

*В. Н. Черных, В. А. Осипов*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ РАННЕГО ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ КОНТАКТНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

**Аннотация.** Статья посвящена разработке принципов раннего обнаружения гололедно-изморозевых образований на контактной сети электрифицированных железных дорог. Рассмотренный в работе способ актуален для использования на перегонах с низкой интенсивностью движения, оборудованных полностью компенсированной контактной подвеской. В статье обосновывается возможность определения факта начала отложения гололеда путем измерения усилия в точке крепления неподвижного ролика компенсатора контактной сети. На основании выполненного анализа предложено оптимальное место установки тензометрического измерительного органа системы раннего обнаружения гололедообразования. Предлагается метод анализа полученных данных для выделения переменной составляющей веса провода. Приводится также обзор существующих методов борьбы с гололедом, дана их оценка.

**Ключевые слова:** гололед, гололедно-изморозевые образования, борьба с гололедом, тензодатчик, контактная сеть.

**Для цитирования:** Черных, В. Н. Совершенствование системы обнаружения раннего гололедообразования для контактных сетей электрифицированных железных дорог / В. Н. Черных, В. А. Осипов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2. – С. 110–118. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_2\_110.

### **Введение**

Контактная сеть (КС) электрифицированных железных дорог представляет собой систему проводов и поддерживающих конструкций, которые обеспечивают непрерывное питание тяговых потребителей электрической энергии. В ее состав входят провода и тросы, которые в совокупности образуют контактную подвеску, опорные и поддерживающие, а также фиксирующие конструкции, необходимые для нормального функционирования системы. Несмотря на всю значимость и важность бесперебойной работы, контактная сеть, ввиду невозможности другого технического исполнения, не имеет резерва. Именно поэтому необходимо стремиться к повышению надежности эксплуатационных характеристик всей системы в целом. Одним из основных факторов, отрицательно воздействующих на контактную сеть, является ее расположение на открытой местности, где она подвержена негативному влиянию различных атмосферных явлений.

К числу таких воздействий, пагубно влияющих на техническое состояние устройств КС, можно отнести значительные перепады температур, иногда в пределах одних суток, постоянные ветровые нагрузки, выпадение атмосферных осадков (дождь, снег). Наиболее тяжелым режимам работы система электроснабжения подвергается при эксплуатации ее в осенне-зимний и зимне-весенний периоды. Именно в это межсезонье провода и тросы контактной подвески подвержены максимальным механическим нагрузкам. В течение дня температура может резко колебаться от отрицательных значений к положительным и наоборот. Ветер достигает максимальных скоростей и порывов. Атмосферные осадки также могут видоизменяться в течение дня. Все эти факторы атмосферного влияния способствуют образованию таких сложных режимов работы, как гололед и гололед с ветром.

Эксплуатация контактной сети во время возникновения на ней гололеда и гололедно-изморозевых образований затрудняется по ряду причин. Основная причина – это ухудшение токосъема из-за образования наледи и гололеда на контактном проводе, которые приводят к искрению и возникновению электрической дуги в месте контакта полоза токоприемника и проводов контактной сети. Из-за этого соответственно разрушаются и деформируются и полозы токоприемников, и сами провода. Могут произойти пережоги контактного провода в месте соприкосновения с последующим обрывом целого участка контактной подвески и нарушением транспортного сообщения, зачастую на длительное время. Помимо электротермической составляющей негативных последствий не стоит забывать и об увеличении динамических и статических нагрузок на провода и тросы, поддерживающие и фиксирующие устройства системы. В частности, опоры, консоли и другая арматура контактной сети постоянно подвержены большим нагрузкам ввиду практически повсеместного применения систем компенсации

натяжения проводов и тросов контактной подвески, которые необходимы для качественного токо-схема. За счет налипания снега и/или образования гололеда эта нагрузка растет. Толщина гололедной муфты может достигать 50–70 мм, в значительной степени увеличивая нагрузку на провода и конструкции. Подобные аварийные режимы работы негативно сказываются на показателях работы участка железной дороги, а также влекут за собой значительные материальные затраты на восстановление работоспособности контактной сети.

