

К.Д. СИНЕЛЬНИКОВ, студент гр. ЭАм-241 (КузГТУ)  
Научный руководитель А.Г. ЗАХАРОВА, д.т.н., профессор (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВЕСА ТРАНСПОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Горнодобывающая промышленность предъявляет высокие требования к эффективности и надежности транспортных систем, в частности, к конвейерным линиям. Повышение эффективности работы данных систем является важной задачей, направленной на рост производительности и снижение эксплуатационных затрат. Одним из ключевых аспектов повышения эффективности является управление процессом запуска конвейеров, которое традиционно может быть связано с задержками и повышенными нагрузками на оборудование. В связи с этим, разработка эффективных стратегий запуска, основанных на точных данных о состоянии конвейерной ленты, представляет значительный интерес. Однако, прежде чем перейти к инновационным подходам управления запуском, необходимо рассмотреть, как эти данные получают. Основную роль здесь играет современное измерительное оборудование, такое как датчики веса, позволяющие определять наличие или отсутствие транспортируемого материала на ленте [1].

В основе работы большинства датчиков веса, используемых в горнодобывающей промышленности для контроля конвейерных лент, лежит принцип измерения деформации упругого элемента под воздействием силы тяжести груза. Эта деформация преобразуется в электрический сигнал, который обрабатывается и интерпретируется как значение массы. Существуют различные типы датчиков веса, отличающиеся по конструкции и принципу преобразования деформации в электрический сигнал. Среди наиболее распространенных можно выделить тензорезистивные, пьезоэлектрические и электромагнитные датчики [2].

Тензорезистивные датчики, широко используемые для измерения механических величин, представляют собой упругий элемент с закрепленными на нём тензорезисторами, сопротивление которых изменяется при деформации. Это изменение фиксируется электрической схемой, чаще всего мостом

Уитстона, и преобразуется в выходной сигнал, пропорциональный приложенной силе. Преимуществами тензорезистивных датчиков являются высокая точность, надежность, относительная экономичность и простота интеграции в измерительные системы. Однако, следует учитывать такие

факторы, как температурная зависимость характеристик, необходимость периодической калибровки и чувствительность к вибрациям, которые могут вносить погрешности в измерения. По конструктивному исполнению выделяют S-образные, колонные и балочные датчики. S-образные датчики, благодаря своей форме, обеспечивают высокую чувствительность при относительно компактных размерах. Колонные датчики отличаются повышенной прочностью и устойчивостью к перегрузкам, что особенно важно при работе с большими массами. Балочные датчики, в свою очередь, характеризуются удобством монтажа и возможностью интеграции в весоизмерительные платформы [3].

Пьезоэлектрические датчики используют пьезоэлектрический эффект – возникновение электрического заряда на поверхности некоторых кристаллов (например, кварца) при их деформации. Преимущества пьезоэлектрических датчиков заключаются в высокой чувствительности, малых габаритах и высокой частоте отклика, но они также чувствительны к температуре, требуют применения специальных усилителей и имеют меньшую долговечность по сравнению с тензорезистивными датчиками.

Электромагнитные датчики основаны на принципе изменения индуктивности катушки при перемещении сердечника под действием силы тяжести. Индуктивность измеряется специальной электронной схемой и преобразуется в выходной сигнал, пропорциональный весу. Электромагнитные датчики отличаются высокой надежностью, устойчивостью к внешним воздействиям и возможностью работы в широком диапазоне температур, однако они характеризуются относительно низкой точностью измерений, большими габаритами и более высокой стоимостью по сравнению с другими типами датчиков [4].

Датчики веса для конвейерных линий, как правило, интегрируются в конструкцию роlikоопор, поддерживающих ленту. Конструктивные особенности зависят от типа датчика и специфики конвейерной системы. Основные типы конструкций:

а) датчики, устанавливаемые под роlikоопоры: в этом случае датчик устанавливается непосредственно под роlikоопору и измеряет силу, передаваемую от опоры к раме конвейера. Это наиболее распространенный вариант, обеспечивающий относительно простую установку и обслуживание;

б) датчики, интегрированные в ролики: в этом варианте датчик веса встраивается непосредственно в ролик конвейера. Это обеспечивает более точное измерение веса, так как исключает влияние трения и других факторов, связанных с передачей силы через роlikоопору. Однако, такая конструкция является более сложной и дорогостоящей.

