УДК 621.867.2

Комов Константин Иванович
студент
Московский институт инженеров транспорта
г. Москва, Россия
Архипов Алексей Олегович
студент
Московский институт инженеров транспорта
г. Москва, Россия
Научный руководитель:
Беляков Евгений Александрович
главный инженер АО "Порт Коломна"
г. Коломна, Россия

Системы для обеспечения пожарной безопасности ленточных конвейеров

Аннотация. Ленточный конвейер является распространенным и важным средством транспортировки полезных ископаемых в шахтах и рудниках. В современных горнодобывающих предприятиях длина конвейерных сетей может достигать десятков километров. Однако эксплуатация конвейеров сопряжена с определенными рисками, включая возможность возникновения пожаров, особенно при недостаточном техническом обслуживании. Для предотвращения таких ситуаций используются различные системы контроля, которые измеряют концентрацию горючих и токсичных газов в шахтной атмосфере, а также контролируют температуру окружающей среды и конструктивных элементов ленточного конвейера.

Статья рассматривает состав и назначение систем обнаружения пожара на конвейерном транспорте, входящих в состав общешахтного комплекса автоматизации. В частности, анализируются автоматизированные системы газового контроля и управления конвейерным транспортом. Также исследуются возможности противопожарных систем по обнаружению ранних признаков возникновения пожара, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: шахта, ленточный конвейер, экзогенный пожар, аэрогазовый контроль, пожарная сигнализация.

Komov Konstantin Ivanovich
student
Moscow Institute of Transportation Engineers
Moscow, Russia
Arkhipov Alexey Olegovich
student
Moscow Institute of Transportation Engineers
Moscow, Russia
Scientific supervisor:
Belyakov Evgeny Aleksandrovich
chief engineer of JSC “Port Kolomna”
Kolomna, Russia

Systems for ensuring fire safety of belt conveyors

Annotation. The belt conveyor is a common and important means of transporting mineral resources in mines and quarries. In modern mining enterprises, the length of conveyor networks can reach tens of kilometers. However, the operation of conveyors is associated with certain risks,

including the possibility of fires, especially with insufficient maintenance. To prevent such situations, various control systems are used to measure the concentration of flammable and toxic gases in the mine atmosphere, as well as to monitor the temperature of the surrounding environment and the structural elements of the belt conveyor.

This article examines the composition and purpose of fire detection systems on conveyor transport, which are part of the overall mine automation complex. It analyzes automated gas control systems and conveyor transport management. The article also explores the capabilities of fire protection systems in detecting early signs of fire, along with their advantages and disadvantages.

Keywords: mine, belt conveyor, exogenous fire, aerogas control, fire alarm.

Шахты и рудники представляют собой опасные производственные объекты, к эксплуатации которых предъявляются особые требования из-за высокой взрыво- и пожароопасности. Пожар в подземных условиях может привести к тяжелым последствиям, включая длительные простои и человеческие жертвы [1].

Горное предприятие — это сложный производственный комплекс, включающий в себя оборудование для добычи и транспортировки полезных ископаемых. Ленточный конвейер стал одним из наиболее востребованных способов перемещения материалов от места добычи на поверхность. Система шахтного конвейерного транспорта включает в себя разветвленную сеть ленточных конвейеров, достигающую десятков километров в длину.[2]

