

Промышленная безопасность на энергоучастках электрифицированных линий



Анатолий ЛУКЬЯНОВ
Anatoly M. LUKYANOV

Дмитрий КОРОЛЬЧЕНКО
Dmitry A. KOROLCHENKO



Анна ЛУКЬЯНОВА
Anna A. LUKYANOVA

Лукьянов Анатолий Михайлович — доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.

Корольченко Дмитрий Александрович — кандидат технических наук, доцент Московского государственного строительного университета, Москва, Россия.

Лукьянова Анна Александровна — инженер, ассистент Российского университета транспорта, Москва, Россия.

Industrial Safety at the Energy Sites of Electrified Railway Lines

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 236)

Система промышленной безопасности в ОАО «РЖД» складывалась десятилетиями. В новых экономических условиях многие её базовые принципы сохранились, но появились и те факторы, которые требуют научного анализа, экспериментальной проверки, современных технологических средств. На примере обслуживания электрифицированных линий исследуется и оценивается ситуация с безопасностью труда, пожарным риском на объектах железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: железная дорога, энергоучасток, зоны риска, безопасность труда, контактная сеть, каретка съёмной изолирующей вышки, шунтирующая штанга, пожарный отсек.

В Российской Федерации электрифицировано около 50 % железных дорог, на которых выполняются перевозки более 80 % грузов, а доля пассажирооборота на них составляет более 41 % по стране [1, с. 3].

В последние годы на железных дорогах расширяется движение тяжеловесных и длинносоставных поездов повышенной массы, вводится в эксплуатацию новый электроподвижной состав, растут скорости движения пассажирских поездов и грузонапряжённость электрифицированных линий, а вместе с этим растут и требования к качеству и надёжности устройств электрооснабжения тяги, особенно контактной сети.

Контактная сеть ОАО «РЖД» — сложное техническое сооружение электрифицированного транспорта. Задача обслуживающего персонала — постоянно содержать устройства контактной сети и воздушных линий в технически исправном состоянии. Для этого необходимо знать и тщательно соблюдать правила техники безопасности,

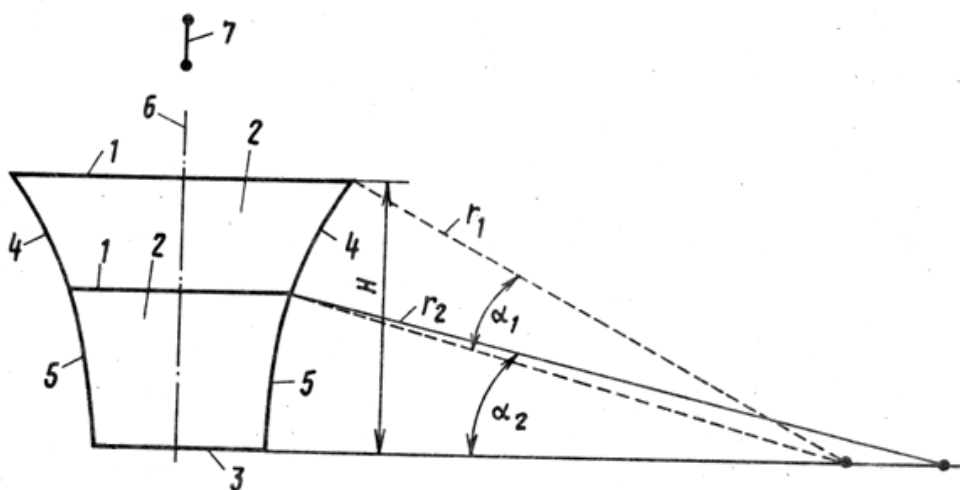


Рис. 1. Каретка изолирующей съёмной вышки контактной сети:
1 – металлический каркас; 2 – сетчатое ограждение; 3 – металлическое основание;
4 – цилиндрическая поверхность; 5 – образующая, параллельная оси контактной сети;
6 – ось, параллельная контактной сети; 7 – контактная сеть.

