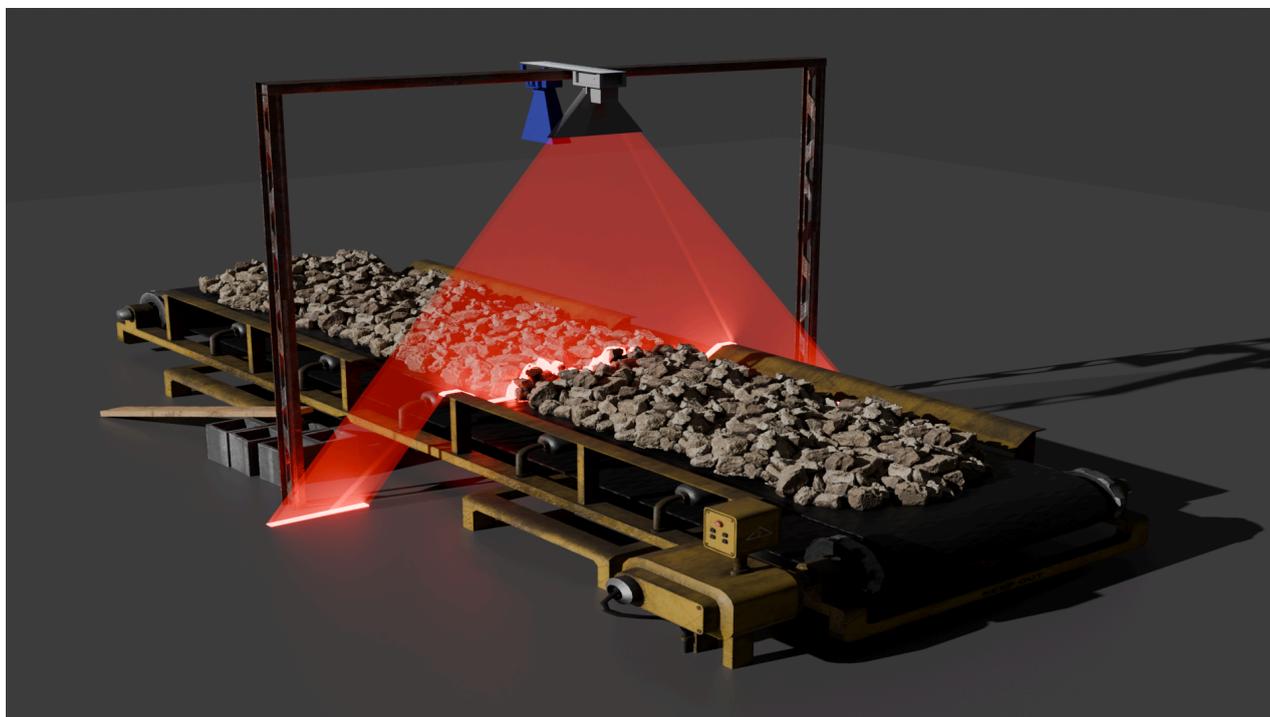


«БЕСКОНТАКТНЫЕ КОНВЕЙЕРНЫЕ ВЕСЫ»

СКАН-400

Описание



АО «СПЕЦКОМПЛЕКТПРИБОР»
129344, г. Москва, ул. Искры, 31, стр.1
Тел. +7 499 705 14 89
e-mail info@skpcorp.ru
www.skpcorp.ru

Описание «бесконтактных конвейерных весов» СКАН-400

Содержание.

- 1. Общие сведения**
 - 2. Конструкция и принцип действия**
 - 3. Программная часть**
-

1. Общие сведения

Бесконтактные конвейерные весы (далее СКАН-400) предназначены для измерения объёма материала на конвейерной ленте. Его можно устанавливать на конвейеры разных размеров и с разными динамическими характеристиками. Работа прибора основана на получении облака точек высот, дальнейшей аппроксимации поверхности на основе полученных точек, измерении скорости материала на ленте при помощи технического зрения. Настройка, контроль и управление осуществляется через встроенное ПО.

