

УДК 656.2

М.Е. Маркушин

*Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Российская Федерация*

РАСЧЕТ КОНТУРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ*

Аннотация. Статья посвящена проблеме термостабилизации рельсов бесстыкового пути. Автор предлагает для защиты от недопустимых величин нагрева и охлаждения использовать контурные тепловые трубы. Зимой они позволяют использовать геотермальное тепло, а летом — геотермальный холод. Это поддерживает температуру рельсов в автоматическом режиме без переохлаждения и перегрева рельсов предохраняя от «температурного» разрыва или излома зимой и от «температурного» выброса летом. Приведены результаты технико-экономического расчета системы термостабилизации плети бесстыкового пути тепловыми трубами в первом приближении, которые показывают принципиальную обоснованность и возможность их использования.

Ключевые слова. Бесстыковой путь, рельс, термостабилизация, геотермальный, контурная тепловая труба, температурный режим, регулировка, расчет, выброс, разрыв, излом.

Информация о статье. Дата поступления: 17 марта 2021 г.

М.Е. Markushin

*Samara State Transport University,
Samara, Russian Federation*

CALCULATION OF THE CIRCUIT HEAT PIPE THERMOSTABILIZATION OF A CONTINUOUS WELDED RAIL**

Abstract. The article considers the problem of thermal stabilization of continuous welded rails. The author suggests using loop heat pipes to protect against unacceptable system values and cooling. In winter, they allow the use of geothermal heat, and in summer, geothermal cold. This maintains the temperature of the rails in automatic mode without overcooling and overheating of the rails, protecting them from “temperature” rupture or kinking in winter and from “temperature” release in summer. The study provides the results of the technical and economic calculation of the system of thermal stabilization of the continuous welded track by heat pipes in the first approximation, which show the fundamental validity and the possibility of their use.

* Материалы обсуждены на XI Международной научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона», посвященной 45-летию ИРГУПС и 90-летию БГУ, г. Иркутск, 11–13 ноября 2020 г.

** The research was presented at the XI International Research and Practical Conference «Transport Infrastructure of the Siberian Region» dedicated to the 45th anniversary of Irkutsk State Railways University and the 90th anniversary of BSU, Irkutsk, November 11–13, 2020.

Keywords. Continuous track, rail, thermal stabilization, geothermal, loop heat pipe, temperature regime, adjustment, calculation, ejection, rupture, fracture.

Article info. Received 17 March 2021.

Использование бесстыковой конструкции пути железной дороги предполагает регулярное измерение температуры рельсов. При обеспечении надежной и безопасной работы бесстыкового пути встает задача управления его температурным режимом. Температура рельса выше температуры закрепления вызывает продольные силы сжатия, которые могут создать опасность выброса пути. Если температура рельса ниже температуры закрепления — возникают растягивающие силы, которые могут вызвать излом плети или образование зазора в стыке, угрожающего безопасному пропуску поезда.

Использование бесстыкового пути в районах с большим межсезонным перепадом температур воздуха создает дополнительные трудности в его содержании: вероятность необходимости смены уравнильных рельсов в весенний и осенний периоды. Она приводит к увеличению времени проведения и удорожанию текущих и ремонтно-восстановительных работ бесстыкового пути.

Межсезонная смена уравнильных рельсов, по стоимости, может варьироваться. Она выполняется путевой бригадой. Численность бригады зависит от типа, длины рельсов, а также используемых путевых механизмов. Например, смена рельса Р65 длиной 12,5 м при раздельном скреплении, в среднем, может занимать 4,5–5,5 ч/ч.¹ Тогда затраты труда на смену 6 уравнильных рельсов (2 нитки пути) будут 27–33 ч/ч.

Весной при температурном расширении уравнильных рельсов, стыковые зазоры могут закрыться при невозможности их разгонки. Иногда не удастся сменить уравнильный зимний рельс на укороченный летний. Технология смены рельсов без зазоров в стыках предполагает удалять зажатый рельс вырезкой его газопламенной резкой. Это приводит к его разрушению и невозможности дальнейшего использования. Извлекаемый рельс превращается в металлолом. При этом в бригаду смены рельсов должен быть назначен газорезчик, что влечет за собой определенные сложности в период возможной смены уравнильных рельсов. Каждая «весенняя» смена уравнильных рельсов между бесстыковыми участками пути может быть дороже на стоимость двух уравнильных рельсов и процедуры газорезки. То есть, кроме нормированных человеко-часов при смене уравнильных рельсов, в ее стоимость может включаться стоимость 2-х рельсов Р65 длиной 12,5 м. Та-

¹ Об утверждении Норм времени на работы по текущему содержанию пути. Часть 2. Работы по рельсам и скреплениям : Распоряжение ОАО РЖД от 11 янв. 2018 г. № 22р : (ред. от 22 нояб. 2018) // СПС «КонсультантПлюс».

