

УДК 621.86

DOI: 10.12737/article_5ac49dc89cebe0.82055584

К.А. Гончаров, А.В. Гришин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАТЯЖЕНИЯ ТЯГОВОЙ И ГРУЗОНЕСУЩЕЙ ЛЕНТ НА ТЯГОВУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Описаны результаты экспериментального исследования влияния натяжения тяговой и грузонесущей лент на величину передаваемого промежуточным приводом тягового усилия. Экспериментально подтверждено предположение о возможности регулирования тягового усилия промежуточно-

го привода посредством изменения натяжения тяговой и грузонесущей лент.

Ключевые слова: ленточный конвейер, промежуточный привод, экспериментальный стенд, тяговая способность, регулирование тягового усилия.

К.А. Goncharov, A.V. Grishin

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TRACTION AND LOAD-CARRYING BELT TENSION IMPACT UPON INTERMEDIATE DRIVE TRACTIVE ABILITY OF BELT CONVEYER

Belt conveyers with the intermediate drive are an efficient means to increase a length of the load transportation line. The application of such a solution allows minimizing the number of belt twists and also increasing general power of drives.

On the basis of this experimental investigation there is placed a hypothesis of the possibility to adjust the length of areas of a relative peace and belt slip by tension changing each of belts.

A full-scale experiment was carried out on the test bench to investigate control parameters of the intermediate belt drive of the belt conveyer having in its design two closed belt loops supplied with screw

strainers. For registration the length of areas under investigations a thermal method is used based on that in the area of a relative slip dry friction occurs with heat evolution.

The results of the full-scale experiment carried out confirmed completely theoretical computations. In this connection the development of the system for belt tension control is purposeful to achieve a maximum value of tractive effort transmitted by an intermediate belt drive.

Key words: belt conveyer, intermediate drive, test bench, tractive ability, tractive effort.

Введение

При транспортировании грузов на большие расстояния протяженными ленточными конвейерами без промежуточной перегрузки одним из эффективных вариантов применяемых технических решений является использование промежуточных ленточных приводов в структуре конвейера [4]. Такое решение позволяет увеличивать общую мощность приводов при минимальном количестве перегибов грузонесущей ленты по трассе.

В настоящее время большая часть исследований по данной тематике носит преимущественно теоретический характер. Одними из основных параметров, определяющих тяговую способность промежуточного ленточного привода, являются величины зон относительного покоя и скольжения тяговой и грузонесущей лент в области их контакта [10; 13].

Результаты наиболее масштабных экспериментальных исследований в данной области представлены в источниках [1; 9]. Недостатком этих исследований является малая вариативность изменяемых конструктивных параметров, не позволяющая провести широкий спектр натуральных экспериментов, в связи с тем что проводились они на действующем конвейере. В работе [8] описано экспериментальное исследование влияния монтажных дефектов на работоспособность промежуточного привода ленточного конвейера, показывающее нестабильность величин зон относительного покоя и скольжения, влияющих на передачу тягового усилия, при наличии неточностей монтажа.

Для определения протяженности указанных зон существует несколько различных подходов, представленных в трудах

[2; 3; 10; 12; 13]. В работе [10] предложен метод, опирающийся на определение длин зон исходя из заданной величины тягового усилия. В методе, приведенном в источнике [2], длины зон определяются с учетом механических характеристик систем приводов (посредством выражения тяговых усилий промежуточных приводов через тяговое усилие главного привода) и продольного растяжения лент. Данный метод является развитием методик, предложенных в работах [11; 12].

Исходя из того, что величина натяжения лент учитывается при расчетах протяженности исследуемых зон, была выдвинута гипотеза о возможности регулирования тягового усилия, реализуемого промежуточным приводом, изменением натяжения тяговой и грузонесущей лент. В работах [6; 7; 13] изложены результаты теоретического исследования влияния на-

тяжения тяговой и грузонесущей лент на длину зоны относительного скольжения, подтвердившие теоретическую состоятельность выдвинутой гипотезы.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования влияния натяжения тяговой и грузонесущей лент на тяговую способность промежуточного привода ленточного конвейера.

В источниках [5; 14] предложена конструкция экспериментального стенда для исследования управляющих параметров промежуточного ленточного привода ленточного конвейера, включающая в себя два замкнутых ленточных контура, оборудованных винтовыми натяжными устройствами, соединённых между собой с возможностью регулирования усилия прижатия (рисунок).



