабатывания в 4 раза превышает расстояние наибольшего тормозного пути комбайна [12, 13].

Заключение

В статье проанализировано состояние производственной безопасности при проведении работ с использованием крупногабаритной техники вблизи ЛЭП. Разработан перечень основных требований безопасности под ЛЭП. Приведены результаты расчета напряженности электрического

поля ЛЭП напряжением 110 кВ. Выполнен сравнительный анализ теоретических и полученных экспериментальных данных.

Результаты эксперимента подтвердили, что с увеличением расстояния от проводов ЛЭП напряженность электрического поля убывает обратно пропорционально кубу расстояния до точки наблюдения, близкой к параболической. В показаниях прибора ПЗ–80 просматривается разброс, на работу которого оказывают условия измерения и техногенная обстановка окружающей среды. Аппроксимировав исходные значения, получим близкую сходимость с теоретическими данными.

По результатам проведенных исследований разработано «Устройство для обнаружения и сигнализации при приближении к ЛЭП», имеющее высокую чувствительность, порог его срабатывания в 4 раза превышает расстояние наибольшего тормозного пути комбайна.

Список использованных источников

1. Акимов, М. Н. Основы электромагнитной безопасности : учеб. пособие / М. Н. Акимов, С. М. Аполлонский. – СПб. : Лань, 2016. – 200 с.
2. Интернет-портал Белэнерго Республики Беларусь [сайт] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2022. – URL: <https://www.energo.by/> (дата обращения: 20.11.2024).
3. Промышленная экология : учеб. пособие ; под ред. В. В. Денисова. – 2-е изд. – Ростов н/Д : МарТ, 2011. – 720 с.
4. Правила по охране труда в сельском и рыбном хозяйствах : постановление М-ва сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 5 мая 2022 г. № 29/44 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2022. – № 8/38408.
5. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний = Электраўстаноўкі на напружанне да 750 кВ. Лініі электраперадачы паветраныя і токаправоды, усталюванні размеркавальныя і трансфарматарныя падстанцыі, устаноўкі электрасілавых і акумулятарных, электраўстаноўкі жылых і грамадскіх будынкаў. Правілы ўстаноўкі і ахоўныя меры электрабяспекі. Улік электраэнергіі. Нормы прыёма-здачных выпрабаванняў : ТКП 339-2022 (33240). – Введ. 18.10.2022. – Минск. – 600 с.
6. Русских, В. В. Об актуальности оснащения крупногабаритной сельскохозяйственной техники устройствами сигнализации о приближении к воздушным линиям электропередач / В. В. Русских // Техника и технология пищевых производств : материалы XV Юбилейной Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 апреля 2023 г. : в 2 т. / Белорус. гос. ун-т пищевых и химических технологий. – Могилев : БГУТ, 2023. – Т. 2. – С. 320–321.
7. Электробезопасность при производстве сельскохозяйственных работ. – URL: <https://www.energo.by/content/elektrobezopasnost/elektrobezopasnost-pri-proizvodstve-selskokhozyaystvennykh-rabot> (дата обращения: 20.11.2024).
8. Соблюдение требований безопасности при проведении сельскохозяйственных работ вблизи ЛЭП. – URL: <https://mshp.gov.by/ohranatruda/b0d6f75a37269b70.html> (дата обращения: 20.11.2024).
9. Электрическое и магнитное поля высоковольтной воздушной линии на удалении от нее / Б. К. Сивяков, А. А. Скрипкин, Д. Б. Сивяков, А. В. Цыганков // Вестник Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А. – 2015. – № 3. – С. 200–206.
10. Андруш, В. Г. Комплекс технических решений, повышающих безопасность работы зерноуборочного комбайна под линиями электропередач / В. Г. Андруш, Г. И. Белохвостов, В. В. Русских // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск 3–4 июня 2021 г. ; редкол.: Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2021. – С. 343–346.
11. К вопросу распознавания воздушных линий электропередачи по наводимому электромагнитному полю / В. В. Русских, Г. И. Белохвостов, В. Г. Андруш, А. И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2024. – № 1. – С. 33–38.
12. Устройство для обнаружения и сигнализации при приближении к линии электропередач: положительный результат предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента на изобретение : № а 20210180 : заявлено : 21.06.2021 МПК G 01R 31/34 / В. Г. Андруш, Г. И. Белохвостов, В. В. Русских, А. А. Пинчук.
13. Безопасность при работе сельскохозяйственной техники под линиями электропередач = Safety when operating agricultural machinery under power lines / В. Г. Андруш [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межведомственный тематический сборник. – Минск : Беларус. навука, 2022. – Вып. 55. – С. 313–316.