2. Конструкция и принцип действия

Система сканирования представляет из себя два модуля - сканер и камера. Внутри модуля сканера установлен лидар (длина электромагнитной волны 905-950 нанометров в зависимости от задачи), он выполняет функцию сбора точек. Он измеряет расстояние точек поверхности материала относительно себя и выдает координаты вершин. Стоит отметить, что длина волны лазера находится в верхнем красном диапазоне, поэтому человеческому глазу она не видна.

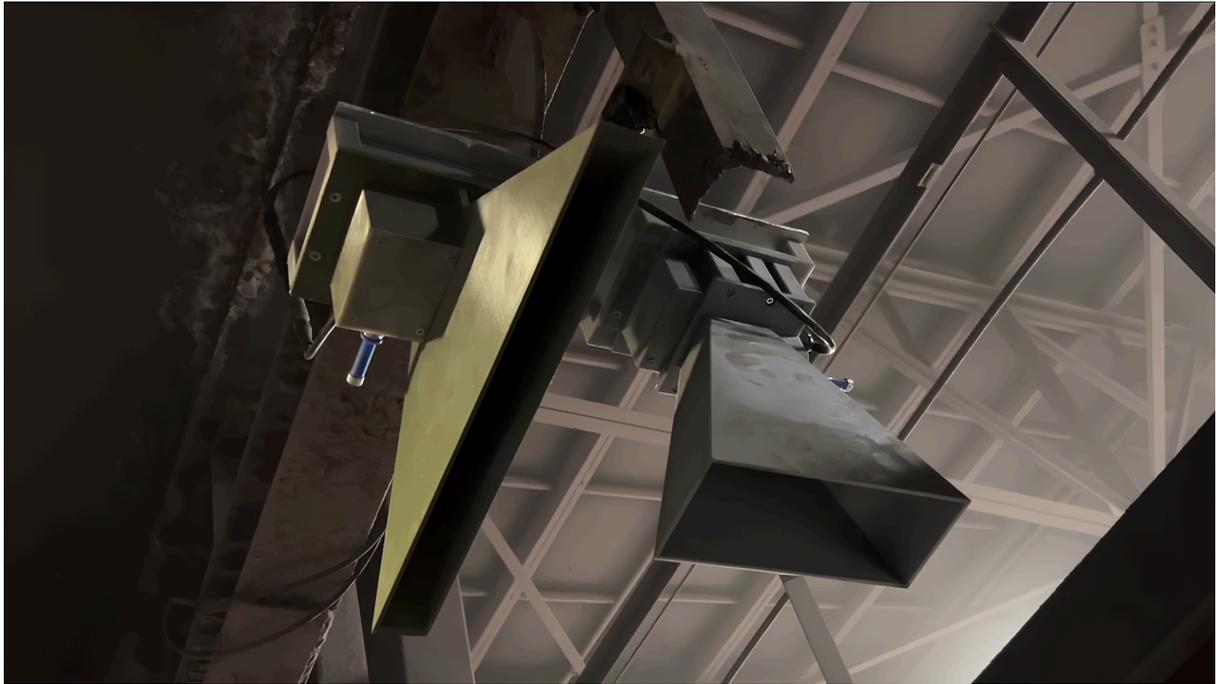


Рис.1 Реальная фотография модуля сканера и скорости

Данные из лидара передаются пакетами в модуль вычисления, в виде дискретного набора точек. Алгоритм выполняет процесс аппроксимации полученных точек сплайном наименьших квадратов для нахождения неизвестных промежуточных значений в местах разрыва. При этом сама функция не проходит ровно через каждую точку, она минимизирует среднеквадратичную ошибку между заданными точками и аппроксимирующей функцией

$$S(x) = \begin{cases} a_1 + b_1(x - x_1) + c_1(x - x_1)^2 + d_1(x - x_1)^3, & x_1 \leq x < x_2 \\ a_2 + b_2(x - x_2) + c_2(x - x_2)^2 + d_2(x - x_2)^3, & x_2 \leq x < x_3 \\ \vdots & \\ a_n + b_n(x - x_n) + c_n(x - x_n)^2 + d_n(x - x_n)^3, & x_n \leq x < x_{n+1} \end{cases}$$

- x_1, x_2, \dots, x_n — узлы сплайна (опорные точки, где меняются коэффициенты),
- a_i, b_i, c_i, d_i — коэффициенты полиномов для каждого интервала $[x_i, x_{i+1}]$,
- $S(x)$ является кусочно-кубическим полиномом, что означает, что на каждом интервале $[x_i, x_{i+1}]$ функция представляет собой полином третьей степени.