Рис. Вид экспериментального стенда

Описание экспериментального исследования

Объектами экспериментального исследования являются величины зон относительного покоя и скольжения грузонесущей и тяговой лент при увеличении их натяжения. При проведении натурного эксперимента используется способ определения протяженности исследуемых зон, предложенный авторами в работе [8]. В его основе лежит анализ изменения тепловой картины, проявляющегося в результате сухого трения двух лент в зоне относительного скольжения с выделением тепла.

При проведении экспериментального исследования использовался тепловизор FLUKE Ti 40, обладающий тепловой чувствительностью $0,08^{\circ}\text{C}$.

Для анализа влияния изменения натяжения тяговой и грузонесущей лент экспериментальное исследование выполня-

лось отдельно для каждой из лент с периодическим увеличением их натяжения. Время проведения одного этапа (одного дискретного изменения натяжения какой-либо ленты), в течение которого был выполнен ряд снимков тепловизионной картины, распределенных во времени, составляло 30 мин. Натяжение изменялось с помощью винтовых натяжных устройств. При проведении натурного эксперимента, результаты которого изложены в работе [8], стыковое соединение ленты было выполнено с искусственным перекосом для создания биения ленты в горизонтальной плоскости. Для стабилизации работы стенда при проведении описываемого исследования стыковое соединение было выполнено без искусственного перекоса.

Экспериментальное исследование влияния натяжения грузонесущей ленты на величины зон относительного покоя и скольжения

Первым натурным экспериментом стало исследование влияния натяжения грузонесущей ленты на величины зон относительного покоя и скольжения, при этом натяжение тяговой ленты оставалось неизменным. Проводилось данное исследование в три стадии с постепенным увеличением натяжения исследуемой ленты.

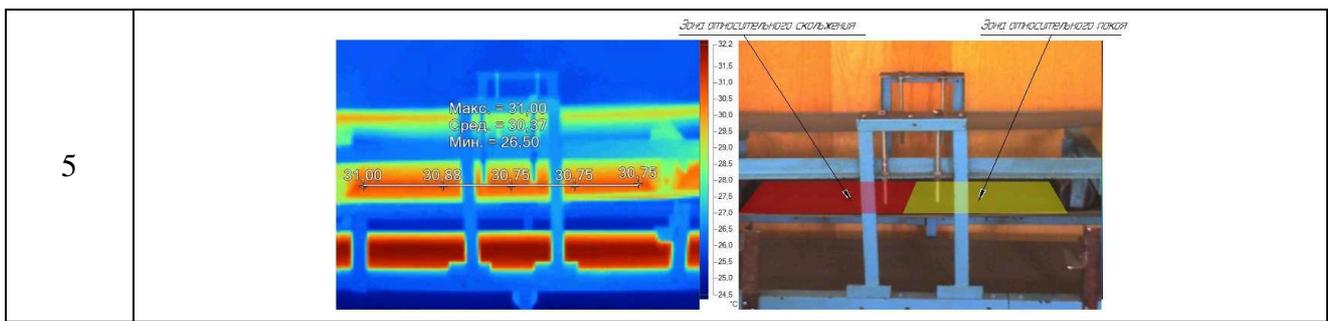
На первой стадии исследования устанавливалось минимально необходимое для

работы стенда натяжение грузонесущей ленты, исключая ее провисание. В 30-минутный промежуток времени с интервалом между сериями снимков 5 мин было сделано 26 снимков, а рост температур в зоне контакта лент составил от 26,5 до 31°C. Выборка снимков данной стадии представлена в табл. 1.

Таблица 1

Выборка снимков первой стадии первой части исследования

№ п/п	Тепловая картина контакта лент с расшифровкой
1	<p>Макс. = 26,63 Сред. = 26,38 Мин. = 26,25</p> <p>26,63 26,50 26,44 26,44 26,44</p> <p>Зона относительного скольжения Зона относительного покоя</p>
2	<p>Макс. = 29,50 Сред. = 28,94 Мин. = 28,06</p> <p>29,50 29,38 29,38 29,13 29,13</p> <p>Зона относительного скольжения Зона относительного покоя</p>
3	<p>Макс. = 29,38 Сред. = 28,99 Мин. = 29,06</p> <p>29,38 29,25 29,25 29,13 29,13</p> <p>Зона относительного скольжения Зона относительного покоя</p>
4	<p>Макс. = 30,31 Сред. = 29,68 Мин. = 26,31</p> <p>30,31 30,19 30,06 30,06 30,06</p> <p>Зона относительного скольжения Зона относительного покоя</p>



Как видно из представленных в табл. 1 термоснимков, величины исследуемых зон составляют около 50% от общей длины участка контакта лент.