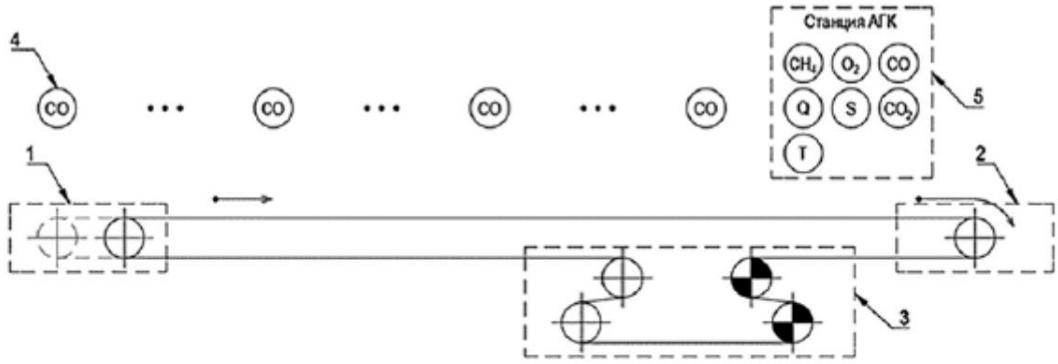
Проблемы безопасности, связанные с эксплуатацией ленточных конвейеров, включают:

- Пожарная опасность: Конвейеры могут стать источником возгорания из-за трения, перегрева, а также накопления горючих материалов.
- Газовые выбросы: В шахтах могут накапливаться токсичные и взрывоопасные газы, что требует постоянного контроля их концентрации.
- Механические неисправности: Поломки оборудования могут привести к остановке работы и аварийным ситуациям.

Для обеспечения безопасности эксплуатации ленточных конвейеров используются различные системы управления и мониторинга, которые являются частью автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) на шахте или руднике. К таким подсистемам относятся система аэрогазового контроля (АГК) и автоматизированная система управления конвейерным транспортом (АСУ КТ) [3].

Система автоматизированного аэрогазового контроля (АГК)

Системы АГК предназначены для контроля состава и свойств шахтной атмосферы, что особенно важно в условиях газовых шахт [3]. Они включают в себя датчики, которые контролируют концентрацию горючих и токсичных газов, влажность и скорость потока воздуха. Принцип работы большинства устройств, входящих в состав систем АГК, основан на обнаружении индикаторных факторов пожара, таких как задымление, повышение температуры и увеличение концентрации угарного газа (рис. 1).



1 – натяжная станция; 2 – бункер, станция перегруза;
3 – приводная станция; 4 – датчик оксида углерода;
5 – станция АГК, включающая датчики метана (CH_4), кислорода (O_2),
оксида углерода (CO), расхода воздуха в горной выработке (Q),
скорости воздуха (S), двуокиси углерода (CO_2), температуры (T)

Рисунок 1. Устройство системы АГК.

Современные системы АГК построены на принципе мультикритериальности, что позволяет формировать сообщения о возможной опасности взрыва или пожара на основе совокупности параметров. Это позволяет оперативно реагировать на изменения в условиях шахты и предотвращать возникновение пожаров [4].

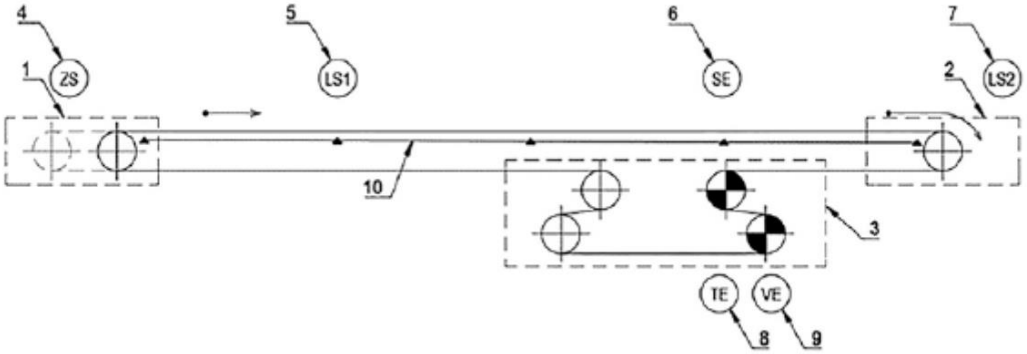
Компоненты системы АГК:

- Датчики газа: обнаруживают концентрацию метана, угарного газа, кислорода и других газов.
- Датчики температуры: следят за изменениями температуры в шахте и на конвейерах.
- Датчики влажности: измеряют уровень влажности, что также может указывать на опасные условия.
- Системы передачи данных: обеспечивают передачу информации на пульт управления для быстрого реагирования.