ким образом, актуальная стоимость ежегодной смены уравнительных рельсов между бесстыковыми участками в год может быть порядка 200 000 р.

Задача термостабилизации рельсов бесстыкового пути для защиты их от недопустимых величин нагрева и охлаждения может быть решена на высоком технологическом уровне применением низкотемпературных тепловых труб, позволяющих использовать геотермальное тепло зимой и геотермальный холод летом. Авторами [1] схематично разработана конструкция тепловой трубы системы автоматической регулировки температурного режима рельсов бесстыкового пути. Для практической реализации ее решения предложено применять контурные тепловые трубы, размещенные в верхнем и нижнем строениях пути, позволяющие использовать геотермальное тепло зимой и геотермальный холод летом для поддержания в автоматическом режиме допустимой температуры бесстыкового пути: предохранение от «температурного» разрыва или излома рельса зимой и предохранение от «температурного» выброса рельса или плети летом.

Контурная тепловая труба (КТТ) [2] относится к числу пассивных теплопередающих устройств, работающих по замкнутому испарительно-конденсационному циклу с капиллярным давлением прокачки теплоносителя. Она есть замкнутый контур с испарителем капиллярно-пористой структуры — фитилем, конденсатором, которые связаны трубопроводами раздельного движения паровой и жидкостной фаз теплоносителя. КТТ имеет гибкие транспортные каналы, что удобно при монтаже. Капиллярная структура локализована, расположена в испарителе.

Возможные размеры КТТ: горизонтальный — между вертикальными частями гидравлической и паровой труб, и вертикальный — от испарителя до конденсатора, определяются принципами функциональности и целесообразности: горизонтальный — не меньше межшпального, вертикальный — не меньше толщины балластного слоя.

Приблизительный технико-экономический расчет конструктивного решения устройства термостабилизации рельсов бесстыкового пути при критических годовых температурных перепадах (в северных регионах), в продолжении [3], может быть следующим.

Нитка бесстыкового пути длиной $L = 1\,000$ м принимает солнечное излучение площадью, 150 м^2 (для Р65). В наших широтах на квадратный метр приходится 800–1 000 Вт мощности солнечной энергии. При возможных потерях, для расчета можно взять 800 Вт на м^2 . Тогда одна километровая нитка бесстыкового пути принимает 120 кВт. Пусть КТТ, обеспечивающая тепловую стабильность нитки плети бесстыкового пути, имеет геометрические параметры тепловой трубы [3]: вертикальный размер — 2 м, го-

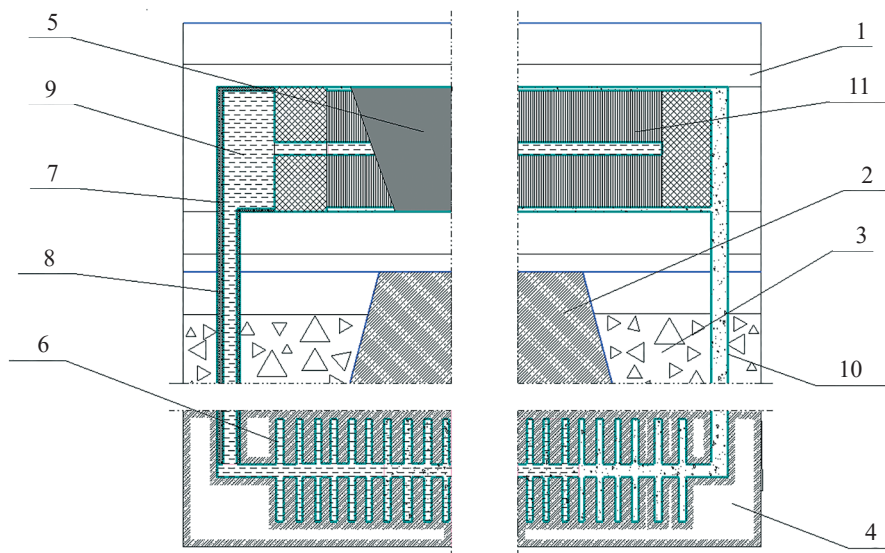


Рис. 1. Схема контурной тепловой трубы термостабилизации рельсов бесстыкового пути показана на рисунке: рельс 1 на железобетонных шпалах 2 в балласте 3 на грунте 4 включает испаритель (охладитель рельса) 5 и конденсатор (радиатор-теплообменник) 6, жидкостной конденсаторопровод 7 с теплоизолятором 8, компенсационную полость 9, паропровод 10 и фитиль (капиллярный насос-испаритель) 11

ризонтальный — не менее междушпального расстояния, корпус с теплоносителем на водной основе с теплопередающей способностью не менее 60 Вт. Его ориентировочная стоимость определяется ценой теплоносителя, корпуса, фитиля, конденсатора и его установкой в строение пути.

