

УДК 622 .23.05

## К ВОПРОСУ О СРЕДСТВАХ ОБНОРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО РАЗРЫВА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Гордин С.А., студент гр. АГс-181, IV курс  
Захаров А.Ю., д.т.н., профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Ленточные конвейеры широко используются для транспортирования сыпучих материалов: руды, угля, щебня и т.п. Конвейерная лента, изготовленная из армированной резины, является главной частью конвейера. Ее стоимость составляет около 40% стоимости всего конвейера [1]. Продольный разрыв конвейерной ленты в процессе транспортирования материала влечет за собой разрушительные последствия и дорогостоящие затраты на их устранение (рис.1). Помимо ремонта или замены самой ленты потребуются проведение работ по разгрузке конвейера, ведущих к существенным затратам, к которым добавляются экономические потери, связанные с остановкой технологического процесса [2].



Рис.1. Причины разрыва ленты конвейера

Существующие направления создания устройств по обнаружению продольного порыва конвейерной ленты [3] можно разбить на следующие группы (рис.2):

- Механического действия:
  1. Датчик положения крепится к раме конвейера на порожней ветви ДКПР так, чтобы чувствительная полоса находилась над порожней ветвью в поперечном направлении, обнаруживает просыпь на порожнюю ветвь в случае продольного порыва ленты.
  2. Непрерывное с помощью специального механического устройства измерение ширины ленты и сравнение ее с шириной, измеренной во

время цикла обучения. Сравнение осуществляется с помощью компьютерной программы.

- Без контактного действия:
  1. Использование ультразвука для измерения и контроля ширины ленты;
  2. Измерение изменения ультразвуковой или акустической проводимости конвейерной ленты в поперечном направлении;
  3. Измерение изменения конфигурации магнитного поля встроенных в ленту полос из магнитоэласта;
  4. Измерение изменения напряженности электромагнитного поля во встроенных в ленту электропроводников;
  5. Оценка изменения конфигурации ленты с помощью рентгеновского излучения.

