

УДК 681.268

И.А. Галин

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДВУХКАНАЛЬНЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ВЕСОВ

Предложены кинематические схемы двухканальных конвейерных весов для повышения точности взвешивания сыпучего материала на ленточных конвейерах. Точность достигается за счет выбора рациональных конструкций грузоприемных устройств (ГУ) конвейерных весов (КВ) и использования косвенных способов их калибровки и поверки, альтернативных практически нереализуемому в условиях современного производства прямому способу с использованием взвешенного на образцовых статических весах материалом.

Ключевые слова: конвейерные весы, грузоприемные устройства, лента конвейера, роликоопора.

Проблема радикального повышения точности взвешивания сыпучего материала на ленточных конвейерах может быть достигнута за счет выбора рациональных конструкций грузоприемных устройств (ГУ) конвейерных весов (КВ) и использования косвенных способов их калибровки и поверки, альтернативных практически нереализуемому в условиях современного производства прямому способу с использованием взвешенного на образцовых статических весах материалом.

В мировой практике конвейерного весостроения сложилась определенная тенденция по определению предела допускаемой погрешности КВ. К весам с пределом допускаемой погрешности $\pm 1,0\%$ принято относить однороликовые КВ, т.е. КВ с одной весовой роликоопорой. Соответственно КВ с двумя весовыми роликоопорами приписываются предел допускаемой погрешности $\pm 0,5\%$, а КВ с 4 и более весовыми роликоопорами — $\pm 0,25\%$, хотя в официальных документах отсутствует упоминание о КВ с таким пределом допускаемой погрешности.

Из-за простоты конструкции и монтажа на ставе конвейера, меньшей стоимости в промышленности большое распространение получили однороликовые ГУ рычажного типа. В тоже время в последние годы началось широкое внедрение КВ, в основе которых лежат кинематические схемы ГУ с встроенным внешним силовым параллелограммом при использовании одного силоизмерительного датчика, работающего на сжатие, и схемы ГУ с весовой роликоопорой, непосредственно опирающейся на консольные параллелограммные силоизмерительные датчики. Такие кинематические схемы ГУ принято относить к безрычажному типу.

Можно выделить пять основных неинформационных параметров (производственных факторов), влияющих на точность взвешивания материала на ленте конвейера:

- 1) сопротивление движению ленты конвейера по весовым роликам ГУ;
- 2) смещение (сход) ленты относительно продольной оси конвейера и неравномерное распределение сыпучего материала по ширине и длине ленты;

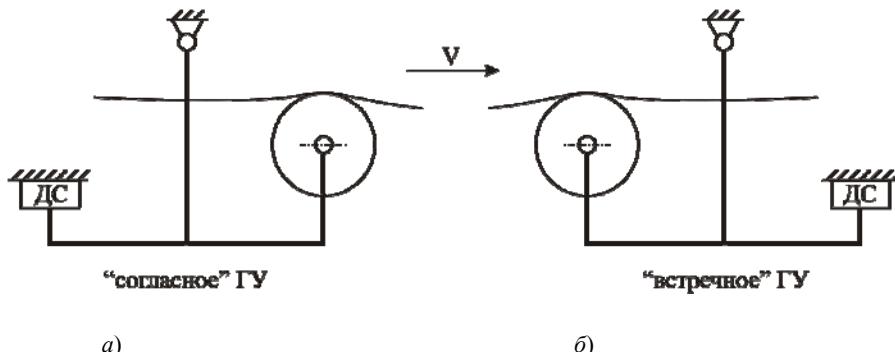


Рис. 1. Кинематические схемы рычажных однороликовых ГУ а) «согласное» ГУ; б) «встречное» ГУ

