

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-3-125-133>
УДК 620.9

Исследования характеристик ленточных конвейеров и их несущих роликов для угольных электростанций

Зимон З.^{1*}, Тешнер Д.¹, Ридер Т.¹, Шнайдер Р.¹, Херншир Ш.¹, Магистер Я.¹, Фритч Т.¹, Аббасов И.¹,
Турабов Д.¹, Глоба С.²

¹ БТУ Котбус-Зенфтенберг «Бранденбургский технический университет Котбус-Зенфтенберг»
Platz der Deutschen Einheit 1, 03046. Котбус, Германия

² Сибирский федеральный университет
ул. Киренского, 28, корпус №12 (Б), ауд. Б-124, Россия

Поступила / Received 04.08.2021

Принята к печати / Accepted for publication 24.08.2021

Ленточные конвейеры являются высокоэффективными системами, использующиеся в горнодобывающей и других отраслях промышленности, для транспортировки сыпучих материалов, главным образом бурого угля и вскрышных пород, на расстояния от коротких дистанций до нескольких километров. По техническим причинам их работа связана с шумовым излучением. Во время проверок и технического обслуживания — это может привести к повышенному шумовому воздействию на сотрудников. В окружении жилых зданий или в зонах, нуждающихся в защите, превышение нормативов по выбросам может привести к временному ограничению эксплуатации этих высокоэффективных установок. Для снижения шумового воздействия необходимы меры в первую очередь у источника или в непосредственной близости от него. Акустические и механические параметры исследуются на испытательном стенде в Бранденбургском Техническом Университете (БТУ) Котбус-Зенфтенберг в рамках испытаний по сборке ведомых дисков в сотрудничестве с LEAG. Этапами этих испытаний являются: Испытание на разбег. В этом испытании опорный ролик разгоняется под испытательной нагрузкой до окружной скорости 10 м/с и регистрируется уровень звукового давления. Это позволяет рассчитать излучение звука как функцию окружной скорости; Запись геометрии ведомой шестерни. Точное описание геометрии корпуса ведомой шестерни позволяет сделать выводы о возможных причинах возбуждения. Определенные характеристики служат для количественной оценки акустического эффекта ведомых роликов и вывода спецификации для использования в системах ленточных конвейеров. Исходя из особых требований к планируемой системе ленточного конвейера, на ранней стадии может быть сделан адаптированный выбор малозумных несущих роликов на основе заданных параметров и подтвержденных результатов испытаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ленточные конвейерные системы, снижение шума, акустика несущих роликов, испытательный стенд, уровень звукового давления, уровень звуковой мощности

Адрес для переписки:

Зимон З.
БТУ Котбус-Зенфтенберг, 3-й факультет машиностроения, электротехники и энергетических систем
ул. Университетсплац 1, 01968, г. Зенфтенберг, Германия
e-mail: Sylvio.Simon@b-tu.de

Для цитирования:

Зимон З., Тешнер Д., Ридер Т., Шнайдер Р., Херншир Ш., Магистер Я., Фритч Т., Аббасов И., Турабов Д., Глоба С. Исследования характеристик ленточных конвейеров и их несущих роликов для угольных электростанций. Надежность и безопасность энергетики. 2021. Т. 14, №3. – С. 125–133.
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-3-125-133>

Address for correspondence:

Simon S.
Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg,
Faculty of Mechanical Engineering, Electrical Engineering
and Energy Systems
Universityplatz street., 1, 01968, Senftenberg, Germany
e-mail: Sylvio.Simon@b-tu.de

For citation:

Simon S., Tashner D., Rieder T., Schneider R., HERNSCHIER S., Magister J., Fritsch T., Abbasov I., Turabov D., Globa S., [Investigation in characteristics of belt conveyors and their idler rollers for coal-fired power plants]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2021. vol. 14, no. 3, pp. 125–133 (in Russian).
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-3-125-133>

Investigation in characteristics of belt conveyors and their idler rollers for coal-fired power plants

Simon S.^{1*}, Taeshner D.¹, Rieder T.¹, Schneider R.¹, Hernschier S.¹, Magister J.¹, Fritsch T.¹, Abbasov I.¹, Turabov D.¹, Globa S.²

¹ Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg
Platz der Deutschen Einheit 1, 03046. Cottbus, Germany

