

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

УДК 629.4.02.004.67:620.1

В. В. БУРЧЕНКОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА РАБОТУ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАКТОВ АППАРАТУРЫ КТСМ

Рассмотрено влияние солнечного излучения на достоверность показаний измерительных преобразователей аппаратуры КТСМ при определении уровней нагрева буксовых узлов подвижного состава. Приведены цифровые характеристики уровней солнечного излучения. Разработана методика оценки влияния солнечного излучения на достоверность показаний измерительных преобразователей систем контроля нагрева буксовых узлов, позволяющая минимизировать ошибки измерений. Предложено техническое решение и устройство для выявления воздействий потоков прямого и отраженного солнечного излучения на измерительный тракт аппаратуры КТСМ. Разработана схема сопряжения идентификатора с периферийным комплексом КТСМ.

Введение. Системы и комплексы дистанционного контроля технического состояния буксовых узлов подвижного состава в движении являются важными диагностическими устройствами для обеспечения безопасности перевозочного процесса. Для этой цели используются Комплексы технических средств (КТСМ) (ОАО «Инфотекс»), Дистанционные измерительные системы контроля ДИСК-2 (УО ВНИИЖТ), Европейские системы контроля НОА-400, Автоматизированные системы диагностики колес АСДК-Б (Украина) и др. Воздействие солнечного излучения на аппаратуру контроля снижает достоверность показаний измерительных преобразователей этих систем и является недостатком. Влияние солнечной радиации проявляется в виде отраженного потока инфракрасного излучения, поглощенного корпусом буксы, из-за чего повышается ее температура, а также при прямом попадании солнечных лучей на входы измерительных трактов устройств.

Уменьшить вредное влияние солнечной радиации на показания аппаратуры автоматического контроля букс можно путем формирования таких признаков распознавания, которые были бы нечувствительны (инвариантны) к солнечному излучению. Важным фактором, от которого зависит мощность ИК-излучения букс, является коэффициент излучения ϵ (иногда называемый степенью черноты тела). В реальных условиях эксплуатации элементы корпусов букс и колесных пар, на которые ориентированы оптические системы измерительных преобразователей приемников ИК-излучения, могут быть окрашенными и ржавыми, покрыты смесью осевого масла и пыли, льдом и снегом, пылью перевозимых подвижным составом материалов. Коэффициент излучения таких букс может колебаться в значительных пределах. Таблица 1, в которой приведены значения коэффициентов излучения некоторых материалов и веществ дает представление о размере этих изменений. Анализ данных таблицы, а также экспериментальные исследования позволяют заключить, что коэффициент излучения большинства находящихся в эксплуатации букс изменяется от 0,85 до 0,95. Это создает предпосылки для пропуска аварийных нагретых букс [1, 2].

Влияние солнечной радиации на буксовый узел приводит к тому, что за счет поглощенной энергии температура корпуса буксы повышается на 5–10 °С.

Оценка влияние отраженного ИК-излучения осуществлена на основе спектрального распределения солнечной энергии.

Таблица 1 – Коэффициенты излучения некоторых используемых материалов и веществ

Материал	Температура, °С	Коэффициент излучения, ϵ
Литое необработанное железо	100	0,87–0,95
Железо, покрытое ржавчиной	100	0,61–0,85
Сталь с шероховатой поверхностью	50	0,95–0,98
Сталь, покрытая ржавчиной	50	0,69–0,85
Асбестовая пыль	20	0,4–0,6
Известь	25	0,3–0,4
Угольная пыль	25	0,7–0,95
Сажа	20–100	0,95–0,98
Блестящий черный лак	40–100	0,87
Матовый черный лак	40–100	0,96–0,98
Водяная пленка на металле	20	0,98

На рисунке 1 в относительных единицах показано спектральное распределение энергии солнца на различных высотах (в градусах). Как следует из приведенного распределения, максимум излучения приходится на длины волн 0,5–0,6 мкм, а его энергия тем больше, чем выше над линией горизонта расположено солнце. Более 95 % излучаемой солнцем энергии расположено в интервале от 0,3 до 1,8 мкм. Отраженный от буксы лучистый поток в спектральном отношении, воспринимаемый приемником определяется из выражения [3]:

$$F_{\text{отр}} = R_0 S (1 - \epsilon) \cos \varphi \left(1 - \cos \frac{\psi}{2} \right) K(\lambda), \quad (1)$$