При проведении второй стадии исследования натяжение ленты было увеличено (шаг каретки винтового натяжного устройства - 4 мм). Время проведения дан-

ной стадии исследования составило также 30 мин, за которые было сделано 30 снимков тепловизионной картины с интервалом между сериями снимков 5 мин. При этом рост температур в зоне контакта лент составил от 27,9 до 32°С. Выборка снимков данной стадии представлена в табл. 2.

Таблица 2

Выборка снимков второй стадии первой части исследования

№ п/п	Тепловая картина контакта лент с расшифровкой
1	<p>Макс. = 28,19 Сред. = 27,90 Мин. = 26,41</p> <p>28,19 28,19 28,19 28,06 28,00</p> <p>Зона относительного скольжения Зона относительного нагрева</p>
2	<p>Макс. = 28,31 Сред. = 28,11 Мин. = 26,88</p> <p>28,31 28,31 28,31 28,31 28,19</p> <p>Зона относительного скольжения Зона относительного нагрева</p>
3	<p>Макс. = 29,63 Сред. = 29,22 Мин. = 27,38</p> <p>29,63 29,50 29,50 29,50 29,38</p> <p>Зона относительного скольжения Зона относительного нагрева</p>

4		
5		

Исходя из анализа снимков (табл. 2), можно отметить, что протяженность зоны относительного покоя уменьшилась, а величина зоны относительного скольжения возросла. При этом изменение их величин составило примерно 20% от общей длины контакта двух лент.

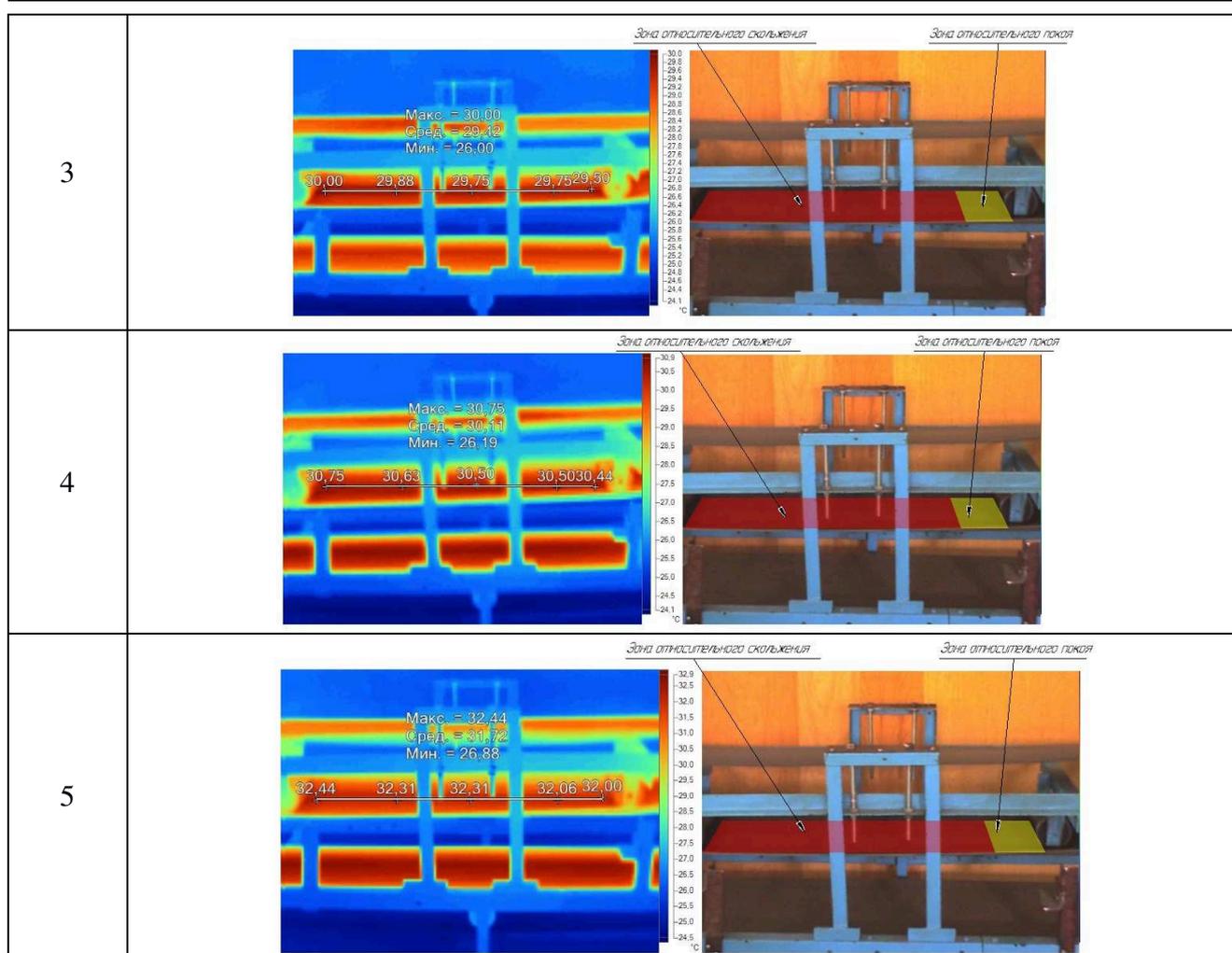
На третьей стадии исследования натяжение грузонесущей ленты было увеличено до значения, определяющего срыв