Системы АГК работают на основе анализа данных, получаемых от различных датчиков. При превышении допустимых значений концентрации газов или температуры система автоматически подает сигнал тревоги, что позволяет оперативно принять меры для предотвращения пожара.

Система автоматизированного управления конвейерным транспортом (АСУ КТ)

АСУ КТ предназначена для централизованного контроля состояния оборудования, входящего в состав ленточного конвейера. Она осуществляет мониторинг с помощью датчиков температуры, вибрации приводных механизмов и контроля скорости ленты. Информация о состоянии оборудования поступает на пульт диспетчера, и система может экстренно остановить работу конвейера при выявлении неисправностей [5].



1 – натяжная станция; 2 – бункер; станция перегруза; 3 – приводная станция;
4 – датчик контроля ограждения натяжной станции (ZS); 5 – датчик контроля схода ленты (LS1);
6 – датчик скорости движения ленты (SE); 7 – датчик пересыпа и заштыбовки ленты (LS2);
8 – датчик температуры на электродвигателе (TE); 9 – датчик вибрации на электродвигателе (VE);
10 – кабель-тросовый выключатель

Рисунок 2. Устройство системы автоматизированного управления ленточным конвейером.

Контроль скорости ленты и барабана позволяет своевременно реагировать на пробуксовку ленты и снижать риск возникновения пожара. Датчики температуры и вибрации на электродвигателях сигнализируют о неисправности подшипниковых узлов. Таким образом, система АСУ КТ играет ключевую роль в обеспечении безопасности эксплуатации ленточных конвейеров.

Основные функции АСУ КТ

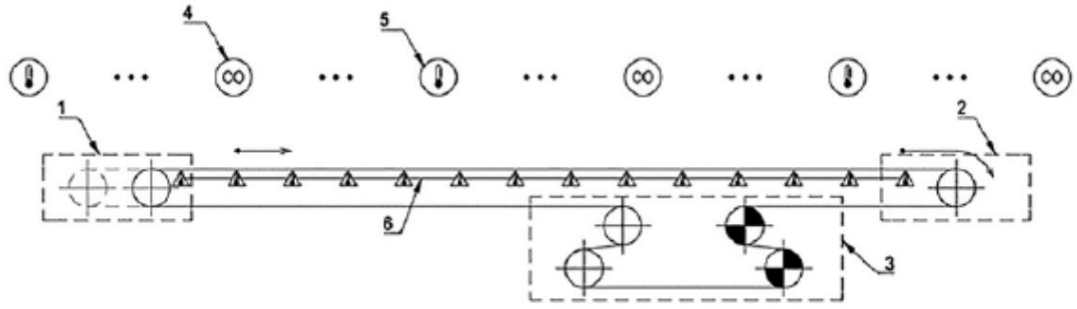
- Мониторинг состояния оборудования: постоянный контроль за работой всех компонентов конвейера.
- Анализ данных: обработка информации для выявления возможных неисправностей.
- Автоматическое управление: возможность экстренной остановки системы при возникновении аварийной ситуации.
- Отчетность: формирование отчетов о состоянии оборудования и выявленных неисправностях.

Преимущества АСУ КТ

- Снижение риска аварий: раннее обнаружение неисправностей позволяет предотвратить серьезные инциденты.
- Повышение эффективности: оптимизация работы конвейеров за счет автоматизации процессов.
- Улучшение условий труда: снижение нагрузки на персонал и повышение безопасности работников.

Система шахтной пожарной сигнализации

Система пожарной сигнализации предназначена для обнаружения пожара, обработки и передачи информации о нем с последующей передачей команд управления на устройства, входящие в состав автоматизированных установок пожаротушения и оповещения [6]. В состав шахтной системы пожарной сигнализации входят различные типы извещателей: ручные, дымовые, газовые и температурные [7].