где $R_0 = 0,0697 \text{ Вт/см}^2$ – плотность солнечного лучистого потока на уровне земли для средних широт (солнечная постоянная); ϵ – коэффициент излучения отражающей поверхности; S – площадка, охватываемая телесным углом оптической системы приемника ИК-излучения на корпусе буксы при ее сканировании, см^2 ; φ – угол падения солнечных лучей на вертикальную поверхность буксы, град; ψ – угол зрения оптической системы приемника ИК-излучения, град; $K(\lambda)$ – волновая (спектральная) характеристика приемника ИК-излучения.

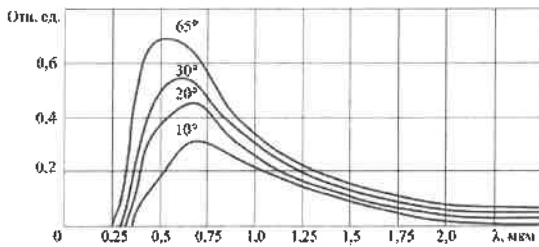


Рисунок 1 – Спектральное распределение солнечной энергии при различных углах склонения

Анализ выражения (1) показывает, что отраженный поток будет тем больше, чем меньше коэффициент излучения отражающей поверхности. Предположим, что $\epsilon = 0,87$ (поверхность буксы покрыта черным лаком); $\varphi = 45^\circ$; $\psi = 5^\circ$ (измерительный преобразователь – болометр БП1-2); $S = 100 \text{ см}^2$, а спектральная характеристика приемника описывается выражением

$$K(\lambda) = \begin{cases} 0 & \text{при } \lambda < 1,7 \text{ мкм;} \\ 1 & \text{при } \lambda \geq 1,7 \text{ мкм.} \end{cases}$$

Такая характеристика может быть у приемника ИК-излучения с германиевой линзой. В этом случае приемник ИК-излучения сможет воспринять лишь 5 % отраженного излучения, охваченного телесным углом оптической системы:

$$F_{\text{отр}} = 0,0697 \cdot 100 \cdot 0,13 \cdot 0,7 \cdot 0,00095 \cdot 0,05 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт.}$$

Мощность излучения, воспринимаемая приемником от букс, корпуса которых нагреты до $60\text{--}80^\circ\text{C}$ ($333\text{--}353 \text{ К}$), находится в интервале $(8\text{--}12) \cdot 10^{-5} \text{ Вт}$, т. е. $F_{\text{отр}} / F_6 \approx 0,2 \dots 0,3$. Приведенный расчет выполнен для буксы с пониженным коэффициентом излучения. Большинство находящихся эксплуатации букс имеют коэффициент излучения $\epsilon \approx 0,85 \dots 0,95$. В этом случае воспринимаемый приемником отраженный лучистый поток составляет 5–10 % излучаемого нагретой буксой.

Уменьшить влияние отраженного потока можно за счет спектральной фильтрации, т. е. путем подавления излучения в интервале $0,3\text{--}5 \text{ мкм}$. На рисунке 2 показаны спектральные характеристики основных материалов, используемых в качестве фильтрующих в оптических системах приемников ИК-излучения аппаратуры контроля нагрева букс.

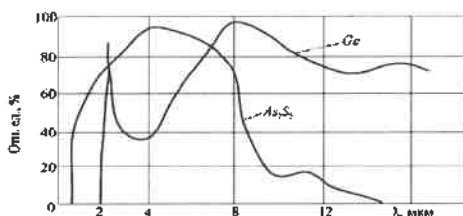


Рисунок 2 – Спектральные характеристики материалов оптических систем приемников ИК-излучения

Как видно из приведенных кривых на рисунке 2, эти материалы достаточно хорошо подавляют энергию в области солнечного излучения, пропуская спектр ИК-излучения букс.