### **Основная часть**

Способов борьбы с гололедными отложениями, как и методов раннего обнаружения, на сегодняшний день известно достаточно большое количество, однако актуальность задачи эффективной борьбы с гололедом на контактной сети в настоящее время только возрастает. Одним из основных тезисов принятой и утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 17.06.2008 № 877-р «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г.» является увеличение скоростей и грузопотока совместно с повышением надежности работы устройств и систем электроснабжения. Решение данной задачи невозможно без обеспечения надежного и непрерывного электроснабжения ЭПС, что реализуется в том числе с помощью эффективных методов борьбы с гололедом.

На сегодняшний день основными приемами борьбы с гололедом на контактной сети являются его плавка токами короткого замыкания (КЗ) и профилактический подогрев [1]. Плавка гололеда как известно осуществляется путем нагрева проводов контактной подвески токами короткого замыкания. Данный способ борьбы имеет ряд существенных недостатков, главным из которых является полное прекращение отпуска электроэнергии потребителям, как тяговым, так и нетяговым, ввиду технических особенностей применяемых схем. Кроме этого, повышается риск обрыва проводов из-за возможных ошибок при расчете токов короткого замыкания, особенно это касается проводов и тросов контактной подвески, где для поддержания постоянного натяжения контактного провода применяются устройства грузокompенсации.

Очевидно, что бороться с уже образовавшимся гололедом сложнее, чем предупреждать его образование на ранних стадиях. Профилактика образования гололеда проводится за счет применения профилактического подогрева проводов воздушных линий электропередачи, который также получил широкое применение и на контактной сети. Однако на сегодняшний день существует проблема с рациональностью использования данного метода. В большинстве случаев профилактический подогрев проводов используется «вслепую», пока погодные условия не придут в норму. Такой подход влечет необоснованные экономические затраты на электроэнергию и реже, чем при плавке гололеда, но может приводить к неблагоприятным последствиям.

Поиском путей решения проблемы гололедно-изморозевого образования на элементах контактной цепной подвески занимался ряд научно-исследовательских институтов и коллективов специалистов данной области в нашей стране и за рубежом. Большой вклад в эти исследования был привнесен сотрудниками РГУПС/РИИЖТ. Учеными кафедры «Автоматизированные системы электроснабжения» были предложены и разработаны методики, позволяющие повысить эффективность борьбы с указанным нежелательным явлением [2–4].

Ярким примером такой работы является разработка методики расчета оптимальных значений тока плавки гололеда на неизолированных проводах воздушных линий [5, 6]. Над созданием методики борьбы с гололедом и автоколебаниями на контактной сети, линиях ДПП, автоблокировки и продольного электроснабжения трудился не один коллектив научных сотрудников и конструкторского бюро, в том числе – от Ростовского государственного университета путей сообщения – профессора Е. П. Фигурнов и Ю. И. Жарков, а также кандидат технических наук, доцент Т. Е. Петрова. Использование вышеупомянутой методики позволяет с высокой точностью рассчитывать величину тока плавки гололеда, которая позволит растопить образовавшуюся наледь, минимизируя при этом негативные последствия от такого воздействия для проводов и устройств контактной сети. На основании изложенного в книгах материала были разработаны и составлены многочисленные таблицы, номограммы и схемы, используемые для профилактического подогрева или плавки гололеда.

Способы обнаружения гололедно-изморозевых образований на воздушных линиях разрабатываются, модернизируются и уточняются. На настоящий момент приоритет в этом направлении отводится разработке автоматизированной системы контроля за состоянием проводов и устройств воздушных линий электропередачи. Известно несколько способов организации такого контроля, применяемых на высоковольтных ЛЭП. Однако широкое применение получили лишь некоторые из них, а именно инклинометрический метод измерения гололедной нагрузки, радиолокационный и термодинамический.

Первый способ основан на регистрации в режиме реального времени угла наклона разнообразных предметов относительно гравитационного поля земли. В случае с воздушными линиями (ВЛ) этим «разнообразным предметом» выступает провод. Имеющий место в данном случае эффект «кручения» обусловлен тем, что при естественных механических деформациях провода происходит его оборот вокруг своей оси. Регистрируя такое изменение провода в пространстве, можно получить дополнительную информацию о состоянии проводов воздушных линий.