² Siberian Federal University
Kirensky street 28, corps 12, aud. B-124, Russia

Belt conveyors are highly efficient systems used in mining and other industries to transport bulk materials, mainly brown coal and overburden, over distances ranging from short distances to several kilometres. For technical reasons, their operation is associated with noise emissions. During inspections and maintenance this can lead to increased noise exposure of employees. In the vicinity of residential buildings or in areas needing protection, exceeding the emission limits can lead to a temporary restriction of the operation of these high performance installations. Measures are required to reduce the noise impact primarily at the source or in the immediate vicinity. The acoustic and mechanical parameters are investigated on a test bench at the Technical University of Brandenburg (BTU) Cottbus-Senftenberg as part of the drive assembly tests in cooperation with LEAG. The stages of these tests are: Run-up test. In this test the supporting roller is accelerated under test load to a circumferential speed of 10 m/s and the sound pressure level is recorded. This makes it possible to calculate the sound emission as a function of the peripheral speed; Recording the geometry of the idler gear. An accurate description of the geometry of the idler housing allows conclusions to be drawn about the possible causes of excitation. The defined characteristics serve to quantify the acoustic effect of the driven rollers and derive specifications for use in belt conveyor systems. Based on the special requirements to the planned belt conveyor system, an adapted selection of low-noise idler rollers can be made at an early stage on the basis of specified parameters and confirmed test results.

KEYWORDS: belt conveyor systems, noise reduction, acoustics idler rollers, test stand, sound pressure level, sound power level

Введение

Энергообеспечение населения России, а также многих других стран мира зависит от преобразования химической энергии, запасенной в угле, в электрическую и тепловую энергию. Для автоматизированной и бесперебойной работы электростанций требуется широкий спектр систем ленточных конвейеров. Не только уже имеющиеся, но и новые электростан-

ции нуждаются в этой транспортной технологии.

Ленточные конвейеры, такие как этот угольный конвейер на Красноярской электростанции (рисунок 1), являются конвейерами непрерывного действия и подходят для транспортировки добытого материала на большие расстояния до нескольких километров с высокой степенью эксплуатационной безопасности и надежности (рисунок 2). В то же время они работают чрезвычайно экономично и производительно и явля-



Рисунок 1. Красноярская ТЭЦ-3. Автор: Александр Попов, Источник: <https://russos.livejournal.com/1487649.html>

Figure 1. Thermal power station- 3 in Krasnoyarsk. Autor: Alexander Popov. Source: <https://russos.livejournal.com/1487649.html>



Рисунок 2. Ленточный конвейер на Красноярской электростанции. Автор: Александр Попов, Источник: <https://russos.livejournal.com/1487649.html>

Figure 2. The belt conveyor at the Krasnoyarsk Power Stantion. Autor: Alexander Popov. Source: <https://russos.livejournal.com/1487649.html>

ются очень экологичными благодаря низким требованиям к энергопотреблению.

Помимо собственно конвейерной ленты, важным компонентом ленточного конвейера является несущий ролик, который обычно устанавливается на конвейере в виде гирлянды или станции, состоящей из нескольких тысяч единиц. Его задача — поддерживать и направлять конвейерную ленту и транспортируемый материал, поэтому он должен быть максимально прочным, надежным и малошумным, а также иметь низкие затраты на приобретение и обслуживание. Это те условия, которые на первый взгляд кажутся противоречивыми, но

которые могут быть успешно достигнуты при последовательном планировании системы, начиная с закупки и испытания компонентов и заканчивая техническим обслуживанием на основе условий эксплуатации в течение всего периода использования конвейера.

Исследования в БТУ Котбус-Зенфтенберг охватывают все аспекты этого вопроса. Критерии качества натяжных роликов определяются в ходе предварительной квалификации путем лабораторных испытаний на стенде для несущих роликов. Это обеспечивает надежную работу оборудованной системы ленточного конвейера в эксплуатации с низким уровнем шума и сопротивле-

ния движению. Последние исследования осевого люфта несущих роликов, и его проверка позволяют сделать выводы о последующем поведении несущих роликов и износе установленных роликовых подшипников.