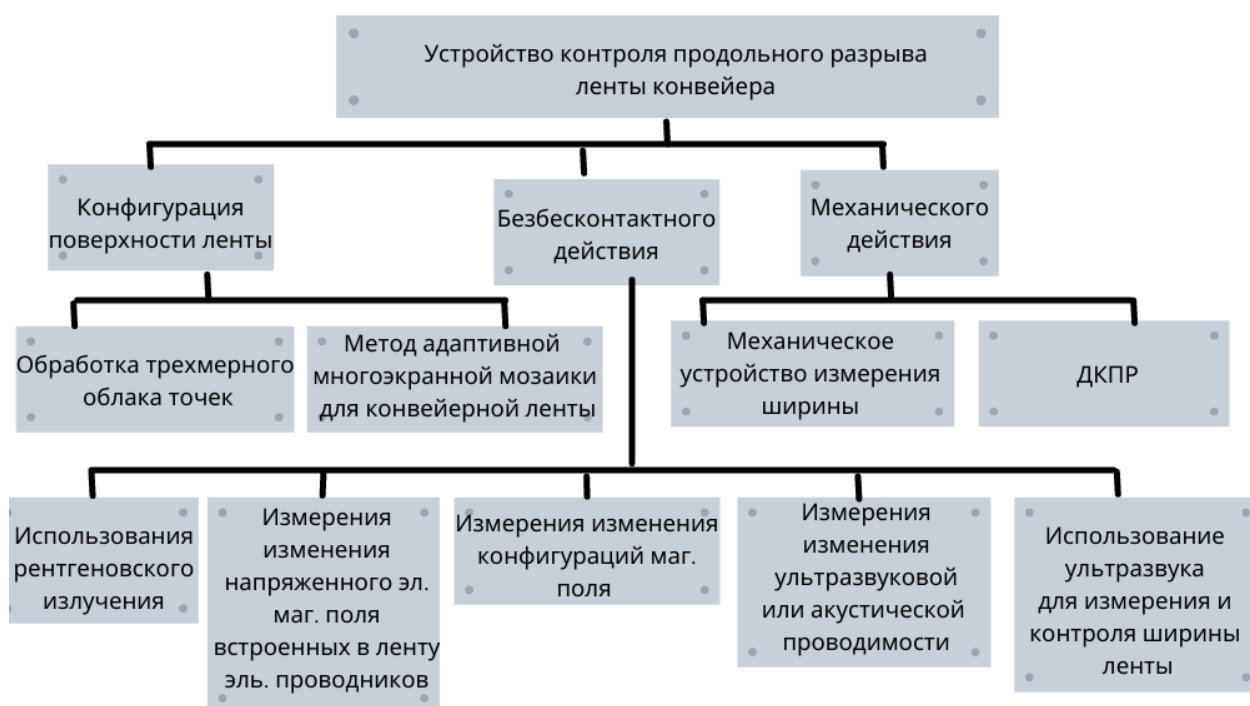


Рис.2. Классификация методов обнаружение продольного разрыва

Существующие методы обнаружения продольного порыва конвейерной ленты или недостаточно надежны, или требуют изменения конструкции конвейерной ленты. Наиболее перспективным является направление оценки конфигурации поверхности конвейерной ленты.

### **Идентификация и характеристика продольного разрыва конвейерной ленты с помощью обработки трехмерного облака точек**

Данный метод основан на обработке трехмерных облаков точек. В частности, для получения данных об облаке точек на нижней поверхности кон-

вейерной ленты в режиме линейного сканирования использовалась бинокулярная лазерная камера стереовидения. С помощью удобных оценок пороговых значений можно было извлечь подозрительные точки, вызванные разрывами или царапинами в данных облака точек. Затем эти предполагаемые точки группируются, а скопления царапин удаляются с помощью механизма распознавания на расстоянии. Затем только скопления продольных разрывов рассматривались как критерии тревоги для выполнения операции идентификации. Метод, представленный в работе [4], имеет следующие три преимущества: во-первых, он предотвращает вероятность ложной тревоги, преодолевая помехи от неравномерного освещения в суровых условиях и царапин на поверхности ремня. Уровень правильности идентификации, полученный в результате большого количества тестов, составляет 99,2%. Во-вторых, он имеет исключительные преимущества в режиме реального времени, а время идентификации продольного разрыва составляет менее 0,04 мс. В-третьих, направление и максимальная ширина продольного разрыва в трехмерном пространстве могут быть определены одновременно с высокой точностью (рис. 3).

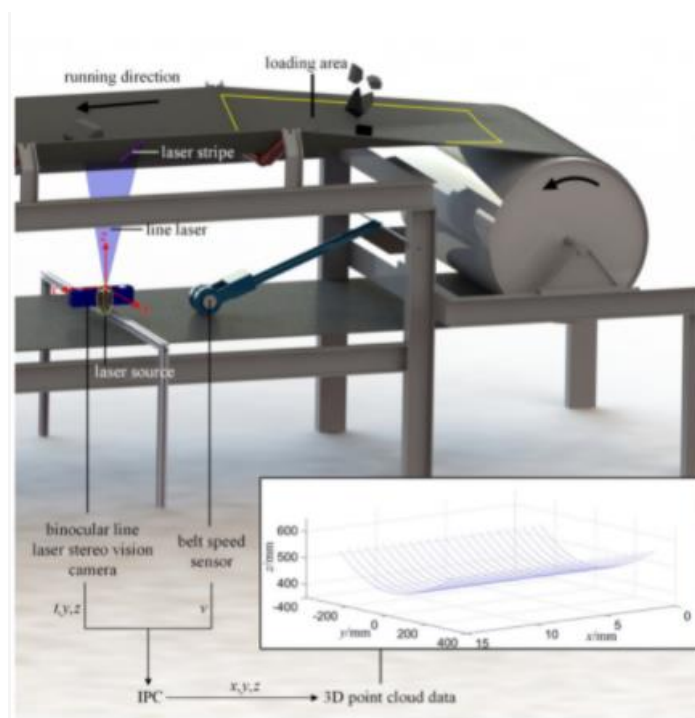


Рис. 3. Общий вид установки идентификации продольного разрыва конвейерной ленты

## Метод адаптивной многоэкранной мозаики для конвейерной ленты

### Онлайн-обнаружение поверхностных неисправностей

Чтобы повысить точность мозаики изображений в реальном времени, реализуется многовидовой режим. В настоящий момент технология машинного зрения может использоваться для онлайн-обнаружения разрыва конвейерной ленты [5]. Однако из-за конструктивных особенностей конвейера рас-

