

УДК622.86:621.867.2

## АНАЛИЗ СРЕДСТВ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОНТРОЛЯ НА ЛЕНТОЧНОМ КОНВЕЙЕРЕ

Громов Е.С., Оленич А.А., Папст В.К. студенты гр. ГПС-181, курс 4

Научный руководитель: Юрченко В.М., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Одной из причин возникновения пожара на ленточном конвейере является - нагревание роликов, вышедших из строя (заклинивание подшипниковых узлов) трением движущейся ленты. Причем возгорание происходит при остановке конвейера, когда уменьшается рассеивание тепла.

Обнаружить источник возникновения тепла по длине става возможно тепловым линейным пожарным извещателем, который представляет собой контактный термокабель марки PHSC [1](компания Protectowire ,США ) или ProReact Digital LHD [2] (компания Thermocable, Великобритания). Кабель состоит из двух стальных проводников (рис. 1), каждый из



Рис.1. Конструкция термокабеля PHSC.

которых имеет изолирующее покрытие из термочувствительного полимера. Проводники с изолирующим покрытием скручиваются для создания между ними механического напряжения, затем покрываются защитной оболочкой и помещаются в оплетку для изоляции от воздействия неблагоприятных условий окружающей среды. На линейном стае ленточного конвейера термокабель располагается под роликами грузовой ветви с помощью

натянутого несущего троса, либо с помощью струбцин, прикрепленных к боковым кронштейнам роlikоопор[3] (рис. 2)

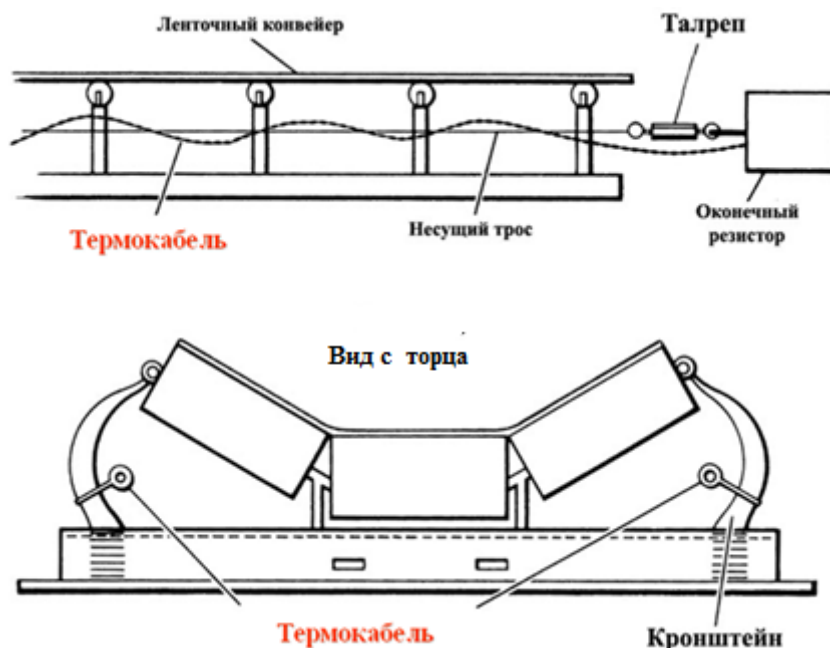


Рис. 2. Закрепление термокабеля на линейном ставе ленточного конвейера

При достижении температурного порога (57, 68, 88, 105 °C для разного типа кабелей) в любой точке по всей длине кабеля под действием давления проводников, разрушается термочувствительный слой полимера нанесенного на стальные проводники и проводники входят в контакт друг с другом (происходит их механическое замыкание). Вычисление местонахождения проблемной зоны осуществляется интерфейсным модулем и основано на разнице электрических сопротивлений стальных проводников термокабеля, и медного провода, соединяющего извещатель с контрольным оборудованием (рис. 3) [3].

Место срабатывания извещателя определяется с помощью специальных приемно-контрольных устройств, интерфейсных модулей МИП отечественного производства (компания ООО «Пожтехника») [4].



Рис. 3. Схема подключения линейного теплового пожарного извещателя к интерфейсному модулю

Еще более эффективным и безопасным средством контроля температуры по длине става ленточного конвейера представляется тепловой линейный пожарный извещатель в виде оптоволоконного кабеля (рис. 4).