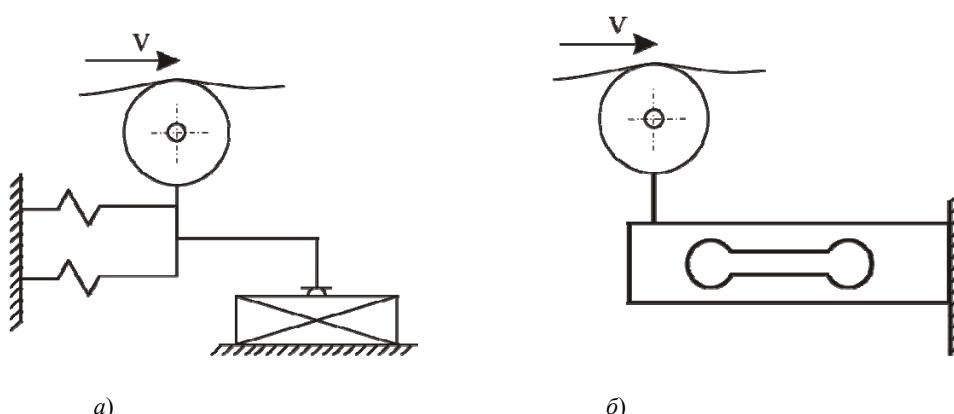


Рис. 2. Кинематические схемы безрычажных однороликовых ГУ: а) ГУ со встроенным силовым параллелограммом; б) ГУ с весовой роликоопорой на двухсилоизмерительных датчиках параллелограммного типа

3) натяжение ленты, являющееся причиной возникновения систематической погрешности КВ и дополнительных погрешностей, обусловленных изменением натяжения ленты при нерациональном выборе места встройки КВ по длине конвейера;

4) динамика транспортируемого сыпучего материала:

5) асимметричная деформация конвейерной ленты на наклонных конвейерах.

Как показывают теоретические и экспериментальные исследования од-

нороликовых КВ рычажного типа их метрологические характеристики не всегда укладываются в регламентированный ГОСТ 30124 предел допускаемой погрешности $\pm 1,0\%$. Это связано с влиянием вышеуказанных неинформативных факторов, зачастую носящих случайный характер, но свойственных реальному процессу взвешивания сыпучего материала на денточных конвейерах.

В отношении однороликовых КВ рычажного типа предел допускаемой погрешности $\pm 1.0\%$ фактически мо-

жет быть обеспечен при соблюдении жестких требований точности монтажа ГУ на ставе конвейера и принятии ряда конструктивных решений при реализации конструкции ГУ, призванных ослабить влияние, в частности, продольных нагрузок, обусловленных динамикой сыпучего материала и сопротивлением движения конвейерной ленты.

Одним из таких решений является минимизация плеча действия момента продольных сил относительно оси шарнирной подвески. В трехроликовой желобчатой роликоопоре при максимальной нагрузке конвейера точка приложения вектора силы сопротивления движению расположена на уровне $0,15s_0$ (s_0 — глубина желоба ленты). Поэтому конструктивно рациональным будет считаться решение, когда ось шарнирной подвески на $0,15s_0$ — выше образующей среднего весового ролика. При таком конструктивном решении за счет уменьшения плеча действия продольных нагрузок можно говорить о реально достижимом пределе допустимой погрешности $\pm 1,0\%$ для однороликовых ГУ рычажного типа.

Для горизонтального конвейера две схемы монтажа ГУ на конвейере (рис. 1) — схема с «согласным» и «встречным» ГУ в метрологическом отношении являются равносценными. Однако на наклонном конвейере предпочтение имеет схема со «встречным» ГУ, поскольку расчеты показывают, что погрешность из-за асимметричной деформации ленты для схемы «согласного» ГУ вносит более существенный вклад в общую погрешность весов, чем для схемы со «встречным» ГУ.

В кинематических схемах ГУ с силовым параллелограммом ослабление влияния продольных нагрузок происходит за счет их замыкания в самом

параллелограмме, однако при этом полной компенсации этих нагрузок не происходит и в общей погрешности весов остается определенная частичная погрешность по фактору продольных нагрузок. В ГУ с внешним силовым параллелограммом и одним силоизмерительным датчиком также не компенсируются поперечные нагрузки при сходе ленты или неравномерной нагрузке материала по ширине ленты.

Поэтому кинематическая схема ГУ с весовой роликоопорой на двух параллелограммных силоизмерительных датчиках, несмотря на удвоение их количества, в метрологическом отношении является более предпочтительной. Следует отметить, что в однороликовых ГУ рычажного типа также не происходит компенсации по фактору «схода» ленты и несимметричной нагрузки материала по ширине ленты.

Для КВ с однороликовым ГУ невозможна реализация соизмеримых по точности с прямым способом по ГОСТ 8.005-2002 косвенных способов поверки, основанных на использовании механических имитаторов сыпучего материала (тележки со съемными образцовыми грузами, калиброванные цепи и ролики на холостом ходу и т.д.). Проведенные экспериментальные исследования в условиях полигона-стенда и в реальных производственных условиях показали, что использование механических имитаторов в качестве средств поверки не позволяет достичь требуемых показателей по точности из-за невоспроизводимости ими всех потенциально возможных производственных факторов при взвешивании потока сыпучего материала. Поэтому для КВ с однороликовыми ГУ единственным способом поверки является поверка пропуском взвешенного на образцовых статических весах сыпучего материала.

