

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.3 - С. 32 - 35

## **ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА ДЛЯ БУКСА ХОДОВОЙ ЧАСТИ ВАГОНОВ**

*Калиуллов С.Г.,  
Хамзина Б.Е.,  
Наурыз К.Ж.*

Данная статья посвящена решению актуальной задачи, как внедрение предиктивной аналитики для букса ходовой части вагонов. Основными результатами являются бесконтактное и автоматизированное измерение температуры букса ходовой части вагонов, отправление данных в режиме online до сервера и оповещение оператора.

Ключевые слова: LiDar, букс, лазер, датчик, система, инфракрасный контроллер.

Грузовой вагон на железных дорогах является одним из самых востребованных и надежных транспортов для перевозки людей и груза. Казахстан обладает разветвленной сетью железных дорог с общей протяженностью около 16 тыс км. Согласно статистике за 2020 год 67% всех перевозок по миру производятся через грузовой вагон и свыше 57% пассажирооборота страны (1). При этом, грузовой вагон, как и любой транспорт, проходит через техническое обслуживание спустя определенное расстояние. На основе диагностических данных проверяется состояние того или иного агрегата вагона.

Вагон делится на важные составные части, как ходовая, рамочная и тормозная. Самой сложной по конструкции и наличием большего количества деталей является ходовая часть, к которой относятся колесные пары, букс, рессоры и гасители колебаний. В данном исследовании рассмотрим наше решение по внедрению предиктивной аналитики по измерению температуры букса.

Датчики измеряют температуру букса. На основе этих данных, интеграция с рабочим местом оператора дает возможность моментально регистрировать на отклонение от нормы. В перспективе возможна и интеграция дополнительных датчиков для получения данных по газу во время перегрева. Это даст возможность понять какой именно элемент в составе букса больше всего подвержен к перегреву. Система с использованием датчиков автоматизирована и исключает работу человека, благодаря этому человеческий фактор исключен может работать от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , где

настроен канал связи для передачи данных с удаленных узлов магистральной сети.

В настоящее время активно внедряются различные системы по измерению колесных пар, фиксации наличия рычага тормоза, которые могут предупреждать о том, что необходимо провести диагностику колес, составной части вагона, в частности диагностику температуры букса.

Бесконтактное измерение температуры поверхностей стало технически возможным примерно в 60-х годах 20-ого века. Однако, дороговизна сенсоров и компонентов измерительных приборов стали барьером на пути его широкого использования в торговле и промышленности. На сегодняшний день для бесконтактного измерения температуры доступны как карманные, так и установленные на столбе вблизи железных рельсов датчики. Приборы бесконтактного измерения температуры применяются главным образом на путях магистральных рельсов, чаще перед въездом в депо. Данные приборы применяются при измерениях температуры букса под напряжением, компонентов вращающихся устройств или продуктов в упаковке, которые можно повредить зондом при контактном измерении. Обычно букс на ходовой части нагревается до 60 °С. Если датчики, а именно тепловизоры совместно с черным телом уведомляют через систему оператора о перегреве буксы, то можно избежать длительного простоя.

С целью создания автоматизированной системы по измерению температуры букса ходовой части вагона нами проведена определенная работа: анализ текущего состояния по проверке температуры букса, сбор отчета по погрешности при измерении температуры букса, сбор данных по аварийным случаям из-за перегрева букса, анализ времени реакции на аварийные случаи, выбор локации для установки датчиков, составление сметы, обеспечение канала связи до места установки датчиков, организация операторского рабочего места и, наконец, тестирование системы. В рамках пилотного проекта уделено особое внимание на следующее, как исключение человеческого фактора при измерении температуры, время реакции на аварию и на его уведомление, фиксация события по времени и архивирование данных. На основе анализа и сравнения нами датчиков разных вендеров были выбраны необходимые устройства, как лазерные датчики модели LiDar, так как они имеют наименьшую погрешность.

В отличие от радиоволн, эффективно отражающихся только от достаточно крупных металлических целей, световые волны подвержены рассеянию в любых средах, в том числе в воздухе, поэтому возможно не только определять расстояние до непрозрачных дискретных целей, но и фиксировать интенсивность рассеивания света в прозрачных средах. Возвращающийся отражённый сигнал проходит через ту же рассеивающую среду, что и луч от источника, подвергается вторичному рассеиванию, поэтому восстановление действительных параметров распределённой оптической среды — достаточно сложная задача, решаемая как аналитическими, так и эвристическими методами (3).

Нами выбран лазерный прямой перенос (LIFT), как бесконтактный метод прямой записи, который позволяет наносить небольшие объемы материала в определяемые пользователем шаблоны с высоким разрешением и с широким спектром конструкционных и функциональных материалов.

Также нами изучена техника LIFT от ее первоначального развития до различных подходов, предложенных для преодоления некоторых ее ограничений, где представлены физика и методы описания, связанные с этими процессами, а также широкий обзор различных приложений и материалов, с использованием этих методов, которые охватывают простые металлы и оксиды, сложную керамику, полимеры, биомолекулы и даже живые клетки (4).