Рассмотрим более подробно конструкцию конвейерных весов. Основным элементом данной системы является грузоприемное

устройство (ГПУ), устанавливаемое на конвейерный став и включающее в себя одну, две или более весовых роlikоопор. Каждая роlikоопора опирается на несколько весовых датчиков, закрепленных на опорной раме. Под действием веса груза происходит деформация упругих элементов датчиков, которая преобразуется в электрический сигнал, пропорциональный массе. Одновременно с этим, датчик скорости (ДКС) измеряет скорость движения конвейерной ленты. Аналоговые сигналы от весовых датчиков и ДКС поступают в индикатор, где происходит их преобразование в цифровой формат. После обработки данных на дисплей индикатора выводится суммарная масса взвешенного материала, производительность конвейера, линейная плотность материала и скорость конвейерной ленты [5].

Упрощенная схема конвейерных весов с одной весовой роlikоопорой представлена на рисунке 1. В данной конструкции вес материала, находяще-гося на участке ленты, опирается на единственную точку измерения, что де-лает систему компактной и экономичной, но более чувствительной к вибра-циям и неравномерностям нагрузки.

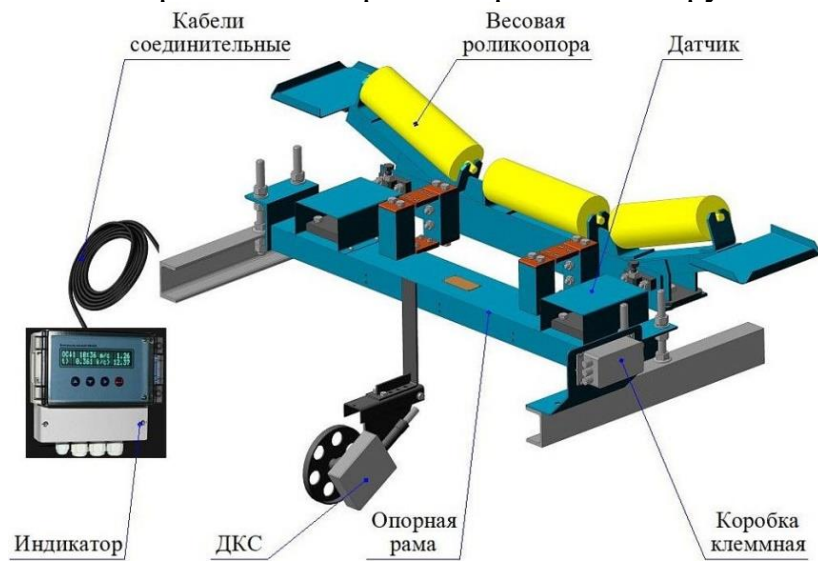


Рис. 1. Весы конвейерные с одной роlikоопорой

В то же время, система с двумя весовыми роlikоопорами, как показано на рисунке 2, обеспечивает более равномерное распределение нагрузки и повышенную точность измерений, особенно при высоких скоростях движения ленты и значительных объемах транспортируемого материала. Данная конструкция лучше компенсирует колебания ленты и позволяет более точно определять вес материала, распределенного неравномерно по ширине ленты.

Для более детального анализа и сравнения различных типов датчиков, а также их ключевых характеристик, таких как диапазон измерений, точность и надежность, рассмотрим доступные на рынке варианты оборуду-

дования. В таблице 1 представлен обзор основных типов и моделей этих устройств.