сцепления лент (отсутствует зона относительного покоя). Временной промежуток исследования составил 30 мин. За это время было сделано 33 снимка. Серии снимков выполнялись с интервалом 5-6 мин. Минимальная температура лент при этом составила 25,5°C, а максимальная – 32,5°C. Выборка тепловизионных снимков с расшифровкой представлена в табл. 3.

Таблица 3

Выборка снимков третьей стадии первой части исследования

№ п/п	Тепловая картина контакта лент с расшивкой	
1		
2		



Результаты этой стадии исследования (табл. 3) показывают, что величина зоны относительного покоя сократилась примерно до 15% от общей длины контакта лент, а тяговое усилие передается практи-

чески на 85% зоны контакта лент. Результаты данной части эксперимента полностью подтверждают результаты теоретического исследования [6; 11].

Экспериментальное исследование влияния натяжения тяговой ленты на величины зон относительного покоя и скольжения

Второй частью экспериментального исследования стало изучение влияния натяжения тяговой ленты на величины зон относительного покоя и скольжения. Для этого исследование также было разбито на три стадии с различными усилиями натяжения тяговой ленты при постоянном натяжении грузонесущей ленты.

При выполнении первой стадии натяжение грузонесущей ленты было сохранено равным последнему натяжению

третьей стадии первой части исследования, а натяжение тяговой ленты уменьшено, для чего натяжной барабан тягового контура был смещен в сторону приводного на 2 мм. Длительность данной стадии исследования составила 30 мин. В этот временной промежуток было выполнено 15 термограмм с разбросом температур от 24,6 до 29,1°C. Результаты исследования представлены в табл. 4.

Таблица 4

Выборка снимков первой стадии второй части исследования

Тепловая картина контакта лент с расшифровкой

№ п/п		
1	<p>Макс. = 24,63 Сред. = 24,45 Мин. = 23,13</p> <p>24,63 24,63 24,63 24,63 24,63 24,50</p>	<p>Зона относительного скольжения</p> <p>Зона относительного покая</p>
2	<p>Макс. = 27,88 Сред. = 27,27 Мин. = 24,63</p> <p>27,88 27,63 27,63 27,63 27,50</p>	<p>Зона относительного скольжения</p> <p>Зона относительного покая</p>
3	<p>Макс. = 28,44 Сред. = 27,84 Мин. = 25,00</p> <p>28,44 28,31 28,31 28,19 28,06</p>	<p>Зона относительного скольжения</p> <p>Зона относительного покая</p>
4	<p>Макс. = 28,31 Сред. = 27,72 Мин. = 24,88</p> <p>28,31 28,19 28,19 28,06 28,00</p>	<p>Зона относительного скольжения</p> <p>Зона относительного покая</p>
5	<p>Макс. = 29,00 Сред. = 28,33 Мин. = 24,75</p> <p>29,00 29,00 28,88 28,88 28,88 28,50</p>	<p>Зона относительного скольжения</p> <p>Зона относительного покая</p>