Методология технического обслуживания на основе реального состояния, разработанная в БТУ Котбус-Зенфтенберг, обеспечивает оптимальную работу в течение всего периода эксплуатации. Благодаря регулярным акустическим измерениям на конвейере, компоненты системы эксплуатируются специально до предельного износа, что позволяет оптимально использовать резервы производительности. В сочетании с заранее подобранными и рассчитанными на условия эксплуатации натяжными роликами воздействие на окружающую среду снижается до минимума за счет уменьшения выбросов загрязняющих веществ и шума, а незапланированные простои и связанный с ними ущерб исключаются.

Таблица 1. Оборудование угольного конвейера K66 в карьере Нохтен (Источник: Л. Штерницке, Д. Тэшнер)

Table 1. Equipment of the K66 coal conveyor in the Nochten quarry (Source: L. Sternnitzke, D. Teschner)

Ширина ленты: Belt width:	2 000 мм (mm)
Скорость транспортировки: Transport speed:	6,7 м/с (m/s)
Производительность транспортировки: Transport performance:	7 500 т/ч (t/h)
Мощность привода: Drive power:	4 x 900 кВт (kW)
Межосевое расстояние: Centre-to-centre distance:	2 525 м (m)
Количество отсеков для строительных лесов: Number of scaffolding compartments:	406
Количество гирлянд верхнего прогона: Number of garlands of the upper run:	5 или 6 на отсек строительных лесов 5 or 6 per scaffolding bay
Количество гирлянд нижнего прогона: Number of garlands of the lower run:	1 на отсек строительных лесов 1 per scaffolding bay
Расстояние между гирляндами верхнего прогона: Distance between the garlands of the upper runner:	1,2 м (m) (5) или/or 1,0 м (m) (6)
Оборудование верхнего прогона: Equiprment of the upper run:	гирлянда из 3 частей / 3 — piece garland A159x750/600/750-6310-5-18

Учитывая увеличение времени работы системы вплоть до общего ремонта за счет использования максимального времени работы отдельных компонентов, можно прийти к выводу о том, что это приводит к выгодной экономии затрат для оператора системы.

Современное состояние

Добыча бурого угля на угольных карьерах Лужицкого региона на востоке Германии имеет большое значение для региона. С одной стороны, это обеспечивает рабочие места в регионе, а с другой стороны, бурый уголь используется для энергоснабжения за счет выработки электроэнергии на электростанциях. Ленточные конвейерные системы служат для транспортировки угля и вскрыши. Было установлено, что несущие ролики, используемые в ленточных конвейерах, являются одним из источников шума от ленточных конвейеров (рисунок 3).

В рамках сотрудничества с БТУ Котбус-Зенфтенберг и другими партнерами компания Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) разработала испытательный стенд несущих роликов. Это дает возможность исследовать отдельные ролики высокопроизводительного ленточного конвейера для определения механических и акустических свойств. С помощью данного испытательного стенда можно продемонстрировать свойства несущего ролика в зависимости от его окружной скорости в наиболее реальных условиях эксплуатации. Влияние различных параметров, таких, как биение, дисбаланс или действующая сила, может быть исследовано на испытательном стенде с помощью соответствующих роликов. Эта информация используется для того, чтобы уточнить требования к поставке сборки таким образом, чтобы несущие ролики были бесшумными и долговечными,

но в то же время производство или закупка оставались экономически эффективными.

Директива VDI "Ленточные конвейеры для сыпучих материалов — несущие ролики и расстояния между несущими роликами" [1] основана на следующем предположении: "Несущие ролики с большим дисбалансом, который также вызван скоплением липких масс (загрязнений) конвейерной ленты на оболочке несущих роликов, а также большими отклонениями биения несущих роликов, в совокупности с лентой конвейера приводят к повышенному шуму при движении".

Испытания на стенде несущих роликов до настоящего времени показали, что возбуждение и звуковое излучение в основном происходят через оболочку несущей установки. Только дефектный роликовый подшипник способен дополнительно возбуждать оболочку несущего ролика. Это приводит к дальнейшему увеличению шумового излучения.

В соответствии с вышеупомянутой директивой VDI *скопление липких масс (загрязнений) конвейерной ленты* увеличивает дисбаланс несущего устройства и радиальное биение. Тестирование посредством клейкой ленты показало, что большее отклонение по окружности (доля отклонения биения) увеличивает возбуждение, способствующее звуковому излучению [2, 3, 4]. Однако до какой степени дисбаланс влияет на возбуждение?