Суть радиолокационного метода состоит в подаче импульса в контролируемую линию с последующим определением времени, которое будет затрачено на распространение этого сигнала на протяжении всей линии в прямом и обратном направлениях. Любые неоднородности, которые возникают в линии (обрывы, КЗ, гололед и т. д.), увеличивают время прохождения сигнала по контролируемой линии. Главным недостатком такого способа является его низкая чувствительность.

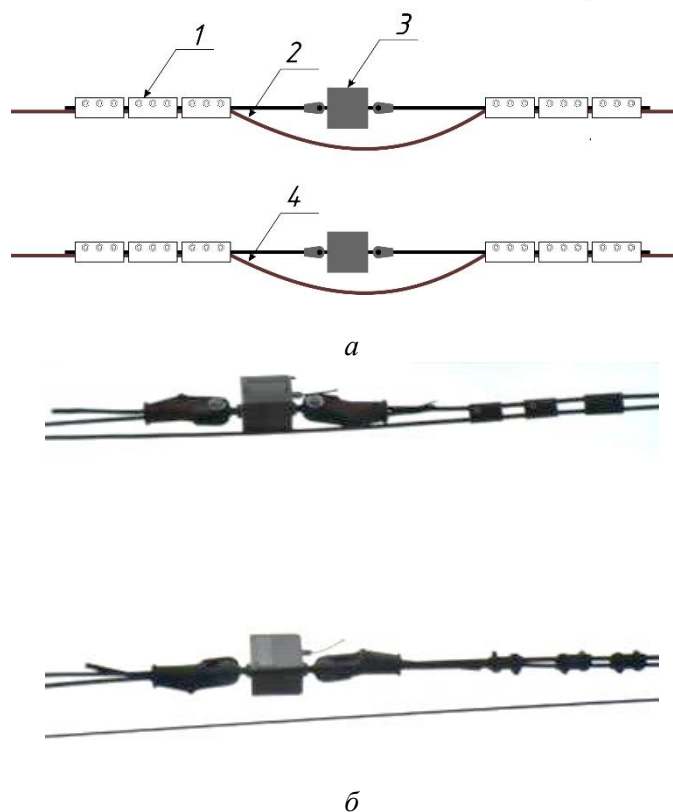
Термодинамический способ обнаружения гололедно-изморозевых отложений основан на непрерывном контроле в режиме реального времени нескольких важных параметров провода, а именно его температуры и веса, также регистрируются направление и скорость ветра на участке предположительного гололедообразования. Температура провода и характеристические показатели ветра измеряются при помощи метеорологических станций, вес же проводов регистрируется при помощи специальных датчиков тяжения. Их принцип работы основан на применении явления тензоэффекта. Метод обладает достаточно высокой точностью и гибкостью настроек и конфигурации системы.

Наиболее близким к описанному способу является аппаратно-технический комплекс автоматизированной информационной системы контроля гололедной нагрузки (АИСКГН) «БЛАЙС®» (разработан «Специальным конструкторским бюро приборов и систем автоматизации», г. Невинномысск). В его состав входит весь необходимый комплекс датчиков – преобразователей нагрузки, системы регистрации атмосферных явлений, таких как влажность, температура, ветер, датчик контроля температуры провода и передающий собранную информацию блок. Совокупность датчиков контроля и датчиков-преобразователей (тензодатчиков), устанавливаемых на опоре ВЛ, образует пункт контроля (ПК). Он может устанавливаться как непосредственно на опору, так и неподалеку от нее. В его состав также обязательно входит система бесперебойного питания. Типы датчиков могут меняться в зависимости от того, какие параметры необходимо регистрировать на выбранном участке. После сбора информации с датчиков и устройств, установленных на ПК, ее передают на пункт приема (ПП), где она обрабатывается на АРМ диспетчера и выводится на монитор ноутбука или стационарного компьютера в понятной человеку форме. ПП представляет собой совокупность сетевого оборудования, необходимого для приема и обработки поступающей информации от ПК, в которую входят система бесперебойного питания для обеспечения надежности сохранности данных, серверный шкаф, модуль связи ПК и ПП.