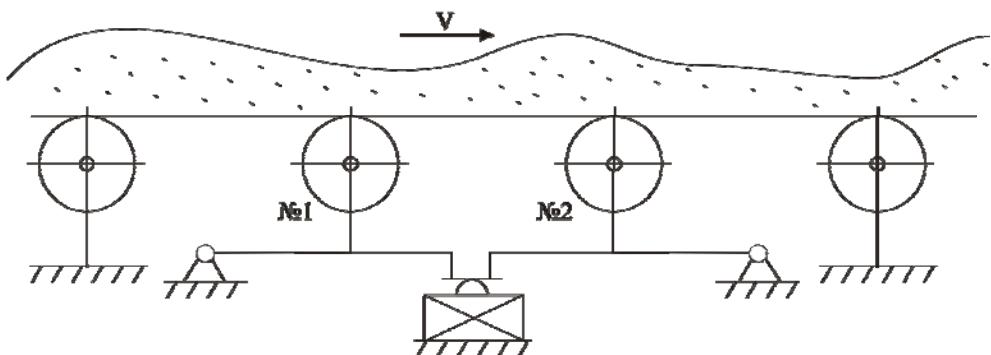


Рис. 3. Кинематическая схема двухроликовых ГУ фирмы Schenk

Примером КВ с двухроликовым ГУ могут служить весы фирмы Schenck, кинематическая схема которых представлена на рисунке 3. В данной конструкции проблема повышения точности взвешивания решена за счет полной компенсации продольных нагрузок. При этом КВ обеспечивают предел допустимой погрешности

в его выходном сигнале отсутствует неинформативная составляющая, обусловленная продольными нагрузками.

При достоинствах данной схемы расположение одного датчика по центру поперечной оси конвейера не позволяет достичь компенсации поперечных нагрузок, возникающих при «сходе» ленты.

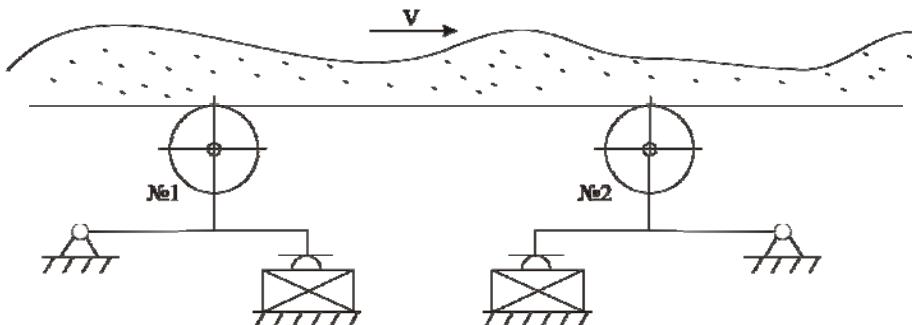


Рис. 4. Декомпозиция кинематической схемы двухроликовых ГУ

$\pm 0,5\%$ в широком диапазоне изменения производительности конвейера. Компенсация продольных нагрузок в данной схеме осуществляется за счет того, что момент этих нагрузок, приложенный к весовой роликоопоре № 1 дополнительно догружает силоизмерительный датчик, в то время как момент, приложенный к весовой роликоопоре № 2, разгружает датчик и

Если произвести декомпозицию данной кинематической схемы, то можно перейти к схеме КВ с двумя отдельными однороликовыми ГУ, каждое из которых опирается на отдельный силоизмерительный датчик, а при расположении их по разные стороны конвейера дополнительно обеспечивается компенсация поперечных нагрузок (рис. 4). При этом метроло-

гические характеристики кинематической схемы с двумя отдельными однороликовыми ГУ будут идентичны характеристикам кинематической схемы КВ с весовой платформой, имеющей две весовые роликоопоры.

Подход к построению «двухканальных» КВ на базе двух механически отдельных однороликовых ГУ реализован в кинематической схеме, в которой поверка косвенным способом осуществляется образцовыми грузами с массой m_{GP} при их поочередном прикладывании к определенным точкам конструкции ГУ при работе конвейера под нагрузкой без остановки технологического процесса.