Рис. 4. Конструкция оптоволоконного кабеля

Оптоволоконный кабель способен изменять оптическую проводимость в зависимости от изменения температуры. Для определения места изменения температуры в оптоволоконном кабеле применяется полупроводниковый лазер. Измерение температуры и определение места нагрева вдоль оптического волокна является использованием эффекта комбинационного рассеяния (КР - эффект Рамана) света, открытого еще в конце 1920-х годов независимо друг от друга индийским физиком Раманом и советскими физиками Г.С. Ландсбергом и Л.И. Мандельштамом.

Согласно теории комбинационного рассеяния света, этот процесс сопровождается заметным изменением частоты рассеиваемого спектра, т.е. в спектре КР проявляются линии, имеющие значительно большую длину волны по сравнению с источником света (т.н. Стокс) и линии, имеющие меньшую длину волны (т.н. анти-Стокс). Таким образом, если в оптоволокну входит лазерный импульс с несущей частотой  $\nu_0$ , то в спектре обратно рассеянного света будет наблюдаться центральный пик на несмещенной частоте  $\nu_0$  и два дополнительных пика, смещенных на частоту  $\nu$ :  $\nu_s = \nu_0 - \nu$  (Стокс) и  $\nu_{as} = \nu_0 + \nu$  (анти-Стокс) рис. 5.

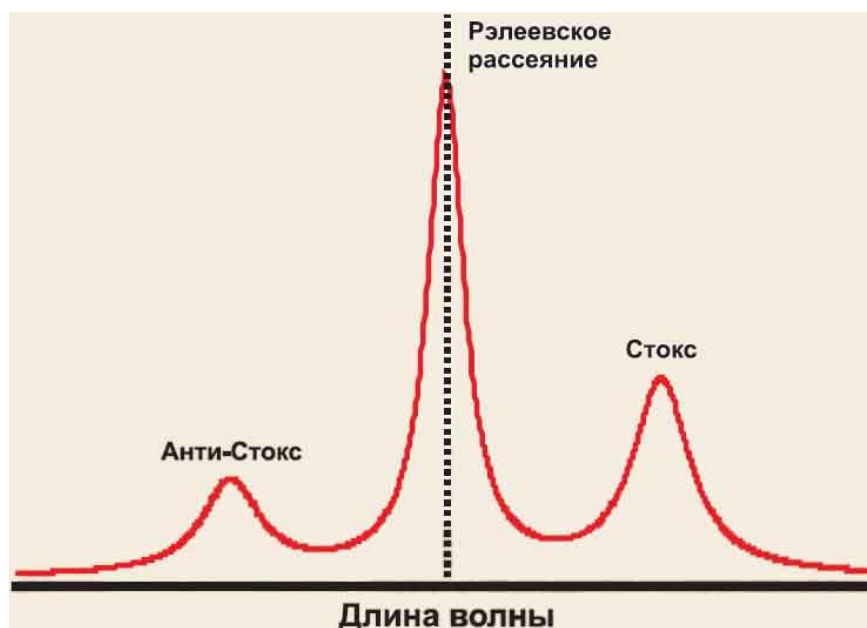


Рис. 5. Эффект комбинационного рассеивания

Тепловой линейный пожарный извещатель с оптоволоконным кабелем работает следующим образом. Лазерные импульсы с частотой несколько кГц заводятся в оптоволоконный кабель, проложенный в контролируемой зоне, вдоль линейного става ленточного конвейера. В каждой точке оптоволоконного кабеля, где увеличивается температура, происходит комбинационное рассеяние света. Регистрируя время прибытия обратно рассеянного излучения, можно определить место, где конкретно произошло рассеяние. КР в обратном направлении, проходя через спектральный фильтр, разделяется на Стоксовую и анти-Стоксовую компоненты и направляется на два высокочувствительных фотодиода, данные с которых поступают на блок обработки сигналов для вычисления температуры.

Применение неэлектрических средств измерения позволяет использовать оптоволоконный кабель во взрывоопасных условиях шахт.

Главные преимущества оптоволоконного кабеля:

- небольшие размеры и вес,
- очень высокая скорость отклика на изменение параметров среды,
- высокая чувствительность,
- большой срок службы,
- высокая надежность,
- неподвержен влиянию электромагнитного возмущения.

Из рассмотренных тепловых линейных пожарных извещателей наиболее эффективным по техническим параметрам и безопасным (т.к. применяются неэлектрические средства измерения) является извещатель с оптоволоконным кабелем.