Используемой теплоноситель — раствор: вода (90 %), аммиак (7 %), альдегид НС 7 (2,7 %), азот (0,3 %), температура парообразования 25 °С — опускается как пар в конденсатор. Летом температура грунта на глубине промерзания ниже 25 °С. Теплоноситель конденсируется в капиллярном сборнике жидкости конденсатора. Как рабочая жидкость (с помощью капиллярной силы) перетекает в зону контакта КТТ с рельсом. Он испаряется, охлаждая этим рельс отводом скрытой теплоты парообразования теплоносителя. Стоимость одной тонны этого теплоносителя по средним ценам его компонентов порядка 10–20 тыс. р.

Корпус одной КТТ, схематично представляет замкнутую емкость в виде прямоугольного контура из металлической профильной трубы из нержавеющей стали объемом, в первом приближении, 4–8 л на метр пути. То есть, стоимость корпусов КТТ из нержавеющей стали на 1 км пути может быть порядка 200–400 тыс. р.

Фитиль (капиллярный насос-испаритель) используется для обеспечения фазового перехода жидкости в пар. С целью минимизации, стоимости может быть изготовлен из пористой керамики, например, изготовленным Alibaba Group. При расчете стоимости фитилей для междушпальных КТТ для 1 км пути, используя цены на продукцию концерна, можно ориентироваться на 100–200 тыс.р.

Конденсатор-теплообменник (сборник жидкости) используется для обеспечения фазового перехода пара в жидкость. Стоимость его может примерно совпадать со стоимостью фитиля.

Стоимость установки КТТ в строение железнодорожного пути не может быть стандартизирована в виду множества различных конструктивно-эксплуатационных факторов дороги и самой установки. Возможно, она будет не меньше суммы выше перечисленных элементов КТТ.

Таким образом, в первом приближении, стоимость термостабилизации километра бесстыкового пути контурно-тепловыми трубами для 1 км пути может быть порядка 2 млн р., что на порядок больше стоимости процедуры замены уравнильных рельсов.

Данный приблизительный технико-экономический расчет конструктивного решения устройства термостабилизации рельсов бесстыкового пути на основе контурных тепловых труб дает принципиальную обоснованность и возможность их использования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калабухов В.Н. Проблема термостабилизации бесстыкового пути и пассивное управление его температурным режимом / В.Н. Калабухов, М.Е. Маркушин // Наука и образование транспорту. — 2017. — № 2. — С. 94–97.
2. Майданик Ю.Ф. Контурные тепловые трубы и двухфазные теплопередающие контуры с капиллярной прокачкой : дис. ... д-ра техн. наук : 01.04.14 / Ю.Ф. Майданик. — Москва, 1993. — 47 с.
3. Калабухов В.Н. Управление температурным режимом рельсов бесстыкового пути тепловыми трубами / В.Н. Калабухов, М.Е. Маркушин // Вестник транспорта Поволжья. — 2019. — № 3 (75). — С. 51–56.

REFERENCES

1. Kalabukhov V.N., Markushin M.E. The problem of thermal stabilization of a continuous welded track and passive control of its temperature regime. *Nauka i obrazovanie transportu = Transport Science and Education*, 2017, no. 2, pp. 94–97. (In Russian).
2. Maidanik Yu.F. *Konturnye teplovye truby i dvukhfaznye teploperedayushchie kontury s kapillyarnoi prokachkoj. Dokt. Diss.* [Loop heat pipes and two-phase heat transfer loops with capillary circulation Dock. Diss.]. Moscow, 1993. 47 p.
3. Kalabukhov V.N., Markushin M.E. Control over the Temperature Range of the Continuous Welded Rail with the Help of Heat Pipes. *Vestnik transporta Povolzh'ya = Volga Transport Bulletin*, 2019, no. 3 (75), pp. 51–56. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Маркушин Михаил Евгеньевич — кандидат технических наук, доцент, кафедра «Путь и путевое хозяйство», ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», г. Самара, Российская Федерация, e-mail: elgushy@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Mikhail E. Markushin — PhD in Engineering, Associate Professor, Department «Way and Track Facilities», Samara State Transport University, Samara, Russian Federation, e-mail: elgushy@gmail.com.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Маркушин М.Е. Расчет контурной тепловой трубы термостабилизации бесстыкового пути / М.Е. Маркушин // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2021. — Т. 3, № 2. — С. 77–82.

FOR CITATION

Markushin M.E. Calculation of the Circuit Heat Pipe Thermostabilization of a Continuous Welded Rail. System Analysis & Mathematical Modeling, 2021, vol. 3, no. 2, pp. 77–82.