Проверка КВ выполняется в три этапа:

- на первом этапе при непрерывном транспортировании сыпучего материала за время, соответствующее времени НмПВ, сумматорами фиксируется накопленный итог массы по двум каналам измерения Q_1 и Q_2 ;
- на втором этапе при работе конвейера под нагрузкой производится дозирование ГУ первого канала измерения образцовым грузом с массой m_{GP} и фиксируются показания сумматора первого канала Q_{13} при достижении сумматором второго канала показания массы Q_2^* , полученного на первом этапе и равного Q_2 ;
- на третьем этапе при работе конвейера под нагрузкой производится дозирование ГУ второго канала измерения аналогичным образом грузом с массой m_{GP} и фиксируются показания сумматора второго канала Q_{23} при достижении сумматором первого канала показания массы Q_1^* ,

полученного на первом этапе и равного Q_1 .

Оценка погрешности косвенного способа поверки проводится по отличию расчетного значения имитирующей массы материала и разности между показаниями отдельных каналов после дозировки образцовым грузом и их показаниями до дозировки.

Однако при поочередном дозировании образцовым грузом обоих ГУ появляется методическая погрешность поверки, обусловленная взаимовлиянием двух каналов измерения друг на друга из-за натяжения конвейерной ленты.

Методическая погрешность поверки вследствие фактора натяжения ленты определяется выражением

$$\delta_M = \frac{3\sigma}{cl_B - 3\sigma} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где σ — натяжение ленты, Н; l_B — длина весового участка, м; c — жесткость силоизмерительного датчика, Н/м.

С целью исключения данной методической погрешности однороликовые ГУ («встречное» и «согласное») на конвейерном ставе должны быть разделены промежуточной стационарной роликоопорой, установленной на одном уровне с соседними весовыми роликоопорами (рис. 5).

Однако при исключении взаимовлияния каналов измерения в кинематической схеме (рис. 5) в два раза уменьшается длина весового участка и, соответственно, происходит двойное увеличение систематической погрешности, обусловленной просадкой силоизмерительного датчика и натяжением конвейерной ленты.

Данное обстоятельство приводит к уменьшению массы образцового груза, рассчитываемого с учетом текущей

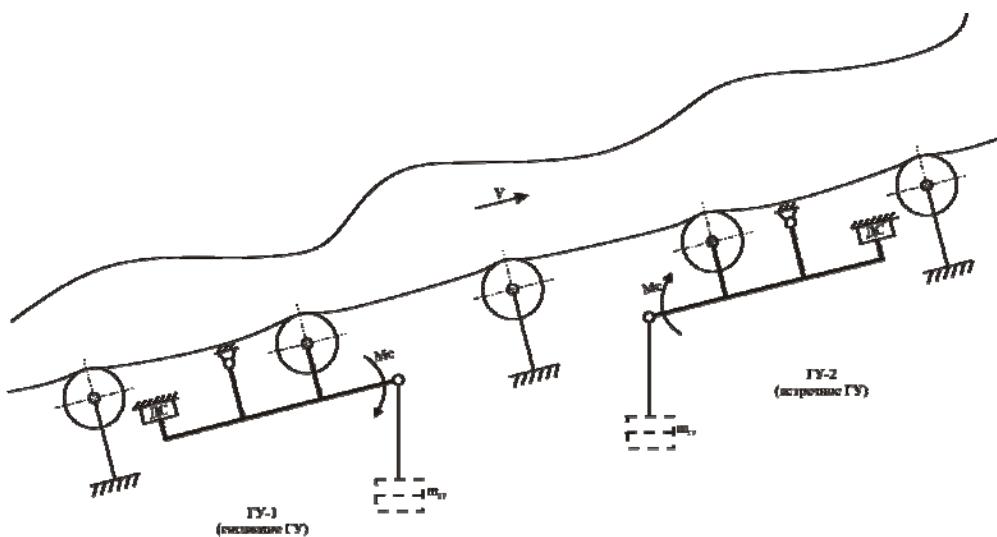


Рис. 5. Кинематическая схема двухканальных KB с промежуточной стационарной роликоопорой

производительности конвейера и систематической погрешности KB.