Выяснили, что разные вендеры имеют свои свойства в датчиках, которые влияют при интеграции в общую систему. С помощью метода наблюдения были выявлены недостатки в системе измерения температуры букса, которые были своевременно решены, а именно выбор оптимального расстояния для датчиков и угла для установки датчиков.

Теоретически, система должна работать автономно без участия человека и ее работа будет заключаться в том, что датчики будут фиксировать температуру букса и отправлять данные оператору, который в свою очередь обязан срегистровать и отправить бригаду для устранения проблемы.

На практике же, система уменьшает работу человека до минимума. В непогоду механик не всегда тщательно проверят детали по ходовой части. Поэтому наша система исключила человеческий фактор и работает в любое время погоды от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

К сожалению, тезис о том, что для измерения температуры какого-либо тела достаточно направить на него пирометр и просто нажать на кнопку - не совсем верный. Результат измерения может оказаться настолько далёким от истинного значения, что проще было бы прикоснуться к поверхности рукой и примерно определить температуру.

Для пирометрии есть определённая область применения, где преимущества инфракрасного контроллера способа неоспоримы, к ним относятся объекты под напряжением, движущиеся и вращающиеся компоненты, предметы небольших размеров и объекты с низкими значениями теплоёмкости и теплопроводности. В последнем случае малопригодны контактные измерения, т.к. зонд датчика изменяет температурное поле контролируемого объекта, полученные значения являются слишком заниженными, а время измерения – чересчур велико. Данный метод измерения – неинерционный, а значит можно контролировать температуру при быстропротекающих процессах, например, температуру движущегося конвейера и т.д. Метод измерения еще и бесконтактный, а значит можно сохранять стерильность продукта при контроле. Дело в том, чувствительный элемент сенсора (пирометра) регистрирует общий уровень излучения, приходящий от области контроля. Данное суммарное излучение состоит из трёх составляющих: излучение контролируемого объекта,

напрямую связанное с его температурой, внешнее излучение, отражённое от объекта, внешнее излучение, прошедшее через контролируемый объект (фактор прохождения). Если две последние составляющие равны нулю, то мы имеем идеальное для термометрии тело - чёрное тело, имеющее коэффициент излучения равный 1,0. Реальные тела имеют коэффициент излучения меньше 1,0.

Как металлы, так и их оксиды, особенно светлых цветов имеют низкое значение коэффициента излучения в пределах 0,3...0,9. Данный коэффициент также очень сильно зависит от качества обработки контролируемой поверхности, а также её температуры (цветные излучатели). Поэтому перед проведением измерений необходимо узнать коэффициент излучения для конкретного материала для контролируемого диапазона температуры, и сделать это можно контактным термометром. Естественно, что для работы с такими объектами необходимо иметь более дорогие пирометры с настраиваемым коэффициентом излучения. Для контроля температуры поверхности таких материалов можно предварительно закрыть место контроля плёнкой, имеющей коэффициент излучения близкий к 0,95.

Часто у потребителей возникает вопрос, влияет ли цвет на коэффициент излучения. Выявлено, что практически не влияет, т.к. большинство пирометров работает в области спектра 8...14 мкм, далёком от видимого излучения. Перед проведением процесса измерения пирометр необходимо выдержать при температуре окружающей среды. Дело в том, что как и измеритель, работающий с термопарой, пирометр измеряет два сигнала, это уровень излучения от контролируемого объекта с учётом коэффициента излучения и уровень фонового излучения, определяемого температурой окружающей среды. Если, например, зимой при  $-40^{\circ}\text{C}$  температуру железнодорожных букс пирометром, имеющим диапазон температуры эксплуатации от  $0^{\circ}\text{C}$ , вытащив его на время из тёплого футляра, то получим очень большую ошибку в измерении.

При использовании стационарного датчика измерения температуры, его необходимо установить так, чтобы с одной стороны область контроля не была больше, чем размер контролируемого объекта, и с другой стороны, чтобы контролируемый объект за счёт теплового излучения не нагревал датчик. Иногда сделать это довольно сложно и приходится прибегать к таким приёмам, как принудительное охлаждение датчика сжатым воздухом или водой.

Таким образом, наше исследование и внедрение предиктивной аналитики для измерения температуры бруса ходовой части показало, что бесконтактное измерение температуры является лучшим решением. После внедрения были исключены ошибки по причине человеческого фактора, данные обрабатывались в любую погоду и тщательно проверялись буссы каждого вагона и в жару и в метель.

В перспективе, планируется модернизация системы с помощью привлечения дополнительных датчиков для получения данных по газификации. Это позволило бы выявить какие металлические элементы

больше остальных подвержены к поломке или выхода из строя в случае высокой температуры букса.

### Список литературы

1 Свободная энциклопедия // Железнодорожный транспорт в Казахстане – 2016 год, Материал из Википедии.

2 Буркарт К., Лотер В., Мартин В., Предисловие // Измерение температуры инфракрасными датчиками – 2019.- с 3.

3 Свободная энциклопедия // Лазеры Лидар – 2013год, Материал из Википедии.

4 J. Lawrence., J. Pou., D.K.Y. Low., E. Toyserkani Laser annealing and hardening // Laser annealing and hardening – 2010. Part IV.