Уравнение 1. Общее уравнение сплайна

Таким образом представляется неровная поверхность точек материала на ленте в виде математической функции, это позволяет вычислить площадь сечения.

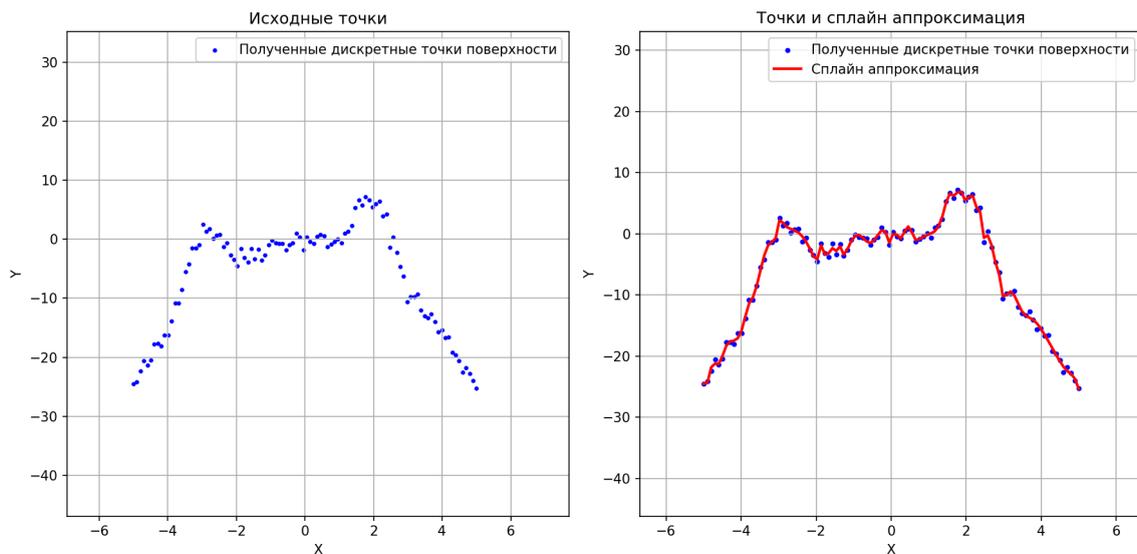


График 1. Аппроксимация точек поверхности

Обычно руда, камни (и пр. материалы) не всегда занимают всю площадь конвейерной ленты, поэтому для калибровки используется пустой конвейер, чтобы прибор имел для расчета “нулевую позицию”. Если лента не статична и может отклоняться по осям $[X, Y]$ во время работы, в таком случае алгоритм не ограничивается только плоскостью ленты, крайними точками обозначается еще и поверхность около конвейера.