Непосредственное использование такого комплекса на контактной сети электрифицированных железных дорог весьма затруднено из-за различий в способе подвески фазных проводов линии электропередачи и креплении проводников контактной сети. В отличие от проводов обычных ЛЭП, которые выполняют лишь функцию передачи электрической энергии и имеют некоторую стрелу провеса, к проводам и тросам контактной сети предъявляются более строгие требования. Одно из таких важных условий – натяжение провода с целью максимальной минимизации стрелы провеса контактного провода в пределах анкерного участка. Такой эффект достигается за счет использования грузокомпенсирующих устройств (КУ) и струн, которые в пределах одного анкерного участка поддерживают провод на нужной высоте.

Коллективом кафедры «Теоретические основы электротехники» ФГБОУ ВО РГУПС совместно со «Специальным конструкторским бюро приборов и систем автоматизации» (г. Невинномысск) был проведен ряд исследований и испытаний, который позволил сделать вывод о том, что установка системы АИСКГН «БЛАЙС®» на контактной сети возможна, но требует детальной переработки под условия эксплуатации. В результате выполненных исследований [7, 8] был предложен и опробован способ крепления тензометрического датчика на анкерной опоре полукомпенсированной контактной подвески, который находится на малоделятельном Ростовском участке Северо-Кавказской железной дороги в районе высокой насыпи и интенсивного воздействия ветровых нагрузок. Тензодатчики были закреплены на несущем тросе и контактном проводе методом «шунтирования», т. е. без повреждения проводов (рис. 1, а). При помощи полиспастных блоков контактный провод 4 и несущий трос 2 у анкерной опоры немного стянули, чтобы образовалась небольшая петля, а сам датчик-преобразователь 3 установили в образовавшуюся петлю при помощи специальных зажимов КС 1. Такой тип крепления

выполнял еще и защитную функцию, гарантируя в случае механического разрушения датчика сохранность контактной подвески. Фотоизображение установленных на реальном участке датчиков приведено на рис. 1, б.



**Рис. 1. Датчики-преобразователи натяжения на несущем тросе и контактном проводе:**  
а – схема установки; б – фотоизображение

Принцип определения наличия гололеда основан на том факте, что несущий трос жестко закреплен с двух сторон на анкерных опорах, и возникновение на нем гололедно-изморозевых образований приводит к увеличению натяжения несущего троса. Именно эта величина регистрируется тензометрическим датчиком и передается для дальнейшей обработки в центр управления. При этом благодаря наличию струн возникновение гололеда на контактном проводе также приводит к увеличению натяжения в несущем тросе, что позволяет по значению натяжения несущего троса судить о наличии гололеда на обоих проводниках контактной подвески. Следует отметить, что натяжение несущего троса будет изменяться в том числе и при прохождении подвижного состава, но в пределах одного анкерного участка это весьма кратковременное явление, сравнительно легко отслеживаемое посредством аналитической обработки массива данных, получаемых при измерении силы натяжения несущего троса.

Описанный способ определения начала гололедообразования не лишен недостатков. Крепление тензодатчика в несущий трос полукompенсированной контактной подвески позволяет контролировать изменение его натяжения при воздействии сторонних факторов, при этом установка датчика в контактный провод не дает возможности получать данные об изменении натяжения провода. Вызвано это тем, что контактный провод находится в состоянии компенсации натяжения, что не позволяет судить о внешнем воздействии на него описанным выше способом. В результате по силе натяжения несущего троса возможно зарегистрировать сравнительно большой слой гололеда, но никак не начало его отложения. Также следует отметить, что на полностью компенсированных контактных подвесках данный способ неприменим вообще.

Авторами статьи предлагается иной подход при определении оптимального места установки измерительных преобразователей, который позволяет исключить ряд недостатков описанного выше метода и в результате повысить достоверность определения факта начала отложения гололеда. В статье

в качестве примера принята блочно-полиспастная система компенсации (рис. 2). Дальнейшие рассуждения применимы в общем виде и для других типов компенсации с некоторыми изменениями, обусловленными техническими особенностями исполнения.