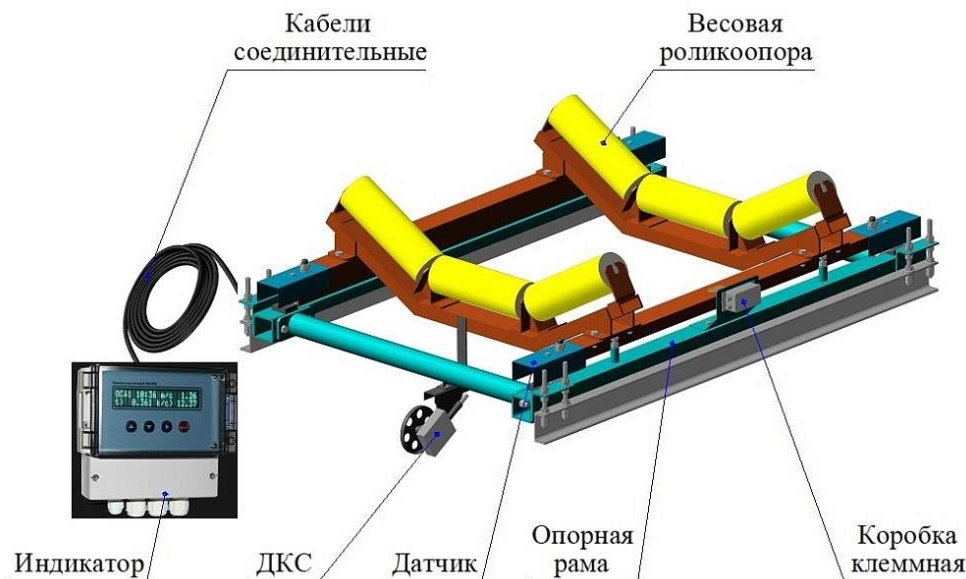


Рис. 2. Весы конвейерные с двумя роlikоопорами

Таблица 1

Основные типы и модели конвейерных весов

Наименование устройства		Основные параметры
«СИБТЕН-ЗОПРИБОР»	ВК-М	Число роlikоопор: 1,2 Класс точности, 0,5; 1; 1,5; 2 % Ширина конвейерной ленты, 400-2000 мм Максимальная скорость движения конвейерной ленты, 5 м/с Максимальный угол наклона конвейерной ленты, 20°
Siemens Milltronics	MSI	Максимальная скорость движения конвейерной ленты, 3 м/с Класс точности, 1-2 % Диапазон нагрузок: средние и высокие
	MUS	Максимальная скорость движения конвейерной ленты, 3 м/с Класс точности, 0,5-1 % Диапазон нагрузок: средние
«Завод весового оборудования»	ВКА	Число роlikоопор: 1,2 Класс точности, 0,5; 1; 1,5; 2 % Ширина конвейерной ленты, 400-3000 мм Максимальная скорость движения конвейерной ленты, 5 м/с
«Волгоградский Завод Весоизмерительной Техники»	ХОПЕР	Число роlikоопор: 1,2,3 Класс точности, 0,5-1 % Ширина конвейерной ленты, до 2600 мм Максимальная скорость движения конвейерной ленты, 5 м/с Максимальный угол наклона конвейерной ленты, 20°

Таким образом, проведенный анализ показывает, что основные крупные производители конвейерных весов демонстрируют сравнительно схожие технические характеристики. Выбор конкретного оборудования в большинстве случаев определяется экономическими соображениями, такими как стоимость, эксплуатационные расходы и условия гарантии, а также логистическими преимуществами, связанными с близостью расположения к промышленному объекту и доступностью сервисного обслуживания.

#### Список литературы:

1. Медведев, А. Е. Автоматика машин и установок горного производства : учебное пособие : в 2 частях / А. Е. Медведев, И. А. Лобур, Н. М. Шаулева. – Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, [б. г.]. – Часть 2 – 2019. – 299 с. – ISBN 978-5-00137-041-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/122218> (дата обращения: 14.04.2025).

2. Сажин, Р. А. Автоматизация технологических процессов горного производства : учебное пособие / Р. А. Сажин. – Пермь : ПНИПУ, 2009. – 198 с. – ISBN 978-5-398-00287-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160644> (дата обращения: 15.04.2025).

3. Медведев, А. Е. Автоматизация производственных процессов : учебное пособие / А. Е. Медведев, А. В. Чупин. – Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2009. – 325 с. – ISBN 978-5-89070-696-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/6606> (дата обращения: 16.04.2025).

4. Евтихеев, Н.Н. Измерение электрических и неэлектрических величин: учебное пособие для вузов / Н.Н. Евтихеев и др.; под общ. ред. Н.Н. Евтихеева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

5. Конвейерные весы «СИБТЕНЗОПРИБОР», URL: <https://www.sibtenzo.com/> (дата обращения: 18.04.2025). – Текст: электронный.

#### Информация об авторах:

Синельников Кирилл Дмитриевич, студент гр. ЭАм-241, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [kirillsinelnikow@yandex.ru](mailto:kirillsinelnikow@yandex.ru)

Захарова Алла Геннадьевна, д.т.н., профессор, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [zaharovaag@kuzstu.ru](mailto:zaharovaag@kuzstu.ru)