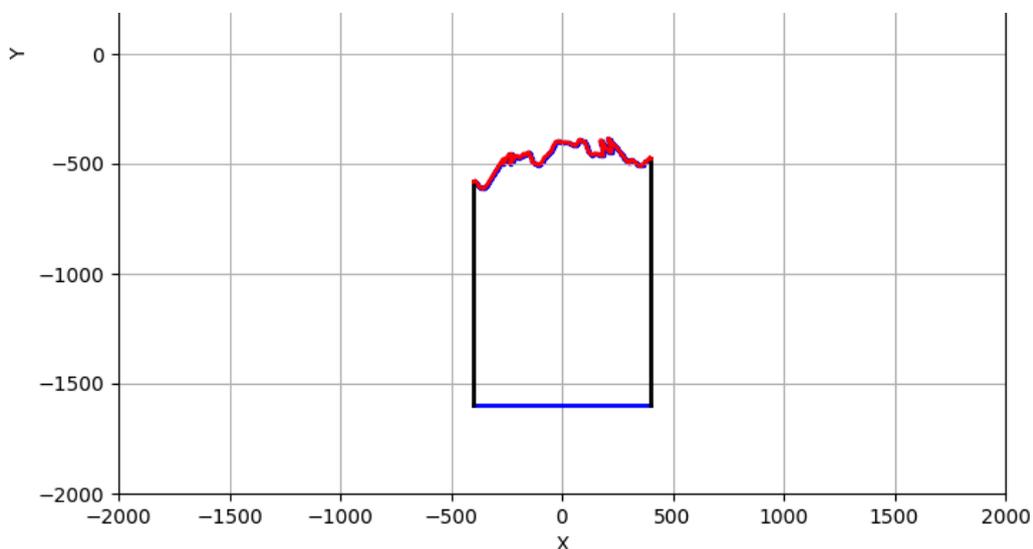


График 2. Замкнутая фигура с виртуальными ограничительными линиями

Для того чтобы корректно вычислить площадь, добавляются виртуальные ограничительные линии, которые выходят за пределы конвейера. Программа считает площадь внутри получившейся фигуры. Когда конвейер пустой, то площадь замкнутой фигуры считается базовой. Когда материал

движется по ленте и изгибает собой аппроксимированную линию, эта площадь считается и из нее вычитается базовая площадь.

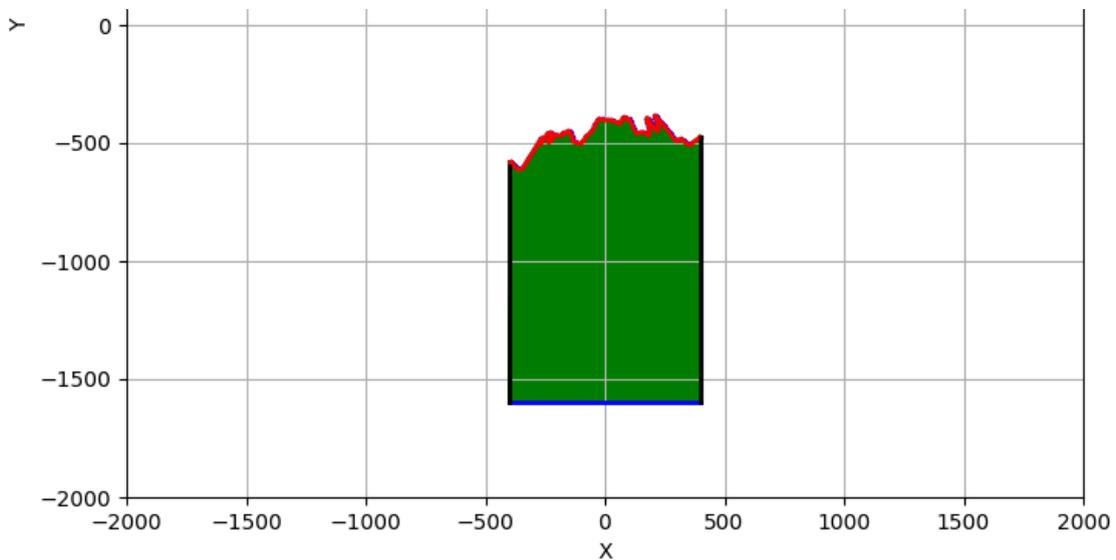


График 3. Площадь замкнутой фигуры

Таким образом “СКАН-400” постоянно преобразует точки в функцию, вычисляет площадь получившейся замкнутой фигуры, считает разницу и получает действительную площадь сечения материала для каждого момента времени. (скорость сканирования и расчета доходит до 100 Гц в зависимости от требуемой точности, скорости ленты, кол-ва материала), при этом в приборе предусмотрен алгоритм усреднения соседних площадей для минимизации влияния аномальных значений на итоговый результат.