быстро ориентироваться в сложной поездной ситуации, своевременно проводить профилактические мероприятия, уметь в сжатые сроки выполнять восстановительные работы [1, 2].

Прогнозирование инноваций для обеспечения безопасных условий труда на объектах железнодорожного транспорта и использование новых прогрессивных начинаний как условие успешного функционирования любого предприятия сформулированы в [3].

В процессе эксплуатации сетевых устройств появляются различные отклонения от нормативного состояния отдельных элементов и узлов. Проверка технического состояния контактной подвески является ответственной работой для персонала дистанции контактной сети.

РИСКИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

В зоне контактной сети немалое место принадлежит работам со съёмной изолирующей вышкой, которые выполняются, как правило, под напряжением. В [2, 4] сформулирован порядок их выполнения и регламент.

В Российском университете транспорта для изолирующей вышки разработаны новая каретка и свой вариант шунтирующей штанги.

Экспериментально установлено [5, с. 3], что каретка изолирующей съёмной

вышки контактной сети (рис. 1) должна состоять из металлического каркаса (1) с сетчатым ограждением (2), гальванически связанного с металлическим основанием (3). Каждая боковая стенка металлического каркаса 1 выполнена в виде вогнутых внутрь каретки двух сопряжённых между собой цилиндрических поверхностей (4) и (5) с образующими, параллельными оси (6) контактной сети (7). При этом верхняя цилиндрическая поверхность (5) имеет радиус меньше, чем нижняя.

Время нахождения персонала в электрическом поле существенно зависит от напряжённости поля в рабочей зоне, где используется каретка изолирующей съёмной вышки, а металлический каркас связан с контактной сетью шунтирующими штангами. Снижение напряжённости электрического поля в этом случае может быть достигнуто изменением конструкции каретки. Причём напряжённость в рабочей зоне определяется как геометрическая (векторная) сумма от напряжённости контактной сети ($E_{к.с.}$) и напряжённости поля, создаваемого кареткой ($E_{кар.}$), а также от напряжённости воздушных линий ($E_{в.л.}$) в местах пересечения.

В рабочей зоне каждая из векторных сумм напряжённостей электрического поля контактной сети и каретки (рис. 2) бу-



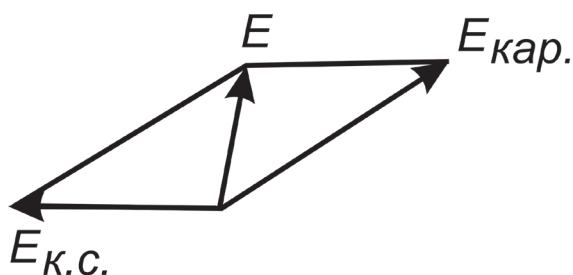


Рис. 2. Картина напряжённости электрического поля в зоне нахождения персонала при работах с вышки под напряжением: $E_{к.с.}$ – вектор напряжённости электрического поля контактной сети; $E_{кар.}$ – вектор напряжённости электрического поля каретки; E – суммарный вектор напряжённости электрического поля.

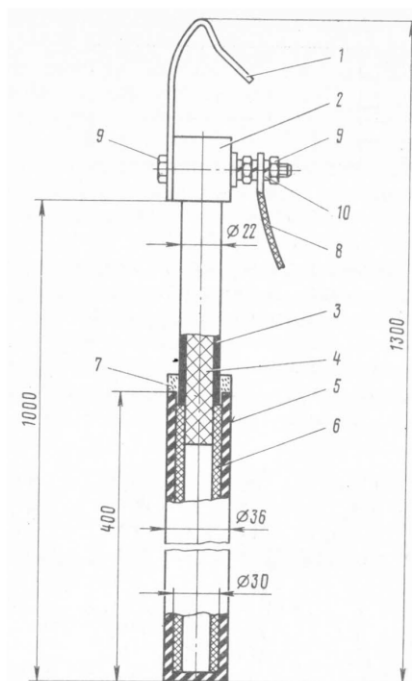


Рис. 3. Шунтирующая штанга съёмной вышки:
1 – медный крюк; 2 – наконечник; 3 – фторопластовая трубка; 4 – стеклопластиковый стержень;
5 – резиновое покрытие; 6 – стеклопластиковая трубка;
7 – герметизирующее кольцо; 8 – гибкий медный провод; 9, 10 – крепёжные детали.