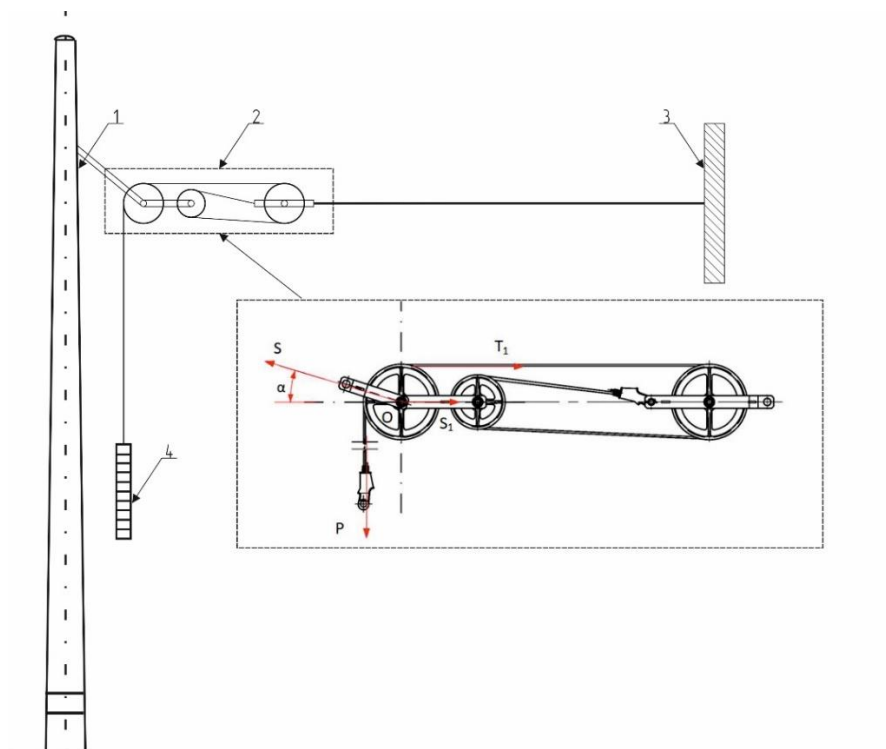


Рис. 2. Принятая система компенсации контактного провода

На рис. 2 представлено схематичное изображение анкерной опоры компенсированной контактной подвески. Здесь цифрой 1 обозначена сама опора, 2 – компенсатор блочно-полиспастного типа КБП-3-30, 3 – точка средней анкеровки контактного провода, 4 – грузы компенсирующего устройства. Для обоснования места установки тензометрических датчиков рассмотрим компенсирующее устройство с расстановкой сил и моментов, действующих на механизм. При анализе сделаем ряд допущений. Будем считать, что все тросы, используемые в системе натяжения, нерастяжимы и невесома, блоки невесома, трение в осях блоков отсутствует (рис. 3).

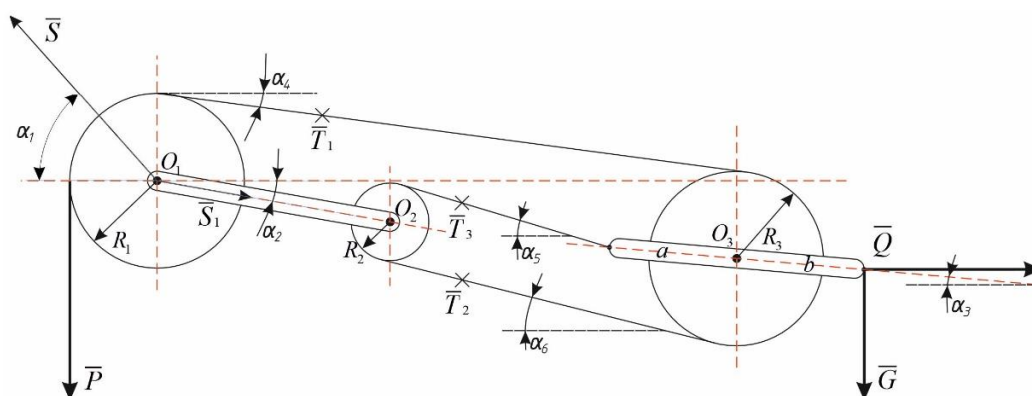


Рис. 3. Схема КУ с изображением действующих на них сил

Система уравнений сил и моментов для точки  $O_1$ :

$$\sum F_{kx} = 0: -S \cdot \cos \alpha_1 + T_1 \cdot \cos \alpha_4 + S_1 \cdot \cos \alpha_2 = 0. \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0: -P + S \cdot \sin \alpha_1 - T_1 \cdot \sin \alpha_4 - S_1 \cdot \sin \alpha_2 = 0. \quad (2)$$