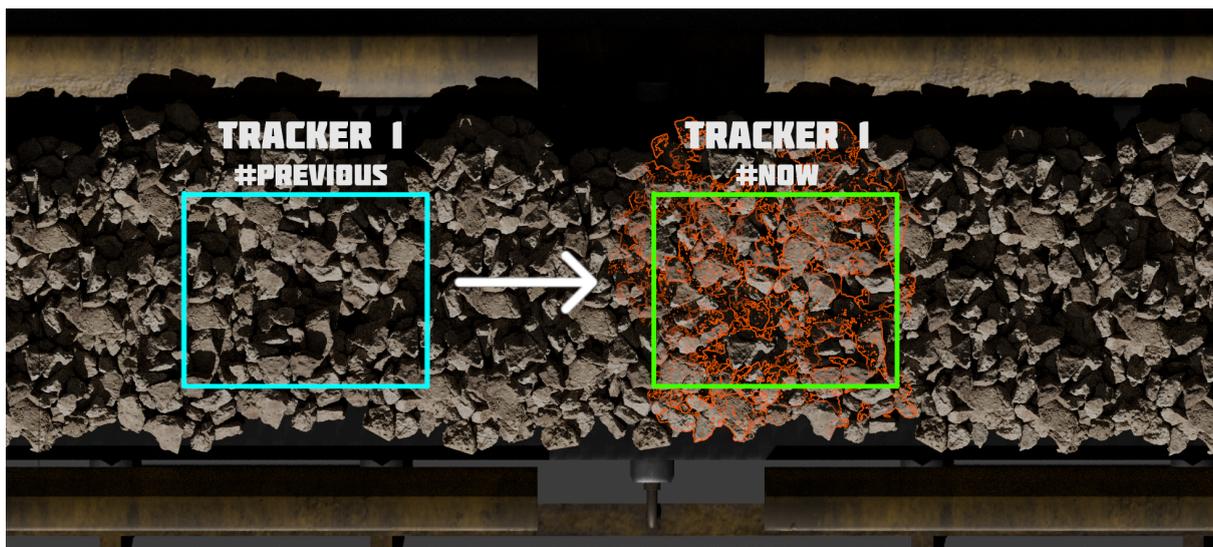


Рис.2 Область пикселей материала для трекинга на ленте

Для того чтобы вычислить объем, необходимо знать скорость движения материала на ленте. Для этого был разработан бесконтактный оптический

датчик скорости на основе методов технического зрения. Модуль датчика скорости представляет из себя камеру, которая наблюдает за камнями на ленте, представляя эту область набором пикселей.

Идея определения скорости методом сопоставления областей пикселей заключается в том, чтобы найти фильтр H (некий шаблон), минимизирующий ошибку между желаемой корреляционной картой и результатом свёртки обучающих примеров с фильтром. В частотной области свёртка сводится к поэлементному умножению, поэтому оптимальное решение получается в виде отношения кросс-спектра к автоспектру (максимизация корреляции между обучающим изображением и входным кадром).

$$H = \frac{\sum_i G \cdot F_i^*}{\sum_i F_i \cdot F_i^*}$$

- $F_i = \mathcal{F}(f_i)$ — преобразование Фурье обучающего изображения f_i ,
- $G = \mathcal{F}(g)$ — преобразование Фурье желаемой корреляционной карты,
- F_i^* — комплексно-сопряжённое к F_i ,

Уравнение 2. Обновление фильтра трекинга

Модуль камеры работает на основе контрастных участков пикселей материала на ленте. Проще говоря, алгоритм трекинга выбирает эталонное облако пикселей и ищет максимальную корреляцию с каждым новым входным кадром.

Метод определения скорости с использованием технического зрения требует от материала хорошего контраста, это означает, что для корректного определения скорости над конвейером следует установить источник освещения, достаточный для трекинга. Это означает, что на конвейер следует установить источник освещения, достаточный для трекинга.

По сравнению с колесом, и другими стандартными механическими методами измерения скорости, данный подход требует меньше затрат на установку, имеет неограниченный ресурс и не требует обслуживания. В таком методе считается не скорость ленты, а скорость самого материала.