дуг направлены относительно друг друга под углом, существенно превышающим 90° .

В рассматриваемом варианте суммарная напряжённость уменьшается, если параллельные оси контактной сети поверхностей 4 и 5 каретки (рис. 1) выполнены в виде вогнутых внутрь каретки двух сопряжённых между собой цилиндрических поверхностей. При этом центры радиусов поверхностей расположены в плоскости, проходящей через основание каретки.

При моделировании электрических полей каретки изолирующей съёмной вышки

контактной сети на электропроводящей бумаге установлено, что оптимальными являются следующие соотношения геометрических размеров каретки: $\alpha_1/\alpha_2 = 0,85-0,95$; $r_1/H = 1,9-2,0$; $r_2/H = 2,0-2,6$. Если принять $H = 95$ см, то $r_1 = 1800-1900$ мм; $r_2 = 2370-2470$ мм; $\alpha_1 = 13-15^\circ$; $\alpha_2 = 12-13^\circ$, где H – высота каретки, α_1 – центральный угол дуги поверхности 4, α_2 – центральный угол дуги поверхности 5, r_1 – радиус вогнутой поверхности 4, r_2 – радиус вогнутой поверхности 5.

Именно при наличии названных характеристик суммарная напряжённость элект-

рического поля каретки и электрического поля контактной сети уменьшается до 40° и более.

В меньшей степени снижается суммарная напряжённость электрического поля в местах пересечения линий высокого напряжения, поскольку для существенного снижения модуля вектора $E_{\text{кар.}} + E_{\text{к.с.}} + E_{\text{в.л.}}$ каретку необходимо гальванически соединить с проводом воздушной линии, что недопустимо.

Опуская подробности, констатируем, что несомненную пользу для обслуживающего персонала оказывают и шунтирующие штанги; один из вариантов разработанной в Российском университете транспорта такой штанги приведён на рис. 3.

ПОЖАРНЫЕ ОТСЕКИ

При строительстве зданий энергоучастка или дистанций контактной сети важнейшим требованием является необходимость их деления на пожарные отсеки [6, с. 8–33; 7, с. 77–84]. Здесь нужен индивидуальный подход, что обуславливает создание и использование своей расчётной методики.

Деление здания энергоучастка или дистанции контактной сети на пожарные отсеки помогает ограничить распространение пожара за пределы его очага. Главное же, с дробления рабочих площадей начинается формирование системы противопожарной защиты, и эта задача реализуется во взаимоувязке с планировочными, конструктивными и инженерными проектными решениями.

Одним из наиболее значимых критериев при выборе максимально допустимой площади пожарного отсека является учёт тактико-технических возможностей горизонта пожарной охраны и пожарно-спасательных подразделений, обслуживающих территорию, на которой размещено здание энергоучастка и дистанции контактной сети.

Алгоритм принятия решений по делению здания энергоучастка и дистанции контактной сети на пожарные отсеки в соответствии с действующей системой технического регулирования ориентирован прежде всего на соблюдение требований нормативных документов.

В практике строительства энергоучастка и дистанции контактной сети инженерные решения обосновываются

большей частью расчётами. Однако исторически сложилось, что по ряду причин противопожарные решения, в том числе по устройству пожарных отсеков, основываются преимущественно на нормах. Это естественно, потому что будучи составным элементом строительного процесса, проектирование нуждается в минимальном анализе и меньших затратах времени на подготовку проектных решений.

Понятно, что и предписывающие нормы могут иметь свои недостатки. В частности, возможны ситуации, когда два здания, запроектированные по одним и тем же нормативам и имеющие один класс функциональной пожарной опасности, будут отличаться разным уровнем безопасности для людей и имущества при пожаре.