1 – натяжная станция; 2 – бункер, станция перегруза; 3 – приводная станция;
4 – газовый пожарный извещатель; 5 – тепловой пожарный извещатель;
6 – извещатель пожарный тепловой линейный

Рисунок 3. Расположение пожарных извещателей на участке ленточного конвейера.

Работа газовых извещателей основана на дифференциальном режиме, который позволяет определить нарастание концентрации угарного газа выше порогового значения. Преимуществом газовых извещателей является возможность обнаружения пожара на стадии тления. Однако их недостатком является невозможность контроля атмосферы по всей длине горной выработки.

Компоненты системы пожарной сигнализации

- Дымовые извещатели: обнаруживают наличие дыма в воздухе.
- Температурные извещатели: реагируют на изменения температуры в помещении.
- Газовые извещатели: фиксируют концентрацию угарного газа и других опасных веществ.
- Ручные извещатели: позволяют работникам самостоятельно сообщать о пожаре.

Система пожарной сигнализации работает на основе анализа данных, получаемых от различных извещателей. При обнаружении признаков пожара система автоматически активирует сигнал тревоги и передает информацию на пульт управления, что позволяет оперативно реагировать на ситуацию.

Анализ возможностей систем по обнаружению пожара на ленточном конвейере

Пожары на ленточных конвейерах могут возникать по различным причинам, и их раннее обнаружение критически важно для предотвращения серьезных последствий. На ранней стадии развития пожара происходят изменения в параметрах окружающей среды, такие как увеличение температуры и изменение концентрации кислорода и углекислого газа.

Анализ возможностей систем АГК, АСУ КТ и шахтной пожарной сигнализации показывает, что каждая из них способна обнаруживать различные индикаторные факторы пожара. Однако для эффективного обнаружения всех возможных признаков возникновения пожара необходимо комбинированное использование всех систем.

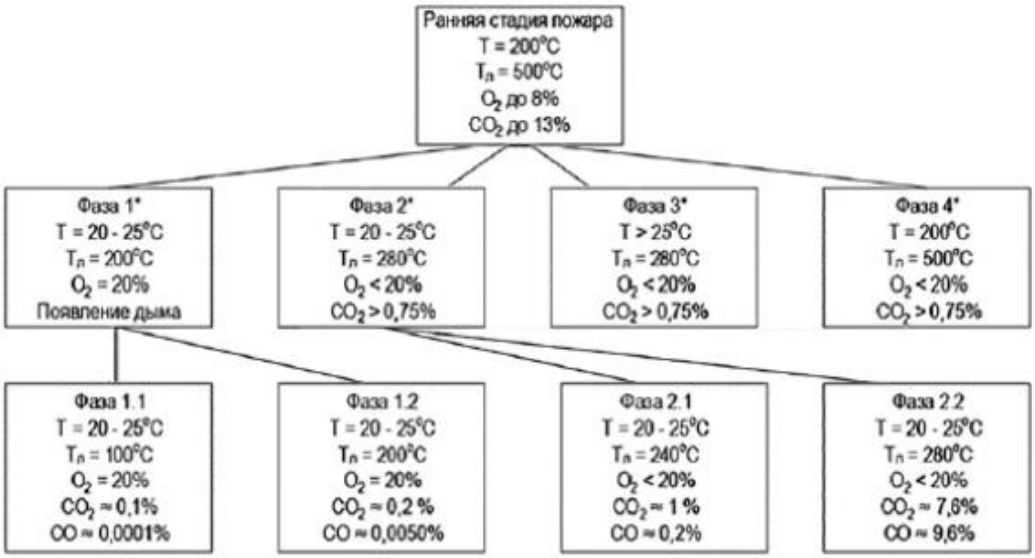


Рисунок 4. Стадии развития пожара (*фазы возгорания материала по классификации НИИГД (г. Донецк)[8].