$$\sum M = 0: T_1 \cdot R_1 - P \cdot R_1 = 0. \quad (3)$$

Из (3) получим:

$$T_1 = P. \quad (4)$$

Система уравнений сил и моментов для точки  $O_2$ :

$$\sum F_{kx} = 0: T_2 \cdot \cos \alpha_6 + T_3 \cdot \cos \alpha_5 - S_1 \cdot \cos \alpha_2 = 0. \quad (5)$$

$$\sum F_{ky} = 0: S_1 \cdot \sin \alpha_2 - T_2 \cdot \sin \alpha_6 - T_3 \cdot \sin \alpha_5 = 0. \quad (6)$$

$$\sum M = 0: T_3 \cdot R_2 - T_2 \cdot R_2 = 0. \quad (7)$$

Из (7) получим:

$$T_2 = T_3. \quad (8)$$

Система уравнений сил и моментов для точки  $O_3$ :

$$\sum F_{kx} = 0: Q - T_1 \cdot \cos \alpha_4 - T_2 \cdot \cos \alpha_6 - T_3 \cdot \cos \alpha_5 = 0. \quad (9)$$

$$\sum F_{ky} = 0: -G + T_1 \cdot \sin \alpha_4 + T_2 \cdot \sin \alpha_6 + T_3 \cdot \sin \alpha_5 = 0. \quad (10)$$

$$\sum M = 0: T_1 \cdot R_3 - T_2 \cdot R_3 = 0. \quad (11)$$

Из (11) получим:

$$T_1 = T_3. \quad (12)$$

С учетом (4) и (8):

$$T_1 = T_2 = T_3 = P. \quad (13)$$

Объединив (1) с (5) и (2) с (6) с учетом (13), получим:

$$-S \cdot \cos \alpha_1 + P(\cos \alpha_4 + \cos \alpha_6 + \cos \alpha_5) = 0. \quad (14)$$

$$-P + S \cdot \sin \alpha_1 - P(\sin \alpha_4 + \sin \alpha_6 + \sin \alpha_5) = 0. \quad (15)$$

Перепишем (9) и (10) с учетом (13):

$$P \cdot (\cos \alpha_4 + \cos \alpha_6 + \cos \alpha_5) = Q. \quad (16)$$

$$P \cdot (\sin \alpha_4 + \sin \alpha_6 + \sin \alpha_5) = G. \quad (17)$$

Подставив (16) в (14), а (17) в (15), окончательно запишем:

$$S \cdot \cos \alpha_1 = Q. \quad (18)$$

$$S \cdot \sin \alpha_1 = P + G. \quad (19)$$

Анализируя выражения (18) и (19), можно прийти к выводу, что сила  $S$  имеет две составляющие: первая – горизонтальная, обусловленная натяжением контактного провода, вторая – вертикальная, обусловленная весом грузов компенсатора  $P$  и весом контактного провода, зажимов –  $G$ . Результирующее значение силы  $S$  будет определяться выражением:

$$S = \sqrt{Q^2 + (P + G)^2}. \quad (20)$$

При возникновении дополнительных горизонтальных нагрузок (например гололедно-изморозевые отложения) на контактный провод составляющая силы  $G$  получит некоторое приращение  $\Delta G$ , а сила  $S$  получит приращение  $\Delta S$ .

$$\Delta S = \sqrt{Q^2 + (P + G + \Delta G)^2} - \sqrt{Q^2 + (P + G)^2}. \quad (21)$$

Для расчета величины приращения  $\Delta G$  важно помнить, что составляющие  $Q$ ,  $P$  и  $G$  для конкретного анкерного участка являются неизменными величинами и определяются конструктивными параметрами контактной подвески, а следовательно, могут быть заданы.

### **Выводы**

Выполненные исследования показали, что возникновение дополнительных гололедных нагрузок  $\Delta G$  на контактный провод вызовет некоторое изменение силы в точке крепления неподвижного блока компенсатора. Такое положение вопроса позволяет дать рекомендацию по выбору оптимального места установки тензометрических датчиков. Для использования выражения (21) измерительные тензометрические датчики стационарно закрепляются между штангой для крепления неподвижного ролика типа «ушко-ушко» на опоре и неподвижным роликом блоков грузокомпенсирующих устройств. Для считывания информации с тензодатчиков на опоре размещаются модули приемо-передающей аппаратуры для связи датчиков с центром управления.