При поверке KB с использованием образцового груза малой массой и определении ее погрешности неизбежно увеличение дисперсии результатов измерений. Для ее уменьшения потребуется увеличение количества измерений и, соответственно, времени проведения испытаний.

Поэтому необходимо изыскание возможности косвенного определения методической погрешности поверки из-за взаимовлияния каналов измерения. При решении этой задачи более предпочтительной будет считаться кинематическая схема двухканальных KB без разделения весовых роликоопор промежуточной стационарной роликоопорой. Для обоих кинематических схем KB (рис. 4) предпочтительным является их применение в условиях равномерных потоков сыпучих материалов, характерных для конвейерных установок основных транспортных

магистралей (входные конвейера агломерационного производства, тепловых электростанций), поскольку достижение требуемой точности поверки ($0,2 \div 0,3\%$) обеспечивается в рабочей точке диапазона с постоянной производительностью.

При этом один из основных параметров в процессе поверки KB — коэффициент соотношения чувствительностей каналов измерения $\chi = Q_1/Q_2$ (Q_1 и Q_2 — накопленная масса материала, зафиксированная счетчиками двух каналов за время равное $H_{МПВ}$) — будет оставаться неизменным на всех последующих этапах поверки с использованием образцового груза, т.е. $\chi = \text{const}$.

Для конвейерных магистралей с неравномерным потоком сыпучего материала и случайным характером изменения его линейной плотности на этапах поверки KB параметр χ будет принимать неоднозначные значения в зависимости от текущей производительности конвейера.

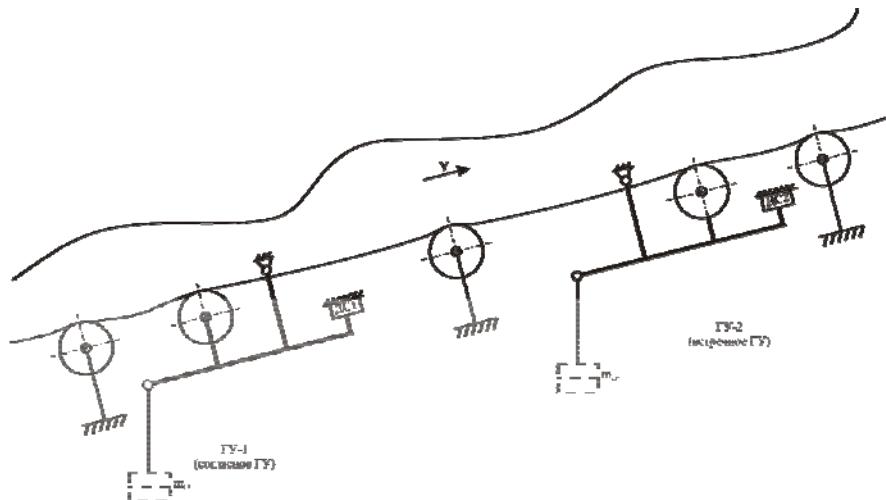


Рис. 6. Кинематическая схема двухканальных КВ с двумя «встречными» ГУ

Это обусловлено нелинейностью метрологических характеристик отдельных ГУ. Достижение стабильности параметра χ предполагает наличие двух механических отдельных однороликовых ГУ с идентичными метрологическими характеристиками. Вариантом двухканальных КВ с возможностью реализации косвенного способа поверки в условиях неравномерности и нестабильности грузопотока могут являться весы с двумя однороликовыми ГУ, каждое из которых может быть охарактеризовано как «встречное» ГУ (рис. 1, б). Примером кинематической схемы таких двухканальных КВ является схема, представленная на рис. 6.

Однако в отличие от двухканальных КВ с кинематической схемой, представленной на рис. 5, б, для КВ с кинематической схемой из двух «встречных» однороликовых ГУ предел допустимой погрешности равен $\pm 1,0\%$, а не $\pm 0,5\%$.

Теоретически возможна кинематическая схема КВ с использованием двух «согласных» ГУ. Однако из-за их низкой точности, особенно на на-

клонных конвейерах, данный вариант не может быть рекомендован для практического применения (предел допустимой погрешности таких двухканальных КВ будет превышать значение $\pm 1,0\%$).

В табл. 1 представлены варианты наиболее распространенных кинематических схем однороликовых ГУ с указанием пределов их допустимых погрешностей. Проверка КВ на базе таких ГУ возможна только взвешенным материалом в соответствии с ГОСТ 8.005-2002.