Для определения лучистого потока, воспринимаемого приемником ИК-излучения при прямом попадании

на него солнечных лучей, воспользуемся формулой (1), положив в ней $\epsilon = 0$. В этом случае лучистый поток, воспринимаемый приемником, будет в 10–15 раз больше отраженного потока, что значительно превышает мощность ИК-излучения, воспринимаемую приемником от перегретой буксы.

Среда, по которой распространяется инфракрасная энергия, также влияет на мощность ИК-излучения букс. Прозрачность этой среды при движении поезда в различных климатических условиях может заметно меняться. В зимнее время при движении поезда с большой скоростью эта среда в результате поземки наполняется частицами снега и пыли, прозрачность среды может быть уменьшена сильным снегопадом. В весенне-летний период эта среда может быть насыщена каплями тумана, дождя, частицами пыли и т. п.

Ослабление лучистого потока, проходящего сквозь толщу среды, можно определить из выражения [4]:

$$R = R_0 e^{-\gamma z},$$

где R_0 – начальный лучистый поток, Вт/см^2 ; γ – показатель ослабления, $1/\text{см}$; z – толщина среды, см .

Ослабление лучистого потока средой обычно происходит как за счет рассеивания потока, так и за счет его поглощения. Рассеивание средой сказывается в области видимого спектра излучения. В области ИК-излучения в большей степени сказывается поглощение энергии излучения частицами среды, определяемой по формуле

$$R = R_0 e^{-5 \cdot 10^{-3} \cdot 200} = 0,96 R_0.$$

Расчеты и экспериментальные исследования показали, что в худшем случае на расстоянии 2 м поглощение среды может привести к ослаблению потока на 3–5 % [2].

Уменьшить влияние прямой солнечной радиации можно улучшением характеристик фильтров (повышение их подавляющей способности в области ИК-излучения солнца), выбором направления ориентации напольных считывающих устройств, исключая попадание солнечных лучей на приемник ИК-излучения в любое время суток, или с помощью защитных щитов, расположенных на направлении солнечных лучей за габаритом приближения строений.

Период и время влияния солнечного излучения на работу систем обнаружения перегретых букс определяются расчетом согласно техно-рабочему проекту «Размещение аппаратуры ПОНАБ № 417719» для каждого подверженного влиянию комплекса, уточняются по результатам эксплуатации и вносятся в местную инструкцию, утверждаемую начальником отделения дороги. То есть влияние солнечного излучения на работу средств контроля не квалифицируется как отказ устройств контроля подвижного состава, а порядок отнесения задержек поездов, остановленных по солнечной «засветке» конкретизирован инструктивно.

Это положение указывает на то, что воздействие солнечного излучения на аппаратуру контроля является недостатком самой системы. Со стороны разработчиков ДИСК-2 (УО ВНИИЖТ) и КТСМ (ОАО «Инфотекс») были разъяснения о подверженности «засветки» изме-

рительных трактов аппаратуры КТСМ-01, КТСМ-01(Д) и в меньшей степени КТСМ-02. Применение солнечных фильтров не устраняет полностью влияние солнечного излучения, а лишь частично снижает его по длительности и силе. Полное устранение влияния при помощи светофильтров принципиально невозможно, так как светофильтры устраняют только коротковолновую (< 6 мкм) часть спектра солнечного излучения, а в оставшейся полосе спектра (6–14 мкм) солнце излучает энергию, значительно превышающую энергию излучения корпусов букс.

Вместе с тем согласно Положению о порядке учета отказов технических средств в рамках комплексной автоматической системы контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ), случаи остановки поезда из-за воздействия на средства контроля солнечного излучения оперативно относятся на службу сигнализации и связи Белорусской железной дороги.