стояние между верхней конвейерной лентой с грузом и нижней порожней мало. Расстояние между лентой и полосой пропускания большое, поэтому есть слепые зоны и неудовлетворительные эффекты визуализации. Следовательно, требуется многоракурсное обнаружение, и многоракурсные изображения конвейерной ленты необходимо сшивать онлайн. В настоящее время существуют три основных метода мозаики изображений: метод на основе мозаики серого цвета, метод, основанный на корреляции в частотной области, и метод, основанный на корреляции признаков, широко используемый из-за его хорошей надежности. Более сильные операторы функций являются SIFT (масштабно-инвариантное преобразование функций), SURF (ускоренные надежные функции), BRIEF бинарные устойчивые независимые элементарные функции.

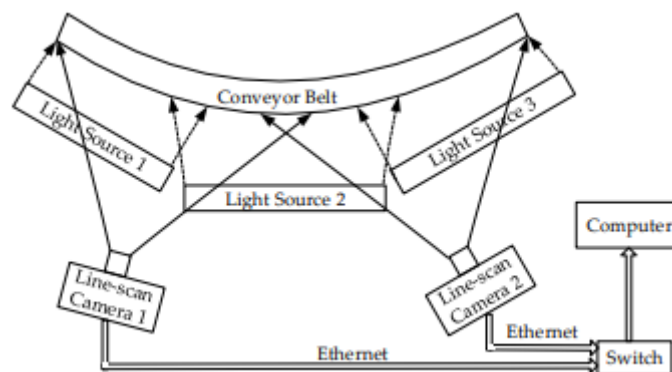


Рис. 4. Принципиальная схема многовидовой системы онлайн-обнаружения повреждений поверхности конвейерной ленты

Многовидовая система онлайн-обнаружения повреждений поверхности конвейерной ленты на основе машинного зрения состоит из сетевых камер линейного сканирования с зарядовой связью (ПЗС), линейных источников света, коммутатора Ethernet и компьютера. Принципиальная схема системы показана на рис. 4. Устройство создает свет с диффузным отражением, когда свет излучается с высокой яркостью от линейного источника, он попадает на поверхность конвейерной ленты. Интенсивность диффузного отражения света связана с характеристиками поверхности конвейерной ленты. Многоканальная ПЗС-камера со строчной разверткой распознает свет рассеянного отражения через строчную развертку. При каждом сканировании выполняется линия изображений, перпендикулярная направлению движения конвейерной ленты и передает ее на компьютер через Ethernet. Компьютер обрабатывает текущее изображение конвейерной ленты, анализирует и распознает неисправность конвейерной ленты и выдает сигнал тревоги или управляющий сигнал отключения при обнаружении неисправности.

Конструктивные характеристики конвейера ограничивают пространство для установки камер. Как правило, камеру можно устанавливать только рядом с конвейерной лентой. Если изображение нижней поверхности конвейерной ленты необходимо собрать для обнаружения неисправности, камеру можно устанавливать только в узком пространстве между верхней и нижней

ветвями, ближе к нижней поверхности конвейерной ленты. Расстояние меньше 40 см, а расстояние до объекта небольшое, как показано на рис. 5. Ширина конвейерной ленты обычно составляет 0,8–2,4 метра. Поскольку поперечное сечение дугообразное, а поле зрения большое, это затруднительно. Необходимо использовать несколько камер для получения изображений с разных точек зрения путем выбора подходящего положения. Однако два соседних изображения имеют перекрывающиеся области. С помощью определения перекрывающихся областей двух изображений может эффективно сократить диапазон обработки изображения, уменьшить объем вычислений и улучшить скорость сшивания. Геометрическая форма конвейерной ленты и влияние таких факторов, как положение установки и положение камеры с несколькими обзорами, определит точную область перекрытия (рис.5).