Промышленный выпуск осуществляют: компания «ЭТРА-спецавтоматика» (ИП 132-1-Р «ЕЛАНЬ») [5] и компания «Седатэк Инжиниринг» (ПТС-1000-ЛИ) [6].

Таким образом, осуществление контроля температуры по длине става и учет этой информации (наряду с информацией от существующих датчиков) аппаратурой автоматического управления конвейерной линией исключит возникновение пожара.

Дальнейшее совершенствование в направлении непрерывного мониторинга каждого ролика – это Тепловой Оптико-волоконный Регистратор Критических Состояний (ТОРЕКС) [7].

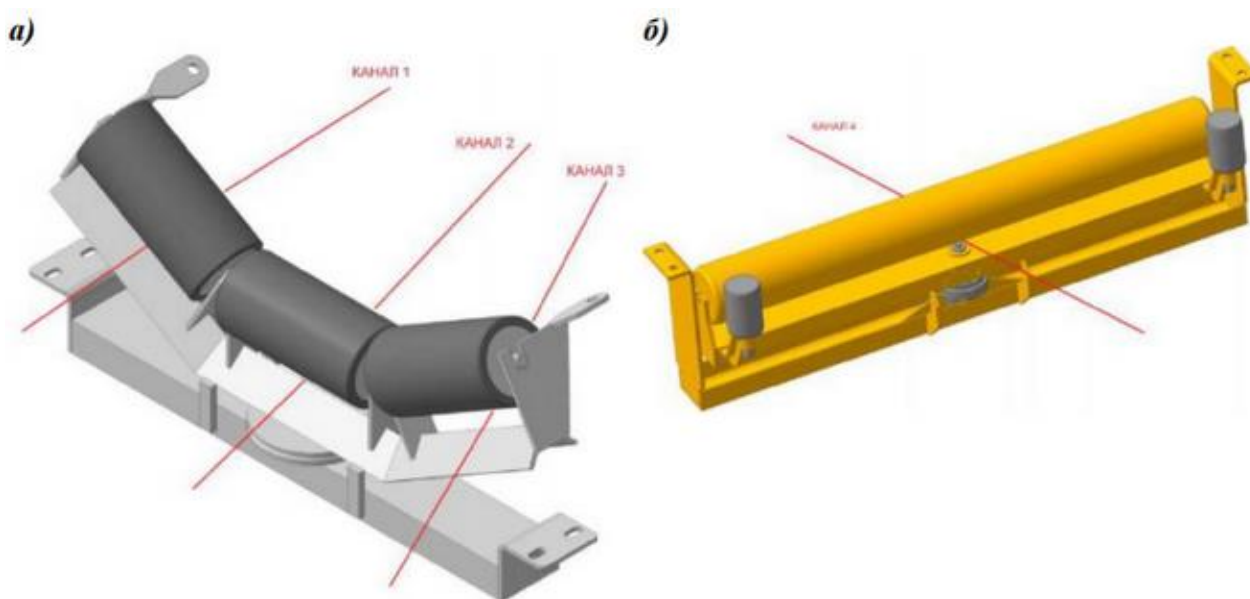


Рис. 6. Расположение чувствительных элементов: а – для контроля роликов верхних желобчатых роликоопор; б - для контроля роликов нижних



Рис. 7. Экран рабочего места оператора ТОРЕКС, демонстрационный режим.

В системе ТОРЕКС анализируются радиационные температуры по 4-м каналам: три канала для контроля 3-х роликов верхних желобчатых роликоопор, четвёртый – контроль нижних роликов (рис. 6). В качестве чувствительных элементов под роликами, не касаясь их, прокладываются оптоволоконные кабели вдоль направления конвейера. Кабели подключаются к взрывозащищенному измерительному блоку, который позволяет определить местоположение повреждённого ролика с точностью 0,5 м. Выходным индикатором системы является экран монитора компьютера оператора (рис.7). На нем выводится текущее состояние наблюдаемых роликов.

Система ТОРЕКС обеспечивает автоматический поиск неисправных роликов в режиме 24/7, что позволяет осуществлять замену роликов по факту их неисправности.