Ранняя стадия развития пожара включает четыре фазы, каждая из которых имеет свои характеристики. Фаза 1.1 характеризуется отсутствием изменений в среднеобъемной температуре и концентрациях индикаторных газов, которые остаются ниже пороговых значений. В фазе 1.2 наблюдается появление дыма и рост локальной температуры до 200 °C. Фаза 2.1 характеризуется снижением концентрации кислорода ниже 20% и превышением порогового значения углекислого газа [8].

Система АГК позволяет обнаружить нарастание концентрации угарного газа в фазе 1.2, а система АСУ КТ фиксирует превышение пороговых значений температуры на конструктивных элементах конвейера в фазе 3. Шахтная пожарная сигнализация также может обнаружить пожар в фазе 1.2 [8].

Выводы

Пожар на ленточном конвейере представляет собой серьезную угрозу, способную привести к значительным материальным потерям и угрожать жизни работников. Поэтому его обнаружение должно происходить на самых ранних стадиях развития.

Анализ существующих систем показывает, что они способны фиксировать индикаторные факторы пожара, однако их комбинированное использование необходимо для повышения эффективности обнаружения. Направления повышения пожарной безопасности включают разработку систем контроля температуры по длине конвейера и усовершенствование автоматизированных систем управления, исключающих несанкционированный доступ.

Таким образом, для обеспечения полной пожарной безопасности ленточных конвейеров необходимо комплексное применение различных систем контроля и мониторинга, что позволит значительно снизить риск возникновения пожаров и их последствия.

Рекомендации по улучшению систем безопасности:

- Интеграция систем: Разработка интегрированных решений, объединяющих функции АГК, АСУ КТ и пожарной сигнализации.
- Обучение персонала: Проведение регулярных тренингов для работников по действиям в случае возникновения пожара.
- Мониторинг и анализ: Внедрение систем мониторинга для анализа данных о работе оборудования и выявления потенциальных угроз.
- Периодическая проверка: Регулярная проверка и обслуживание всех систем безопасности для обеспечения их надежности.

Эти меры помогут создать более безопасные условия труда в шахтах и рудниках, а также снизить риск возникновения пожаров на ленточных конвейерах.

Список источников

1. Шапортов А. В. Анализ промышленной безопасности и причин возникновения пожаров на ленточных конвейерах в рудниках и шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2020, № 1 С. 57–65.
2. Труфанова И. С., Сержан С. Л. Повышение эффективности транспортирования ленточным конвейером с промежуточным приводом // Записки Горного института, 2019, Т. 237, С. 331–335.
3. Бабенко А. Г., Ютяев Е. П. Риск-ориентированное управление угольной шахтой с использованием многофункциальных систем безопасности // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2019, № 6, С. 9–20.
4. Лисаков С., Сидоренко А., Сыпин Е. Исследование адаптации многокритериальной электрооптической системы под объект в виде конвейерной дороги угольной шахты для контроля за пожаром. // XXII Международная конференция молодых специалистов по микро/нанотехнологиям и электронным устройствам, 2021, С. 287–295.
5. Дмитриева В. В., Авхадиев И. Ф., Сизин П. Е. Использование современных программно-технических комплексов для автоматизации конвейерных линий // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2021, № 2, С. 150–163.
6. Малашкина В. А., Лобазнов А. В. Система автоматизированного контроля возгораний в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2008, № 6, С. 232–237.
7. Шапортов А. В. Основные способы обнаружения пожара на ленточных конвейерах на горных предприятиях // Актуальные проблемы недропользования: Тезисы докладов XIX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов, 2021, С. 81–85.
8. Игишев В. Г., Шлапаков П. А., Хаймин С. А., Син С. А. Выделение индикаторных пожарных газов при окислении угля на стадиях самонагревания и беспламенного горения // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, 2015, № 4, С. 55–59.