Проектировщик нередко поставлен в условия конфликта: с одной стороны, надо подчиняться требованиям норм, а с другой — удовлетворять функциональные нужды заказчика здания. Часто возникают вопросы в отношении привязки определённых нормативных требований к специфическим особенностям проектируемого здания. Предписывающие нормы могут быть чересчур консервативны и потому необоснованно дороги в исполнении. Не случайно их порой «заменяют» обобщённая практика и компромиссные взаимные договорённости без серьёзной инженерной проработки [8–11].

Для деления энергоучастка и дистанции контактной сети на пожарные отсеки применяются противопожарные стены и перекрытия 1-го типа. Пределы огнестойкости для них установлены таблицей 23 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [6] — не менее REI 150. Класс конструктивной пожарной опасности противопожарных преград независим от класса пожарной опасности энергоучастка или дистанции контактной сети.

Принципиальное отличие строительной конструкции, используемой в качестве противопожарной преграды, от строительной конструкции с нормируемым пределом огнестойкости заключается в наличии требования о соответствующем заполнении проёмов в преграде.

При делении зданий и сооружений на отсеки следует выполнять предписания,



направленные на нераспространение пожара в обход противопожарных преград.

Противопожарные стены должны возводиться на всю высоту здания либо до противопожарных перекрытий 1-го типа и обеспечивать непопадание огня в смежный пожарный отсек, в том числе при одностороннем обрушении конструкций со стороны очага пожара.

Места сопряжения противопожарных стен, перекрытий и перегородок с другими ограждающими конструкциями пожарного отсека должны иметь не меньший по отношению друг к другу предел огнестойкости.

Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если объект в полной мере отвечает нормам регламента, принятым в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» (от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ), и пожарный риск не превышает допустимых значений. Подтверждением этому служит либо соблюдение нормативных документов по пожарной безопасности, либо расчёт пожарных рисков при обязательном выполнении в любом случае требований технических регламентов.

Отсюда следует задача рассмотреть возможности, предоставляемые расчётом индивидуального пожарного риска для обоснования размеров пожарных отсеков.

РАСЧЁТ ПОЖАРНОГО РИСКА

Порядок расчёта установлен приказом МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» и приказом МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах» [8, 12].

Расчёты по оценке пожарного риска проводятся путём сопоставления представленных данных с нормативными значениями. Определение расчётных величин риска осуществляется на основании:

- 1) анализа пожарной опасности зданий;
- 2) частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- 3) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

4) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей;

5) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий.

Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на человека, находящегося в здании.

Частота воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (1)$$

где Q_B^H — нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$;

Q_B — расчётная величина индивидуального пожарного риска.

Расчётная величина Q_B в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_B = Q_{\text{п}} \cdot (1 - R_{\text{ап}}) \cdot P_{\text{пр}} \cdot (1 - P_{\text{э}}) \cdot (1 - P_{\text{п.з}}), \quad (2)$$

где $Q_{\text{п}}$ — частота возникновения пожара в здании в течение года, определяемая с помощью статистических данных;

$R_{\text{ап}}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (АУПТ). Значение параметра $R_{\text{ап}}$ определяется технической надёжностью элементов АУПТ. При отсутствии в здании систем автоматического пожаротушения $R_{\text{ап}}$ принимается равной нулю;

$P_{\text{пр}}$ — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $P_{\text{пр}} = t_{\text{функц}} / 24$, где $t_{\text{функц}}$ — время нахождения людей в здании в часах;

$P_{\text{э}}$ — вероятность эвакуации людей;

$P_{\text{п.з}}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Вероятность $P_{\text{п.з}}$ рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{п.з}} = 1 - (1 - R_{\text{обн}} \cdot R_{\text{соуэ}}) \cdot (1 - R_{\text{обн}} \cdot R_{\text{плз}}), \quad (3)$$

где $R_{\text{обн}}$ — вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{\text{соуэ}}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуа-

цией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{\text{пдз}}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы противоподымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Как видно из приведённых формул, в методике расчёта пожарного риска отсутствуют показатели, зависящие от площади пожарного отсека или его высоты. Безопасность людей обеспечивается за счёт правильного устройства путей эвакуации и технических систем противопожарной защиты. Размеры пожарных отсеков оказывают лишь косвенное влияние на принимаемые решения в области безопасности.