Очевидно, что фактическое влияние солнечного излучения следует минимизировать и идентифицировать в режиме реального времени для оперативного сопоставления с конкретными остановками поездов по показаниям аппаратуры контроля. Важным этапом является определение характера статистической связи солнечного излучения и «засветки» измерительного тракта аппаратуры контроля буксовых узлов и выявление способов воздействия на показания результатов контроля. Конечным итогом исследований является сокращение задержек поездов из-за солнечного влияния и других тепловых излучений. С этой целью проведен сбор и анализ статистических данных о задержках поездов из-за ложных срабатываний на фитинговые платформы, горячий груз, на шкивы пассажирских вагонов, выхлопные трубы специального самоходного подвижного состава ССПС и другой специальной техники. Осуществлено исследование интенсивности солнечного излучения и разработан алгоритм согласования результатов измерений инфракрасной энергии буксовых узлов и воздействия солнечного излучения. Разработан и испытан идентификатор солнечного излучения. Он состоит из сборки 6 фотодиодов ИК-диапазона, соединенных по логической схеме ИЛИ и размещенных в климатически защищенном корпусе. Идентификатор устанавливается на верхней крышке напольной камеры комплекса КТСМ-01Д для исключения заносов снегом в зимнее время.

Ориентация контролируемых направлений воздействия солнечных лучей приведена на рисунке 3.

Получено 26.04.2023

V. V. Burchankou. Evaluation of the influence of solar radiation on the operation of the measuring trains of the KТСМ equipment.

The technology of the effect of solar radiation on the accuracy of the measuring paths of the KТСМ equipment when measuring the heating of the axle boxes of the rolling stock is considered. Numerical characteristics of solar radiation levels are given. A technique has been developed for assessing the effect of solar radiation on the reliability of the readings of measuring transducers of axle box heating control systems, which makes it possible to minimize measurement errors. A device for recording solar radiation is proposed.

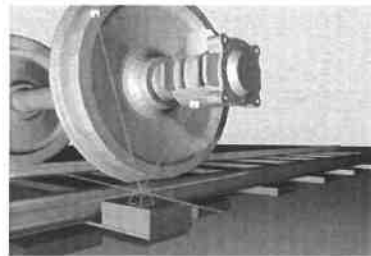


Рисунок 3 – Схема ориентации регистратора солнечного излучения

Схема сопряжения разработана для передачи сигналов идентификатора на свободный канал модуля МЦМК, расположенного в периферийном комплексе ПК-02ПД аппаратуры КТСМ-01Д. Усовершенствован алгоритм теплового контроля подвижного состава комплексами КТСМ-01(Д) [6, 7]. Разработаны дополнения для местной инструкции по эксплуатации устройств контроля нагрева букс в разделе учета влияния солнечного излучения и регистрации задержек поездов.

Заключение. Разработана методика оценки влияния солнечного излучения на достоверность измерений устройств контроля нагрева буксовых узлов. Предложено устройство, позволяющее регистрировать уровень солнечного излучения и минимизировать это мешающее воздействие.

Список литературы

- 1 **Поборцев, П. Н.** Порядок пользования автоматизированной системой контроля подвижного состава (АСК ПС) от устройств ДИСК, КТСМ Белорусской железной дороги / П. Н. Поборцев, З. А. Стаховская. – Минск : Белорусская ж. д., 2008. – 76 с.
- 2 **Бурченко, В. В.** Оперативная информация о состоянии подвижного состава Белорусской железной дороги / В. В. Бурченко // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / редкол. : В. И. Сенько [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 73–74.
- 3 **Трестман, Е. Е.** Автоматизация контроля буксовых узлов в поездах / Е. Е. Трестман, С. Н. Лозинский, В. Л. Образцов. – М. : Транспорт, 1983. – 352 с.
- 4 **Панкратов, Л. В.** Мониторинг нагрева букс / Л. В. Панкратов, С. Н. Чистяков // Автоматика, телемеханика, связь. – 2008. – № 6. – С. 19–21.
- 5 **Гондоров, В. А.** Новый этап развития аппаратуры КТСМ / В. А. Гондоров // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 30–31.
- 6 Автоматизированная система контроля подвижного состава АСК ПС. Общее описание системы. И.2.006-02ПД / НПЦ «ИНФОТЕКС». – Екатеринбург, 1999. – 10 с.
- 7 Автоматизированная система контроля подвижного состава АСК ПС. Типовые схемы подключения. И.2.006-02 С5 / НПЦ «ИНФОТЕКС». – Екатеринбург, 1998. – 9 с.