В рамках исследования рассматриваются акустические и механические параметры шумопоглощающей несущей ленты для наземных ленточных конвейеров с целью их увязки друг с другом.

Метод исследования

В данном исследовании рассматривается акустический эффект несущего ролика с различными форма-



Рисунок 3. Ленточный конвейер на угольном карьере в Нохтене.

Угольный карьер в Нохтене, Тестовая линия для несущих роликов, ширина ленты 2,5 м, добыча вскрыши, трёхкомпонентные гирлянды, скорость $v = 6,1$ м/с, объёмный расход $15.400 \text{ м}^3/\text{ч}$

Figure 3. Belt conveyor at the Nochten coal mine.

The coal mine in Nochten, test line for track rollers, belt width 2.5 m, overburden mining, three-piece garlands, speed $v = 6.1$ m/s, Volume flow rate $15.400 \text{ m}^3/\text{h}$

ми дисбаланса на испытательном стенде. Кроме того, исследуется эффект загрязнения липкими массами, в том числе в виде клейких лент. Для этого тестовый ролик, который зажимается резиновыми демпферами, приводится в движение роликом. Несущий ролик имеет низкий эксцентриситет оси вращения, так как влияние эксцентриситета и дисбаланса в направлении ленты конвейера или приводного ролика испытательного стенда не может быть отделено с помощью простых методов испытаний. В зоне контакта между приводным роликом и испытательным роликом устанавливаются нагрузки около 3,5 кН. Тестируемые пары дисбаланса расположены друг напротив друга в двух радиальных плоскостях и смещены на 180 градусов. Дисбаланс шаг за шагом увеличивается при помощи груза и в каждом случае определяется фактическое состояние остаточной дисбалансной массы и уровень звуковой мощности.

После определения уровня шума, связанного с дисбалансом, проводятся два теста с помощью клейкой ленты, во время каждого из которых измеряются результирующие шумовые выбросы. Результаты относятся к данным, полученным на испытательном стенде. Здесь не учитывается влияние дисбаланса на срок службы подшипников, смежных деталей или узлов, а также резонансов, возникающих при работе с крупным оборудованием на угольных карьерах, конвейерных мостах или эстакадах.

Определение дисбаланса

Для определения дисбаланса в лаборатории БТУ Котбус-Зенфтенберг имеется испытательный стенд фирмы Schenck типа H3 BK (рисунок 4). Этот испытательный стенд определяет остаточную массу дисбаланса и ее угловое положение в двух плоскостях.



Рисунок 4. Установка для проверки дисбаланса на несущих роликах
Figure 4. Installation for checking imbalance on carrier rollers



Рисунок 5. Установка для испытания несущих роликов (испытательный стенд)
Figure 5. Installation for testing carrier rollers (test bench)

Определение акустического эффекта

Акустическое воздействие несущих роликов определяется методом охватывающей поверхности на испытательном стенде несущих роликов (рисунок 5).

Липкие массы конвейерных лент и шумовое излучение несущих роликов

Далее проводятся серии сравнительных измерений с несущими роликами (рисунок 6). Сначала были испытаны

ролики со следами загрязнения липкими массами, а затем ролики без следов загрязнения. Целью является исследование акустической нагрузки (или мощности), возникающей в результате дисбаланса, вызванным загрязнением.

Результаты исследования

Результаты представлены в таблице 2 в виде разницы между измеренными значениями с загрязнением и без него.



Рисунок 6. Исходное состояние Тип A194x380-6310-G1-21-L.

Исследование в лабораторных условиях: тестовые ролики со следами загрязнения; определение дисбаланса; определение уровня звуковой мощности; A194x380-6310-G1-21-ML; мдТ = 20,2 кг; нагрузка в зоне контакта прилб. 3,5 кН; скорость тестирования 10 м/с; допустимая остаточная дисбалансная масса 28.28g

Figure 6. The initial state Typ A194x380-6310-G1-21-L.