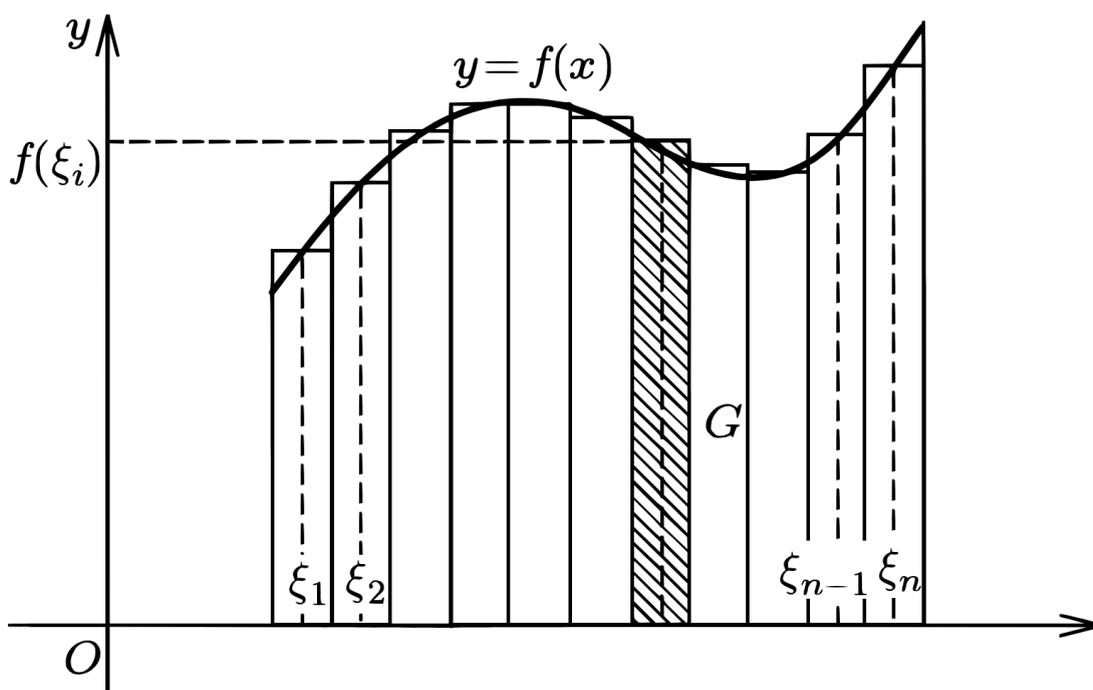


График 4. Определенный интеграл от функции

Скорость конвейера в данном случае является переменной для определения высот полученных площадей замкнутых фигур, таким образом имея площади сечения материала, прибор рассчитывает объем. Если представить процесс подсчета визуально, то это будет похоже на интегрирование функции в 3-х мерном пространстве. Материал на конвейерной ленте разбивается на множество объемных фигуры, повторяя его рельеф. Так как “СКАН-400” выполняет функцию весов, а алгоритм получает объем, то в ПО есть возможность принудительного ввода плотности материала. Переменная плотности в том числе служит коэффициентом калибровки.

Стоит отметить, что установка и калибровка прибора производится гораздо быстрее и проще стандартных конвейерных весов.

3. Программная часть



Рис.3 Блок управления

“СКАН-400” Комплектуется блоком управления - сенсорный дисплей в корпусе с защитной крышкой. При помощи дисплея осуществляется калибровка и настройка прибора, а также вывод всех необходимых показателей.



Рис.4 Основное окно и окно настроек

Скорость М/С - Показывает текущую скорость материала на конвейерной ленте (метры в секунду). Обновление скорости происходит каждые 6 секунд. В случае если скорость не удалось измерить, текущая скорость остается до момента измерения новой скорости.

4 МА - Минимальный диапазон показателя (“**мгновенный расход тонны/час**”). Если показатель (“**мгновенный расход тонны/час**”) меньше порога 4МА, то прибор выдает 3.6 МА

20 МА - Максимальный диапазон показателя (“**мгновенный расход тонны/час**”). Если показатель (“**мгновенный расход тонны/час**”) больше порога 20МА, то прибор выдает 24 МА

Плотность КГ/М³ - Плотность материала. По умолчанию равна единице.

Окна настроек и отображения показателей могут быть выполнены по согласованию с заказчиком.

АО "СПЕЦКОМПЛЕКТПРИБОР"
129344, г. Москва, ул. Искры, 31, стр.1
Тел. +7 499 705 14 89
e-mail info@skpcorp.ru
www.skpcorp.ru