Достаточно эффективная технология обнаружения точек повышенного нагрева оборудования реализуется с помощью инфракрасной термографии [8]. Тепловизоры) определяют поверхностную температуру объекта бесконтактным способом, что позволяет провести количественный анализ повышения температуры. Это позволяет контролировать процессы вне зависимости от условий освещения. Тепловизор (тепло + лат. *visio* «зрение;

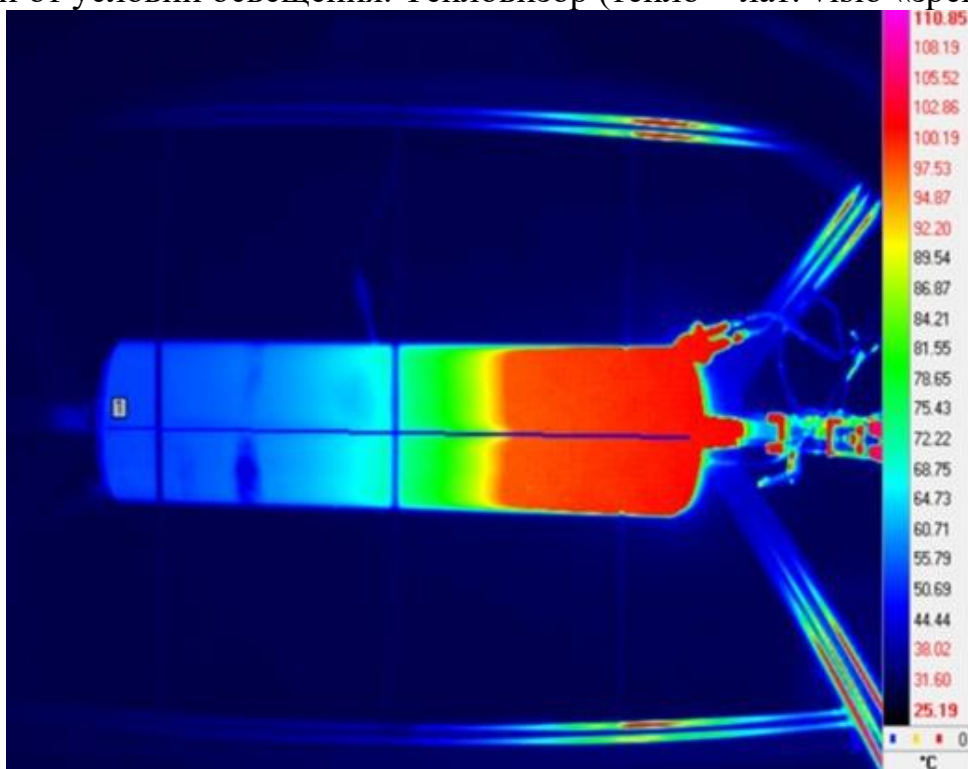


Рис. 8. Термограмма неисправного ролика транспортёра, полученная ИК-сканером Titanium 570M

видение») — устройство для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности. Распределение температуры отображается на дисплее как цветная картинка, где разным температурам соответствуют

разные цвета (рис. 8). Такое устройство применимо для эпизодических осмотров с участием оператора, который принимает решение о достижении критической температуры на поверхности объекта. Для обеспечения непрерывного контроля в режиме 24/7 применяется автоматический аналитический тепловизор. Это измерительное тепловизионное устройство, которое автоматически анализирует термограмму, выделяет тревожную ситуацию по критериям, устанавливаемым пользователем при инсталляции устройства, и передаёт на верхний уровень факт обнаружения тревожной ситуации. На таком принципе работает отечественная Система тепловизионной индикации критических состояний - ТИКС «СНЕГИРЬ» (ООО «ЭТРА-спецавтоматика» и ООО «Компания ЭРВИСТ») (рис.9)



Рис. 9. Внешний вид ТИКС «Снегирь»

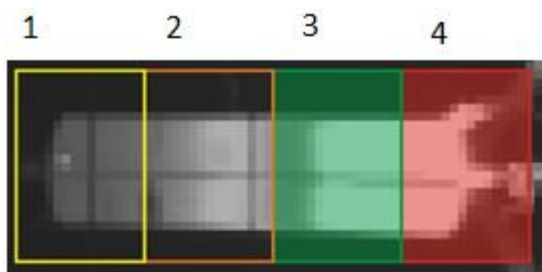


Рис. 10. Термограмма тревожной ситуации, обнаруженной ТИКС «Снегирь»: 1 (жёлтый контур), 2 (оранжевый контур) - температуры выше пороговой не обнаружено; 3 (зелёный контур с заливкой) – порог превышения температуры ролика 100°C; 4 (красный контур с заливкой) – температура 200°C

При настройке ТИКС можно указать до 8-ми зон, очертив их контуры на термограмме сервисной программы (рис. 10), для каждой из зон можно указать свой порог критической температуры от  $+20$  до  $+230^{\circ}\text{C}$ . Система контроля исправности оборудования круглосуточно получает от ТИКС сигнал срабатывания с указанием зон с тревожной ситуацией. Кроме того непрерывное наблюдение за состоянием объектов с помощью ИК-термографии позволяет своевременно проводить ремонт оборудования, не дожидаясь необратимых повреждений.