Research in the laboratory: test rollers with traces of contamination; determination of imbalance; determination of the sound power level; A194x380-6310-G1-21-ML; mdT = 20.2 kg; load at the contact area approx. 3.5 kN; test speed 10m/s; permissible residual unbalance weight 28.28g

Таблица 2. Сравнение результатов с загрязнением и без него #2179 до #2187

Table 2. Comparison of results with and without dirt #2179 to #2187

Идентификационный номер LEAG Identification number LEAG	2179	2180	2181	2182	2184	2185	2186	2187
дельта Масса [кг] delta Mass [kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,05	-0,05	-0,05
дельта KFA макс. [мм] delta KFA max. [mm]	-0,194	-0,589	-0,028	-0,071	-0,082	-0,003	-0,890	-0,710
дельта Lw [дБ(A)] delta Lw [dB(A)]	-19	-17	-9	-7	-11	-18	-17	-21
дельта Качество балансировки G [мм/с] delta Balance quality G [mm/s]	0	0	0	1	0	0	-1	0
дельта Mu (левая) [г] delta Mu (left) [g]	0,20	-0,60	0,20	0,90	-0,30	0,40	-0,20	-0,92
дельта Угловое положение (левая) [град] delta Angle position (left) [grad]	2	3	-2	-1	1	-2	-2	13
дельта Mu (правая) [г] delta Mu (right) [g]	0,20	1,30	-0,20	-0,10	0,07	0,30	-1,10	0,25
дельта Угловое положение (правая) [град] delta Angle position (left) [right]	0	2	-1	0	-1	0	4	-3
дельта Mu (общая) [г] delta Mu (overall) [g]	0,40	0,70	0,00	0,80	-0,23	0,70	-1,30	-0,67

Видно, что масса липких загрязнений в целом мала по сравнению с общей массой несущего ролика или массой вращающихся деталей.

У всех роликов можно наблюдать снижение уровня звуковой мощности от состояния загрязнения до состояния без загрязнения. Снижение уровня звуковой мощности расположено в интервале от 7 дБ(А) до 21 дБ(А).

Из этого следует, что загрязнение липкими массами оказывает непосредственное влияние на звуковое излучение несущего ролика. Если рассматривать качество балансировки G, то изменение может быть отмечено в двух случаях: в случае несущего ролика 2182 после очистки происходит увеличение на 1 мм/с, а в случае несущего ролика 2186 — уменьшение на 1 мм/с.

Эффект от загрязнения липкими массами по отношению к качеству балансировки роликов показывает незначительные изменения. Дисбаланс в основном определяется массой вращающихся частей несущего ролика. Это разъясняется в ходе сравнения установленных остаточных дисбалансных масс и их углового положения [5, 6].

Влияние дисбаланса на шумовое излучение несущего ролика

Дальнейшее исследование влияния дисбаланса на звуковое излучение ролика конвейера моделируется с помощью определенных клейких лент. Дисбаланс, возникающий из-за клейкой ленты, "уравновешивается" второй клейкой лентой, наносимой на несущий ролик со смещением на 180°. Проверка геометрического возбуждения звукового излучения затем осуществляется путем теоретически ожидаемого повышения уровня на 3 дБ, так как возбуждение удваивается в зависимости от частоты вращения за счет изменения геометрии двух клейких лент.

Условиями являются постоянные изменения, связанные с геометрией, и выбранная для сравнения окружная частота вращения несущего ролика.

Данное исследование должно продемонстрировать воспроизводимость уже полученных результатов, с помощью другого шумопоглощающего несущего ролика, модифицированного для эксперимента.

Ход исследования

Для проведения исследования используется модифицированный шумопоглощающий несущий ролик типа A194x750-6310-G2-18-L. Ролик перекручен, сбалансирован и внутренне не задемпфирован. Для испытаний на боковых крышках несущих роликов были приварены резьбовые шпильки для крепления несбалансированных грузов друг напротив друга. Серия тестов используется для проверки акустического эффекта статического дисбаланса и моментного дисбаланса. Пары дисбаланса расположены точно друг напротив друга в двух разных радиальных плоскостях и смещены на 180 градусов. Дисбаланс опорного ролика постепенно увеличивается за счет массовых грузов.

Следует ожидать, что звуковая мощность будет увеличиваться в зависимости от дисбаланса несущего ролика, который должен быть представлен растущей разницей в уровне по сравнению с исходным состоянием. Испытания клейкой лентой проводятся на каждом этапе измерения. Независимо от результата тестов на определение дисбаланса — шумового излучения можно ожидать значительное увеличение уровня шума при проведении тестов клейкой лентой (рисунок 7).