Здесь необходимо сделать весьма важную оговорку, касающуюся чувствительности разрабатываемого принципа на всем протяжении от места соединения контактного провода с компенсатором до средней анкерной. Составляющая силы  $G$  будет определяться весом контактного провода со всеми составляющими, находящимися на нем в пределах половины анкерного участка, при условии, что отсутствует поддерживающее воздействие струн цепной контактной подвески. При условии, что положение контактного провода можно считать беспровесным, а натяжение достаточно высоким, реакцией струн можно пренебречь [9, 10]. В противном случае чувствительность будет снижаться, в пределе приближаясь к возможности обнаружения гололеда только в первом пролете от места установки компенсатора.

### **Список литературы**

- 1 **Фигурнов, Е. П.** Условия успешной плавки гололеда на неизолированных проводах воздушных линий / Е. П. Фигурнов, Ю. И. Жарков, Т. Е. Петрова // *Электричество*. – 2013. – № 8. – С. 21–27. – ISSN 0013-5380.
- 2 **Жарков, Ю. И.** Повышение надежности и безопасности электроснабжения на основе мониторинга и раннего обнаружения опасных внешних воздействий и скрытых дефектов в устройствах электроснабжения / Ю. И. Жарков, Ю. Г. Семенов, Е. П. Фигурнов // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2012. – № 1 (45). – С. 190–195. – ISSN 0201-727X.
- 3 **Кубкина, О. В.** Исследование возможности применения емкостного способа контроля толщины стенки гололедно-изморозевых образований на проводах. Математическая модель емкости планарного конденсатора / О. В. Кубкина // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2008. – № 2 (30). – С. 95–100. – ISSN 0201-727X.
- 4 **Попова, Н. А.** Уточнение критериев применения автоматизированной системы борьбы с гололедообразованием на проводах контактной сети / Н. А. Попова, А. В. Безуглый // *Инженерный вестник Дона*. – 2019. – № 9 (60). – С. 20. – ISSN 2073-8633.
- 5 Методические указания по борьбе с гололедом и автоколебаниями на контактной сети, линиях ДПП, автоблокировки и продольного

### **References**

- 1 **Furnov, E. P.** Conditions of successful melting of ice on uninsulated wires of overhead lines / E. P. Furnov, Yu. I. Zharkov, T. E. Petrova // *Elektrichestvo*. – 2013. – No. 8. – P. 21–27. – ISSN 0013-5380.
- 2 **Zharkov, Yu. I.** Increasing the reliability and safety of the power supply on the basis of monitoring and early detection of the dangerous external effects and hidden defects in the power supply devices / Yu. I. Zharkov, Yu. G. Semenov, E. P. Furnov // *Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya*. – 2012. – No. 1 (45). – P. 190–195. – ISSN 0201-727X.
- 3 **Kubkina, O. V.** Investigation of the possibility of using the capacitive method of controlling the wall thickness of ice and frost formations on wires. Mathematical model of the planar capacitor capacity / O. V. Kubkina // *Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya*. – 2008. – No. 2 (30). – P. 95–100. – ISSN 0201-727X.
- 4 **Popova, N. A.** Refinement of the application criteria of the automated system for the anti-icing system on the contact network wires / N. A. Popova, A. V. Bezuglyy // *Engineering Journal of Don*. – 2019. – No. 9 (60). – P. 20. – ISSN 2073-8633.
- 5 Methodical guidelines for control of ice and auto-vibration on the contact network, DPR lines, autoblocking and longitudinal power supply. Book 1. Basics of prophylactic heating, melting of

электрообеспечения. Кн. 1. Основы профилактического подогрева, плавки гололедно-изморозевых образований и меры борьбы с автоколебаниями проводов контактной сети и высоковольтных линий / РЖД, Департамент электрификации и электрообеспечения. – Москва, 2004. – 132 с.

6 Методические указания по борьбе с гололедом и автоколебаниями на контактной сети, линиях ДПР, автоблокировки и продольного электрообеспечения. Кн. 3. Методические указания по борьбе с гололедом на контактной сети системы переменного тока / РЖД, Департамент электрификации и электрообеспечения. – Москва, 2004. – 132 с.