Сегодня тепловизионный мониторинг ленточных конвейеров с использованием устройств технического зрения УТЗШ-11 (рис. 11, разработка ООО «Трансмаш») применяется на шахте «Заполярная» АО «Воркутауголь» [9].

На конвейере (рис.11) устанавливают тепловизионные камеры: К1 - над разгрузочным барабаном, К2 - над хвостовым барабаном, К3 и К4 - над приводной секцией конвейера.

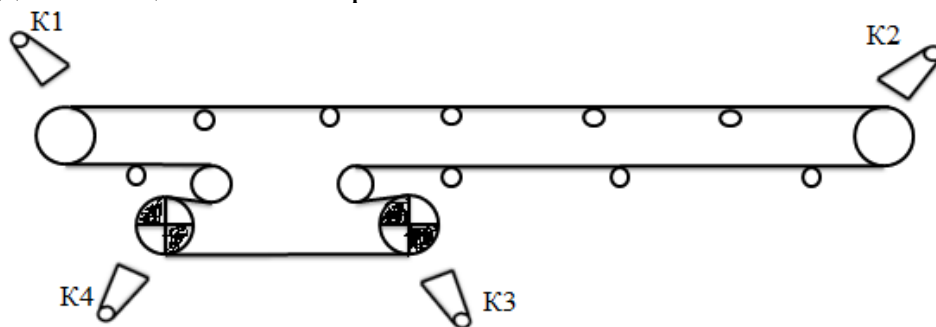


Рис. 11. Схема расположения тепловизионных камер УТЗШ-11 на конвейере

Конструктивно устройство УТЗШ-11 представляют собой металлическую оболочку с кронштейном, внутри которой находятся аппаратные модули (рис. 12). Оболочка состоит из корпуса, передней и

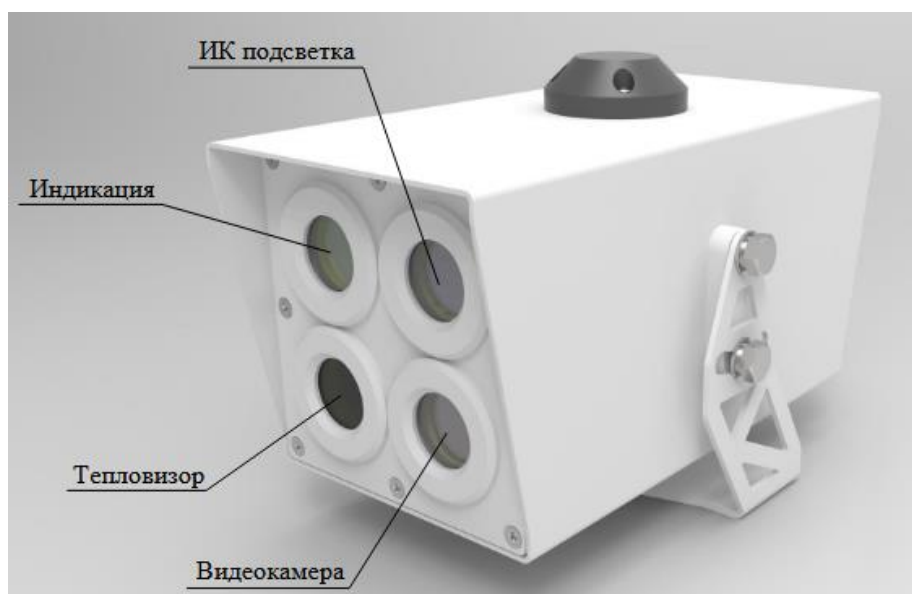


Рис. 12. Внешний вид устройства технического зрения шахтного (УТЗШ-11)

задней крышки и отсека с кабельными вводами, для подключения искробезопасных цепей, а также внешней Wi-Fi антенны, установленной на верхней части корпуса. В переднюю крышку встроены четыре смотровых окна: для видеокамеры, тепловизионного модуля, инфракрасной подсветки и блока индикации работы видеокамеры.