Масса клейкой ленты в 0,12 г небольшая по сравнению с массой дисбаланса (грузов), прикрепленных на боковые крышки. Путем прикрепления второй клейкой ленты на внешнюю оболочку несущего ролика напротив первой ленты под углом 180° небольшая масса "имитируемого загрязнения" взаимно нивелируется. Доказательство геометрического возбуждения звукового излучения осуществляется путем дальнейшего увеличения звукового излучения на 3 дБ за счет двойного возбуждения.



Рисунок 7. Испытательный несущий ролик №0609 с клейкой лентой (стрелка) и груз (круг) на испытательном стенде несущего ролика
Figure 7. Test carrier roller №0609 with adhesive tape (arrow) and weights (circle) on the carrier roller test stand

Результат исследования

Определенные изменения уровня звуковой мощности в связи с поэтапным увеличением дисбаланса происходят в пределах отклонений от испытательного стенда. Значительного увеличения уровня звуковой мощности не удалось обнаружить даже после превышения класса качества G250.

Результаты тестов методом клейкой ленты показывают немедленное увеличение уровня звуковой мощности по сравнению с тестами на дисбаланс — шумовое излучение (рисунок 8).

Медиана разницы в уровне по сравнению с тестами с клеящей лентой (1KS) составляет 7,5 дБ. В серии измерений, превышающих класс качества G250, при этом остаточная дисбалансная масса составляет 1133 г. Однако только клейкая лента (с незначительным пренебрегаемым весом) увеличивает уровень звуковой мощности примерно на 6 дБ.

Медиана разницы в уровне по сравнению с тестами со второй клейкой лентой (2KS) составляет 10,5 дБ. При использовании противоположных клейких лент происходит дальнейшее повышение уровня на 3 дБ. Это показывает, что ожидаемое повышение уровня на 3 дБ произошло в результате удвоения возбуждения, связанного с геометрией.

В эксперименте не удалось доказать звуковое излучение, связанное с возбуждением путём дисбаланса.

Выводы

Учитывая дисбаланс, можно утверждать, что липкие загрязнения исследованных несущих роликов оказывают на него лишь незначительное влияние. Удаление следов данных загрязнений с поверхности оболочки не сопоставимы с уменьшением дисбаланса.

Основное возбуждение для звукового излучения реализуется через поверхность внешней оболочки несущего