И здесь возникают два серьёзных момента, связанных с действующими методиками.

Первый: расчёт пожарного риска, выполненный в соответствии с методикой, не может являться основанием для невыполнения положений нормативных документов, которые его не учитывают.

Второй момент: положения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 27.07.2017 г.), в частности ст. 87, о том, что «степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков должна устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов», должны учитываться уже на этапе проектирования. При невыполнении требований нормативных документов к площади пожарных отсеков не выполняются, естественно, и требования федерального закона о том, что степень огнестойкости должна соответствовать площади пожарного отсека.

ВЫВОДЫ

В ходе исследований дана оценка ситуации с безопасностью труда на энергоучаст-

ках электрофицированных линий железных дорог и при этом:

1) представлены разработанные в Российском университете транспорта каретка съёмной изолирующей вышки и шунтирующая штанга;

2) установлено, что расчёт индивидуального пожарного риска не может быть использован в качестве необходимой и достаточной базы для обоснования размеров пожарных отсеков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чекулаев В. Е. и др. Устройство и техническое обслуживание контактной сети: Учеб. пособие / Под ред. А. А. Федотова. — М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. — 436 с.
2. Борц Ю. В., Чекулаев В. Е. Контактная сеть. — М.: Транспорт, 1981. — 223 с.
3. Пономарёв В. М., Донцов С. А. Прогнозирование инноваций и безопасный труд // Мир транспорта. — 2012. — № 4. — С. 142–145.
4. Жуков В. И., Пономарёв В. М., Рахманов Б. Н. Безопасность труда на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов. — М.: МИИТ, 2011. — 731 с.
5. Косарев Б. И., Кручинин Е. В., Лукьянов А. М. и др. Каретка изолирующей съёмной вышки контактной сети // Бюл. Изобретений, 1989, № 3. В 60 М 1/28, № 1452725. Заявка № 4305799 от 09.07.1987, ВНИИ-ПИ.
6. Пронин Д. Г., Корольченко Д. А. Деление зданий на пожарные отсеки. — М.: Пожнаука, 2014. — 40 с.
7. Pope R. Lessons from Madrid // New Steel Construction. — 2006. — Vol. 14 (3). — pp. 26–28.
8. Polandov Iu., Korolchenko D. The consideration of the turbulence influence on the gas explosion expansion in non-closed areas. — MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 106. — Art. 01040. — 8 p. — DOI: 10.1051/mateconf/201710601040.
9. Kholshchevnikov V., Korolchenko D., Zosimova O. Efficiency evaluation criteria of communication paths structure in a complex of buildings of maternity and child-care institutions. — MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 106. — Art. 01037. — 11 p. — DOI: 10.1051/mateconf/201710601037.
10. Korolchenko D., Pizhurin A. Simulating operational control of production in lumber house building businesses. — MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 117. — Art. 00084. — 7 p. — DOI: 10.1051/mateconf/201711700084.
11. Корольченко Д. А., Черкина В. М., Евич А. А. Эффективность применения кремнезёмной ткани в противопожарных шторах // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 2017. — № 4. — С. 107–111.
12. Корольченко Д. А., Холщевников В. В. Дифференциация концепции системного подхода к анализу городской среды // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — № 7. — С. 44–51.

Координаты авторов: **Лукьянов А. М.** — (495) 684–24–70, **Корольченко Д. А.** — (495) 287–49–19, **Лукьянова А. А.** — mikeskywalker@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 19.09.2018, принята к публикации 20.02.2019.