7 **Трубицин, М. А.** Анализ способов обнаружения гололеда на проводах ЛЭП и их применение для контактной сети / М. А. Трубицин, О. Г. Лукашевич // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4 (43). – С. 23. – ISSN 2073-8633.

8 **Трубицин, М. А.** Проблема гололеда на проводах воздушных линий системы электрообеспечения железнодорожного транспорта / М. А. Трубицин, О. Г. Лукашевич // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4 (47). – С. 30. – EDN NUDHYH.

9 **Михеев, В. П.** Контактные сети и линии электропередачи : учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. П. Михеев. – Москва : Маршрут, 2003. – 416 с. – ISBN 5-89035-086-2.

10 **Фрайфельд, А. В.** Проектирование контактной сети электрифицированных железных дорог / А. В. Фрайфельд. – Москва : Транспорт, 1984. – 327 с.

ice and frost formations and measures against auto-oscillations of wires of the contact network and high-voltage lines / Russian Railways, Department of Electrification and Power Supply. – Moscow, 2004. – 132 p.

6 Methodical instructions for control of ice and auto oscillations on the contact network, DPR lines, autoblocking and longitudinal power supply. Book 3. Methodical instructions for the control of ice on the contact network of the alternating current system / Russian Railways, Department of Electrification and Power Supply. – Moscow, 2004. – 132 p.

7 **Trubitsin, M. A.** Analysis of methods for detecting ice on the wires of power lines and their application for the contact network / M. A. Trubitsin, O. G. Lukashevich // Engineering Journal of Don. – 2016. – No. 4 (43). – P. 23. – ISSN 2073-8633.

8 **Trubitsin, M. A.** Problem of ice on the wires of overhead lines of the railway transport power supply system / M. A. Trubitsin, O. G. Lukashevich // Engineering Journal of Don. – 2017. – No. 4 (47). – P. 30. – EDN NUDHYH.

9 **Mikheev, V. P.** Contact networks and power lines : a textbook for railway transport universities / V. P. Mikheev. – Moscow : Marshrut, 2003. – 416 p. – ISBN 5-89035-086-2.

10 **Freifeld, A. V.** Designing of the contact network of electrified railways / A. V. Freifeld. – Moscow : Transport, 1984. – 327 p.

*V. N. Chernykh, V. A. Osipov*

## IMPROVING THE EARLY ICE FORMATION DETECTION SYSTEM FOR CONTACT NETWORKS OF THE ELECTRIFIED RAILWAYS

**Abstract.** The paper is devoted to the development of the principles of early detection of ice and frost formations on the contact network of electrified railroads. The method considered in the paper is relevant for use on low-intensity crossings equipped with fully compensated contact suspension. The paper substantiates the possibility of determining the fact of the beginning of ice deposition by measuring the force at the point of fixing the fixed roller of the contact network compensator. On the basis of the performed analysis the optimal place of installation of strain gauge measuring body of the system of early detection of ice formation is proposed. A method of analyzing the obtained data to isolate the variable component of the wire weight is proposed. The paper also gives a review of the existing methods of de-icing and their evaluation.

**Keywords:** ice, ice-frost formations, ice control, strain gauge, contact network.

**For citation:** Chernykh, V. N. Improving the early ice formation detection system for contact networks of the electrified railways / V. N. Chernykh, V. A. Osipov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 2. – P. 110–118. – DOI 10.46973/0201-727X\_2024\_2\_110.

**Сведения об авторах****Черных Владимир Николаевич**

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретические основы электротехники»,  
ассистент,  
e-mail: v014nd94@yandex.ru

**Осипов Владимир Александрович**

Ростовский государственный университет путей  
сообщения (РГУПС),  
кафедра «Теоретические основы электротехники»,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой,  
e-mail: ova\_toe@rgups.ru

**Information about the authors****Chernykh Vladimir Nikolayevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Basis of Electrical  
Engineering»,  
Assistant,  
e-mail: v014nd94@yandex.ru

**Osipov Vladimir Alexandrovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Theoretical Basis of Electrical  
Engineering»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor, Head of the Department,  
e-mail: ova\_toe@rgups.ru