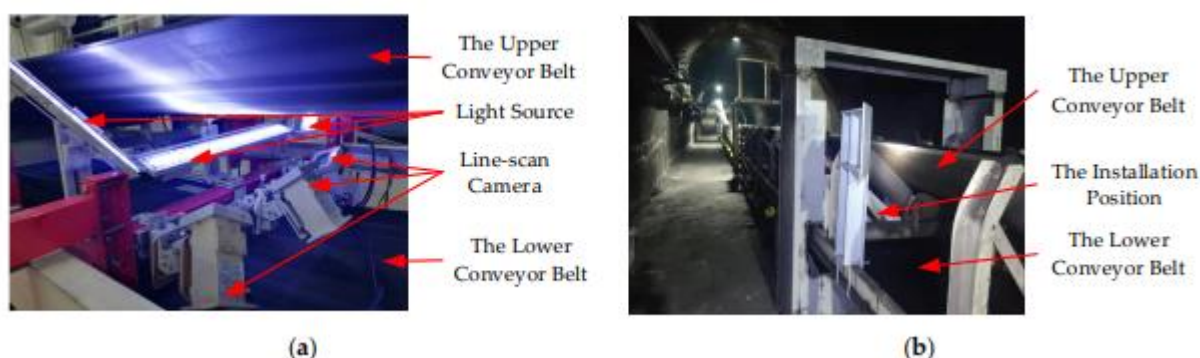


Рис. 5. Монтажное положение верхнего ленточного устройства получения изображения на конвейере: а – изображение устройства, установленного в лаборатории; б – изображение устройства, установленного в шахте

## Выводы

Многоканальная система онлайн-обнаружения повреждений поверхности конвейерной ленты, основанная на машинном зрении, может обеспечить достаточную гарантию. Предлагаемый способ имеет следующие преимущества: Область перекрытия двух соседних изображений предварительно оценивается путем создания модели оценки области перекрытия, а затем применяется метод на основе градаций серого, используемый для регистрации перекрывающейся области.

Используя бинокулярную лазерную камеру стерео видения, данные трехмерного облака точек на нижней поверхности конвейерной ленты могут быть собраны в режиме линейного сканирования. Предложенный алгоритм идентификации продольного разрыва в реальном времени дает уровень правильной идентификации 99,2%.

## Список литературы

1. Захаров А.Ю. Возможности снижения динамических нагрузок на конвейерную ленту/ Захаров А.Ю., Ерофеева Н.В.// Горное оборудование и электромеханика, 2018. – № 6. – С. 8 -13. – DOI [10.26730/1816-4528-2018-6-3-13](https://doi.org/10.26730/1816-4528-2018-6-3-13) . - ISSN 1816-4528
2. Пястолов, А. А. Важность контроля продольного разрыва ленты конвейера / А. А. Пястолов. — Текст: непосредственный // Контроль продольного разрыва конвейерной ленты.. — URL: <https://teko-com.ru/belye-knigi/vazhnost-kontrolya-prodolnogo-razryva-lenty-konvejera.html> (дата обращения: 27.03.2022).
3. Захаров А.Ю. Обзор способов контроля порыва конвейерной ленты / Захаров А.Ю, Григорьев А.В., Захарова А.Г. // Горное оборудование и электромеханика, № 5 (151), 2020, с. 57 – 63. – ISSN: 1816-4528. – DOI [10.26730/1816-4528-2020-5-57-63](https://doi.org/10.26730/1816-4528-2020-5-57-63)
4. Xu, Shichang, Gang Cheng, Yusong Pang, Zujin Jin, and Bin Kang. 2021. "Identifying and Characterizing Conveyor Belt Longitudinal Rip by 3D Point Cloud Processing" *Sensors* 21, no.
5. Gao, Rui & Miao, Changyun & Li, Xianguo. (2021). Adaptive Multi-View Image Mosaic Method for Conveyor Belt Surface Fault Online Detection. *Applied Sciences*.