На каждой тепловизионной камере задаются до десяти зон теплового контроля. Они анализируют температурный фон редукторов, двигателей, бункеров приводных и обводных барабанов, а так же роликов конвейера. При обнаружении выхода температуры за допустимые пределы, автоматически срабатывает релейный контакт и ленточный конвейер останавливается.

Отдельно выделяется режим тепловой диагностики ленточного полотна на предмет нагрева роликов. Для этого не реже одного раза в сутки необходимо выполнить следующие действия:

- после продолжительной работы прокатать ленту для полного отсутствия на ней горной массы;
- остановить конвейер на 3-5 минут (при этом нагретые ролики передают свое тепло ленточному полотну);
- запустить конвейер (камеры начнут считывать тепловой след роликов на ленточном полотне и подсчитывать количество пройденных тепловых следов роликоопор).

Ролики с заклинившими, плохо смазанными или пришедшими в негодность подшипниками оставят более яркий тепловой след (рис. 13) из-за повышенного трения и нагрева. Учитывая скорость ленточного конвейера, камера с тепловизионным модулем вычисляет расположение роликов требующих замены.



Рис. 13. Тепловой след нагретого ролика на конвейерной ленте

Применение тепловизоров на ленточном конвейере позволяет обеспечить безаварийную и безопасную эксплуатацию.

Проведенный анализ средств теплового контроля на ленточном конвейере позволяет сформулировать следующий вывод. Применение тепловизоров следует считать более перспективным благодаря их

многофункциональным возможностям:

- диагностика роликов,
- диагностика конвейерной ленты,
- диагностика редукторов,
- контроль температуры силовых кабелей и вводных устройств,
- контроль за местом нахождения работающего.

### Список литературы:

1. Термокабель PHSC. Линейный тепловой извещатель.  
<http://www.phsc.ru/index.htm>
2. Линейный тепловой пожарный извещатель Thermocable ProReact Digital LHD, Великобритания .<http://flamestop.ru/termokabel>
3. Определение местонахождения точки перегрева с помощью линейного теплового извещателя (термокабеля). ООО «Пожтехника». [www. firepro](http://www.firepro)
4. Модули интерфейсные пожарные серии МИП для контроля работы термокабеля PHSC Protectowire// <http://www.protectowire.ru>
5. Линейный тепловой пожарный извещатель ИП 132-1-Р "Елань". Компания «ЭРВИСТ» - взрывозащищенное оборудование, промышленное, специальное. [http://www.protectowire.ru/\\_index.html](http://www.protectowire.ru/_index.html)
6. Линейный тепловой пожарный извещатель на базе оптоволоконного кабеля. Серия ПТС-1000-ЛИ. Компания «Седатэк Инжиниринг». <http://www.sedatec.org/ru/industry/fire/>
7. Сайдулин Е.Г. Автоматическое обнаружение неисправных роликов ленточных конвейеров тепловым датчиком ТОРЕКС /«Горная промышленность». - 2020, №4
8. Е.Г. Сайдулин, В.А. Шатохин (ООО «ЭТРА-спецавтоматика»), М.В. Рукин (ООО «Компания ЭРВИСТ») ИК-тепловидение как средство сверхраннего обнаружения места пожара или перегрева оборудования  
<https://ervist.ru/support/publikatsii/item/480-ik-teplovidenie-kak-sredstvo...>
9. Распопин Д.В. Использование тепловизоров в угольных шахтах/Сборник материалов XII Всерос., научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая», 21-24 апр. 2020 г., Кемерово [Электронный ресурс] / Кузбас. гос.техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2020
10. Руководство по эксплуатации ТРМШ.002.007.000 РЭ. Устройство технического зрения шахтное УТЗШ-11. ООО «ТРАНСМАШ».-2018.- 38 с.  
[https://07b0a73c-db20-4b1e-afe8-753a25c68da3.usrfiles.com/ugd/07b0a7\\_3e4b46cf67ad43fe8dcc4913e3e408f1.pdf](https://07b0a73c-db20-4b1e-afe8-753a25c68da3.usrfiles.com/ugd/07b0a7_3e4b46cf67ad43fe8dcc4913e3e408f1.pdf)