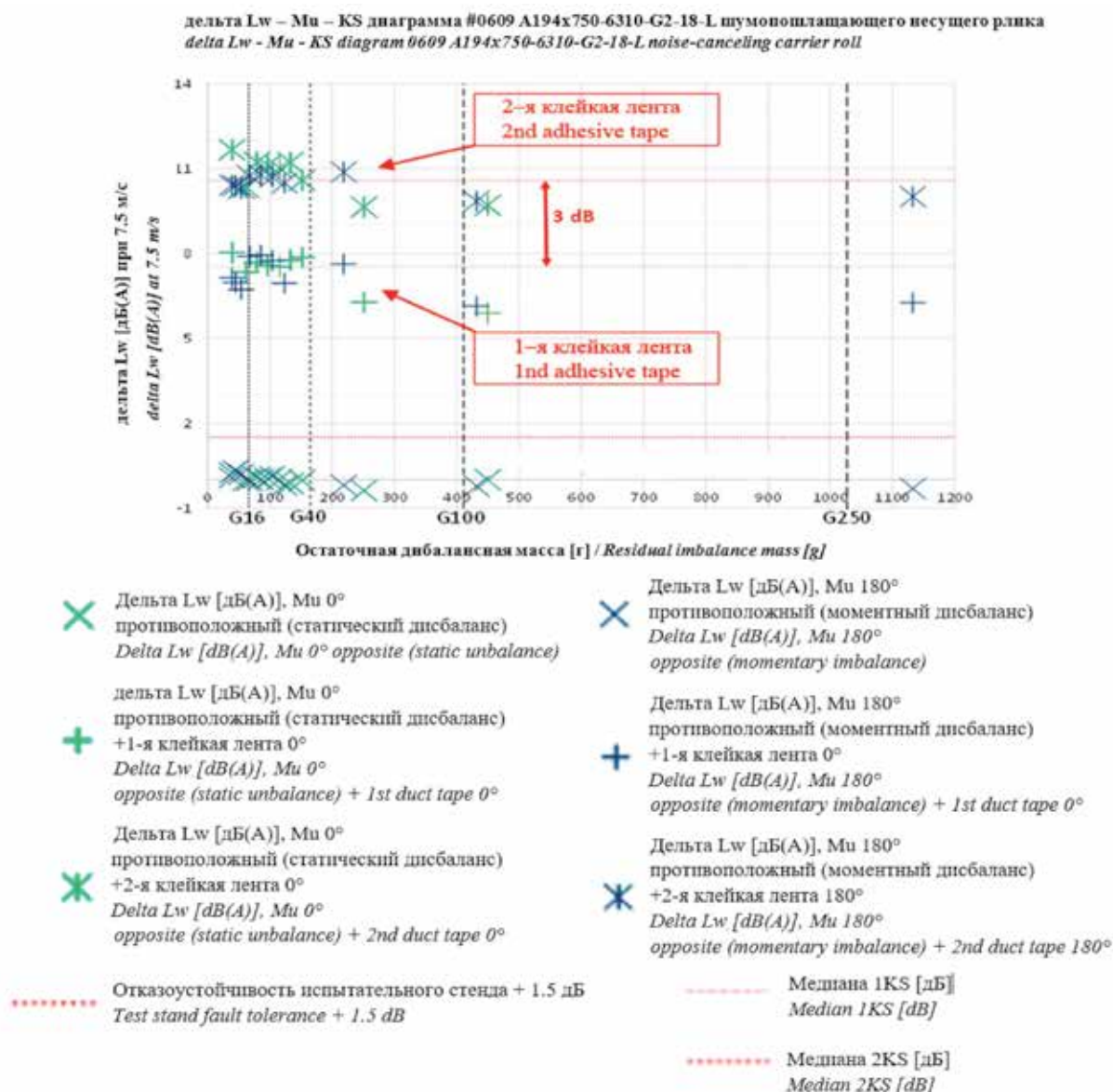


Рисунок 8. Разница в уровнях звуковой мощности по остаточной дисбалансной массе испытательного несущего ролика в процессе нагрузки
Figure 8. Difference in sound power levels by residual unbalance mass of the test carrier roller during loading

щего ролика. Процесс загрязнения липкими массами приводит к геометрическим изменениям (отклонению круговой формы — KFA) на поверхности ролика, что затем увеличивает возбуждение звукового излучения. Прямая корреляция между дисбалансом (вызванным загрязнением) и шумовым излучением не доказана, но изменения геометрии на поверхности внешней оболочки несущих роликов оказывают влияние на звуковое излучение.

Эта серия тестов может быть повторена с любым количеством соответствующих несущих роликов со следами липких загрязнений. Загрязнение липкими массами оказывает большое влияние на шумовое излучение несущих роликов. Однако следы таких загрязнений не приводят к значительному дисбалансу.

Добавление клейких лент к испытанию на дисбаланс показало прямую корреляцию между возбуждением, связанным с геометрией (отклонением от круговой формы), и звуковым излучением. Возбуждение звукового излучения происходило через круговое отклонение формы, что приводит к удвоению возбуждения и повышению уровня звукового излучения на 3 дБ.

На основании проведенных исследований установлено, что в ленточных конвейерах не существует причинно-следственной связи между дисбалансом и шумовым излучением на ленточном конвейере.

Первые результаты практических исследований подтвердили результаты на испытательном стенде. При соблюдении геометрических спецификаций для несущего ролика с исследуемой скоростью ленты до 7,5 м/с может быть достигнуто гораздо более высокое качество балансировки. Снижение затрат или, по крайней мере, упрощение производственного процесса возможно при производстве шумопоглощающих роликов для наземных ленточных конвейерных систем.