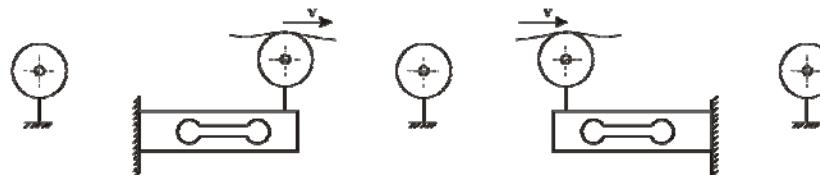
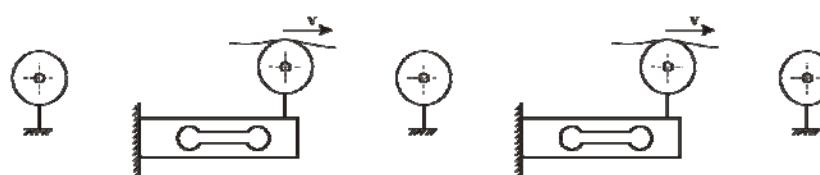
На основе предложенных кинематических схем однороликовых ГУ в табл. 2 представлены варианты построения двухроликовых КВ на примере консольных силоизмерительных датчиков параллелограммного типа. Все представленные варианты КВ являются двухканальными, градуировка и поверка которых может не предусматривать применение взвешенного на образцовых весах сыпучего материала и осуществляться образцовыми грузами в процессе непрерывного транспортирования конвейером материала.

Таблица 1
Кинематические схемы однороликовых КВ

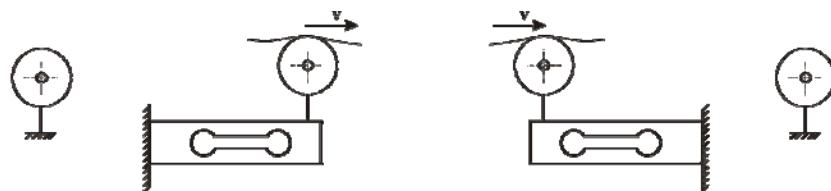
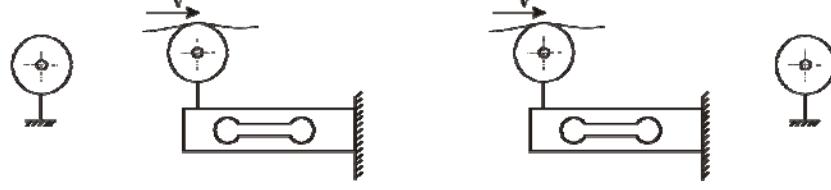
| Тип ГУ | Кинематическая схема | | Предел допустимой погрешности | | Способ поверки |
|--|----------------------|--------------------|-------------------------------|--------|--------------------|
| | Встречное ГУ(ВГУ) | Согласное ГУ (СГУ) | ВГУ | СГУ | |
| Рычажное ГУ | | | ±1,0% | >±1,0% | по ГОСТ 8.005-2002 |
| ГУ со встроенным силовым параллелограммом | | | ±1,0% | ±1,0% | по ГОСТ 8.005-2002 |
| ГУ с весовой роликоопорой на двух силоизмерительных датчиках параллелограммного типа | | | ±1,0% | ±1,0% | по ГОСТ 8.005-2002 |

142

Таблица 2
Кинематические схемы двухканальных КВ на основе консольных силоизмерительных датчиков параллелограммного типа

| № п/п | Кинематическая схема двухканальных КВ | Предел допустимой погрешности | Способ проверки |
|----------|---|-------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | С промежуточной стационарной роликоопорой | $\pm 5,0\%$ | Образцовым грузом при работе конвейера под нагрузкой |
| 2 |  | $\pm 1,0\%$ | -//- |
| 3 |  | $>\pm 1,0\%$ | -//- |

Окончание табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|-------------|------|
| | Без промежуточной стационарной роликоопорой | | |
| 4 |  | | |
| 5 |  | $\pm 1,0\%$ | -//- |

Одним из достоинств предложенных кинематических схем двухканальных КВ помимо использования нетрудоемкого и оперативного косвенного способа поверки является простота в изготовлении и монтаже однороликовых ГУ, что нельзя сказать о КВ с двумя роликоопорами на общей весовой платформе.

Как показала общемировая практика весы высокой точности должны строиться на основе многороликовых ГУ при числе роликов $n \geq 4$, что позволяет добиться реального предела допустимой погрешности $\pm 0,25\%$. Конечно это влечет за собой увеличение габаритов конструкции КВ, особенно при увеличении числа роликоопор, общее количество которых может быть 5, 6, 7 и более. Установка на ставе конвейера весовой платформы с таким количеством роликоопор обуславливает сложность монтажа и настройки. Не во всех производственных условиях возможен монтаж многороликовых КВ в силу стесненности окружающего пространства, особенно в закрытых помещениях. Кроме того остается открытым вопрос окончательной градуировки КВ, что возможно взвешенным материалом.

Другой подход к созданию многороликовых КВ основывается на использовании однороликовых ГУ с требуемым количеством весовых роликоопор. Примеры построения 4-х роликовых КВ представлены на рис. 7 для двух типов ГУ — рычажного типа и с параллелограммными силоизмерительными датчиками. Кинематические схемы 4-х роликовых КВ являются комбинацией двух двухка-

нальных КВ. Причем одно из двухканальных КВ построено с использованием «согласных» ГУ, а второе — с использованием «встречных» ГУ (рис. 7, а). При такой схеме можно проводить градуировку и поверку КВ образцовым грузом без остановки технологического процесса при любом характере изменения линейной плотности материала в процессе транспортирования. Все вышеизложенное с полным правом можно отнести и к кинематической схеме КВ с параллелограммными силоизмерительными датчиками (рис. 7, б).

Для обоих кинематических схем (рисунки 7, а, б) характерно наличие методической погрешности из-за взаимовлияния каналов измерения по фактору натяжения ленты, которую после проведения испытаний необходимо исключить из результата измерений.

В кинематической схеме 4-х роликовых КВ (рис. 7, в) методическая погрешность из-за взаимовлияния каналов измерения отсутствует в силу того, что ГУ, относящиеся к первой группе, разнесены по длине конвейера и разделены между собой ГУ, относящимися ко второй группе, что по сути равнозначно наличию промежуточной стационарной роликоопоры, как показано на рис. 6.

При анализе кинематических схем КВ с разным количеством весовых роликоопор следует обратить внимание на их систематическую погрешность, которая будет определять величину массы образцового груза. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Галин И.А. – кандидат технических наук, Карагандинский государственный технический университет.

UDC 681.268

KINEMATICS OF DUAL-CHANNEL BELT SCALE

Galin I.A., PhD Eng, Karaganda State Technical University, kargtu@kstu.kz

The article describes kinematics of dual-channel belt scale meant for enhanced accuracy weighing of conveyed granular material. The accuracy is reached from selection of rational designs of the belt scale buckets and indirect calibration and checking of belt scales, which is an alternative method as against direct load weighing on reference fixed weighing machines scarcely used by the modern-day industry.

Apart from easy and prompt indirect calibration and checking, the dual-channel belt scale kinematics features simple design and assembly with the help of single idler as compared to dual idler conveyor scale on the common weighing platform.

It is not everywhere possible to install multi idler belt scale, due to tight work area, especially in enclosed space. Analysis of kinematics of any number idler belt scale should take into account systematic inaccuracy of the scale, that will govern the reference load weight.

Key words: belt scale, scale bucket, conveyor belt, idler.



О Т Д Е Л Н Ы Е С Т А Т Ъ И ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФОРАЗРАБОТОК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТ ЛЕСО-ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

УДК 553.97: 630*43

Савин Константин Сергеевич – аспирант, Московский государственный горный университет, ud@mstmu.ru

Приведены методические основы эколого-экономического подхода к оценки и выбора направлений использования торфоразработок для снижения риска возникновения лесо-торфяных пожаров

Ключевые слова: эколого-экономический механизм оценки и выбора направлений использования торфяных месторождений, лесо-торфяные пожары.

FUNDAMENTALS OF ECOLOGY-ECONOMIC APPROACH TO ASSESSING THE FEASIBILITY OF THE USE OF PEAT EXTRACTION TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACTS OF FOREST-PEAT FIRES

Savin K.S., Moscow State Mining University, Russia, ud@mstmu.ru

Abstract contains methodical fundamentals of ecology-economic approach to the assessment and selection of the directions of use of peat extraction to reduce the risk of forest-peat fires.

Key words: ecological and economic mechanism of assessment and selection of the directions of use of peat deposits. Forest-peat fires.