Список использованных источников

1. VDI 2341 (2007-2). S18 Pkt. 5.3., Satz 4.
2. Тешнер Д. Исследование акустического воздействия несущих роликов для целенаправленного снижения шума в системах ленточных конвейеров [Оригинал на немецком языке]. In Qucosa, Технический университет Фрайберга 2014;: 109.
3. Зимон З., Шнайдер Р. Испытание акустического воздействия несущих роликов для получения технических характеристик для систем ленточных конвейеров [Оригинал на немецком языке]. 10-й симпозиум «Безопасная эксплуатация больших конвейерных систем» 2020.
4. Шнайдер Р., Фритч Т., Магистер Я., Ридер Т. Акустическая камера для целенаправленного снижения шума и технического обслуживания крупного карьерного горного оборудования в зависимости от состояния [Оригинал на немецком языке]. 10-й симпозиум «Безопасная эксплуатация больших конвейерных систем» 2020.
5. Ридер Т., Шнайдер Р., Херншир Ш., Магистер Я., Фритч Т., Тешнер Д., Зимон З. Исследование влияния дисбаланса на уровень

шума от несущих роликов ленточных конвейеров [Оригинал на немецком языке]. Magdeburg: Logisch GmbH. 24-й симпозиум по технологиям обработки сыпучих материалов 2019;: 111–130.

6. Шнайдер Р., Зимон З., Тешнер Д., Херншир Ш., Ридер Т., Магистер Я., Бигел П. Исследования влияния отклонения круглости и эксцентриситета на ходовые качества несущих роликов в высокопроизводительных ленточных конвейерных системах [Оригинал на немецком языке]. Клаусталь-Целлерфельд, Papierflieger Verlag GmbH, 8-й коллоквиум по конвейерным технологиям в горнодобывающей промышленности 2018;: 99–110.

7. Ридер Т. Исследование влияния дисбаланса на звук несущих ролика [Оригинал на немецком языке]. Magdeburg: Университет Отто фон Герике Магдебург, Конференция по технологиям обработки сыпучих материалов в Гархинге, Технический университет Мюнхена 2018;: 191–202.

8. Ридер Т., Шнайдер Р., Херншир Ш., Магистер Я., Фритч Т., Зимон З. Разработка несущих роликов для карьера Лаузиц. 4-й инженерный день 2018 факультета машиностроения, электрических и энергетических систем и факультета архитектуры, гражданского строительства и городского планирования: собрание сети NESEFF 2018;: 225–238.

References

1. VDI 2341 (2007-2). S 18 Pkt. 5.3, Satz 4. (In Germany)
2. Taschner D. Untersuchungen der akustischen Wirkung von Tragrollen zur zielgerichteten Lärminderung an Gurtförderanlage. In Qucosa, Technical University of Freiberg 2014;: 109.
3. Simon S., Schneider R. Prüfung der akustischen Wirkung von Tragrollen zur Ableitung von Vorgaben für Gurtförderanlagen. 10th symposium "Safe operation of large conveyor systems" 2020.
4. Schneider R., Fritsch T., Magister J., Rieder T. Die Akustische Kamera zur gezielten Lärminderung und zustandsbezogenen Instandhaltung von Tagebau- Grossgeraeten. 10. Fachtagung "10th symposium Safe operation of large conveyor systems" 2020.
5. Rieder T., Schneider R., Herschier S., Magister J., Fritsch T., Taschner D., Simon S. Untersuchungen zur Wirkung der Unwucht auf die Schallemission von Tragrollen an Gurtförderanlagen. Magdeburg: Logisch GmbH. 24th symposium bulk material handling technology 2019;: 111–130.
6. Schneider R., Simon S., Taschner D., Herschier S., Rieder T., Magister J., Biegel P. Untersuchungen zur Wirkung von Kreisformabweichung und Exzentrizität auf das Laufverhalten von Tragrollen in Hochleistungsgurtförderanlagen. Clausthal-Zellerfeld, Papierflieger Verlag GmbH, 8th Colloquium Conveyor Technology in Mining 2018;: 99–110.
7. Rieder T. Untersuchung zur Wirkung von Unwucht auf die Schallemission einer Tragrolle. Magdeburg: Otto-von-Guericke-University Magdeburg, Conference on bulk material handling technology in Garching, Technical University of Munich 2018;: 191–202.
8. Rieder T., Schneider R., Herschier S., Magister J., Fritsch T., Simon S. Entwicklung der Tragrollen für den Lausitzer Tagebau. 4th Engineering Day 2018 of the Faculty of Mechanical Engineering, Electrical and Energy Systems and the Faculty of Architecture, Civil Engineering and Urban Planning: NESEFF network meeting 2018;: 225–238.