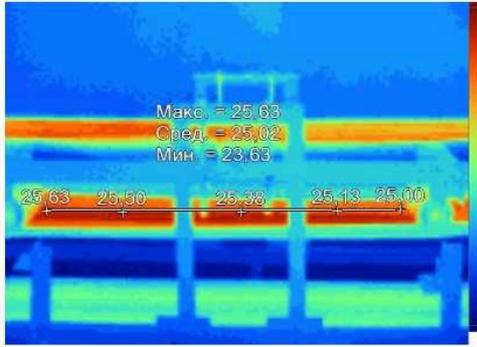
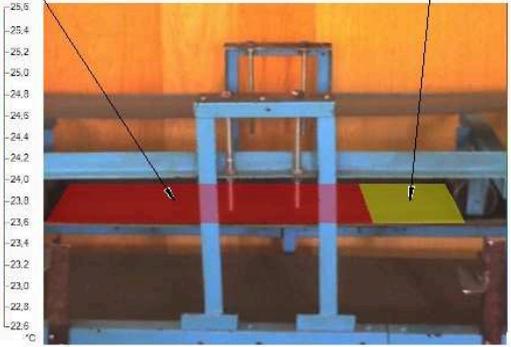
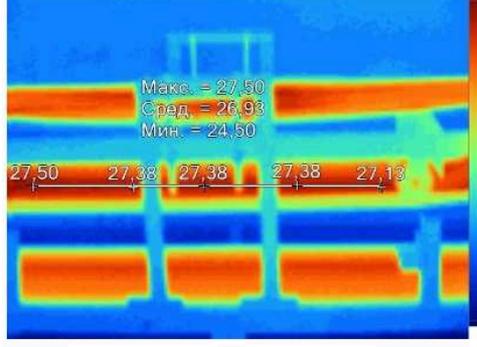
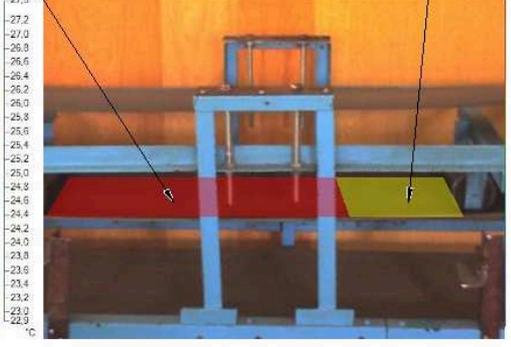
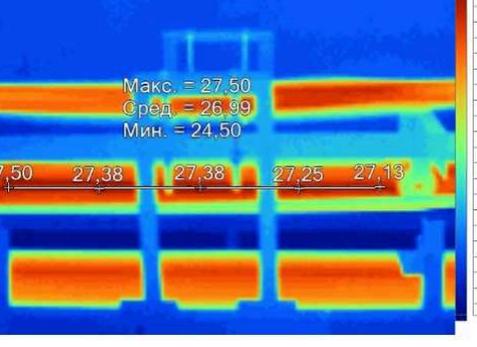
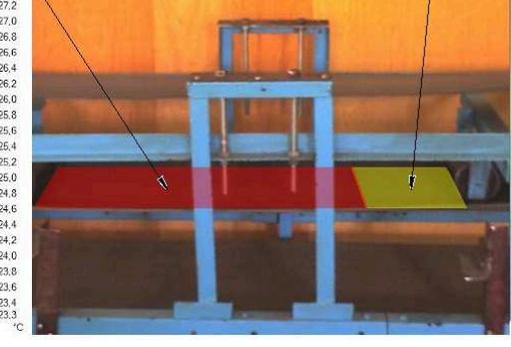
Результаты данной стадии схожи с результатами последней стадии предыдущей части экспериментального исследования. Величины зон относительного покоя и скольжения составляют соответственно около 15 и 85% от общей длины контакта лент.

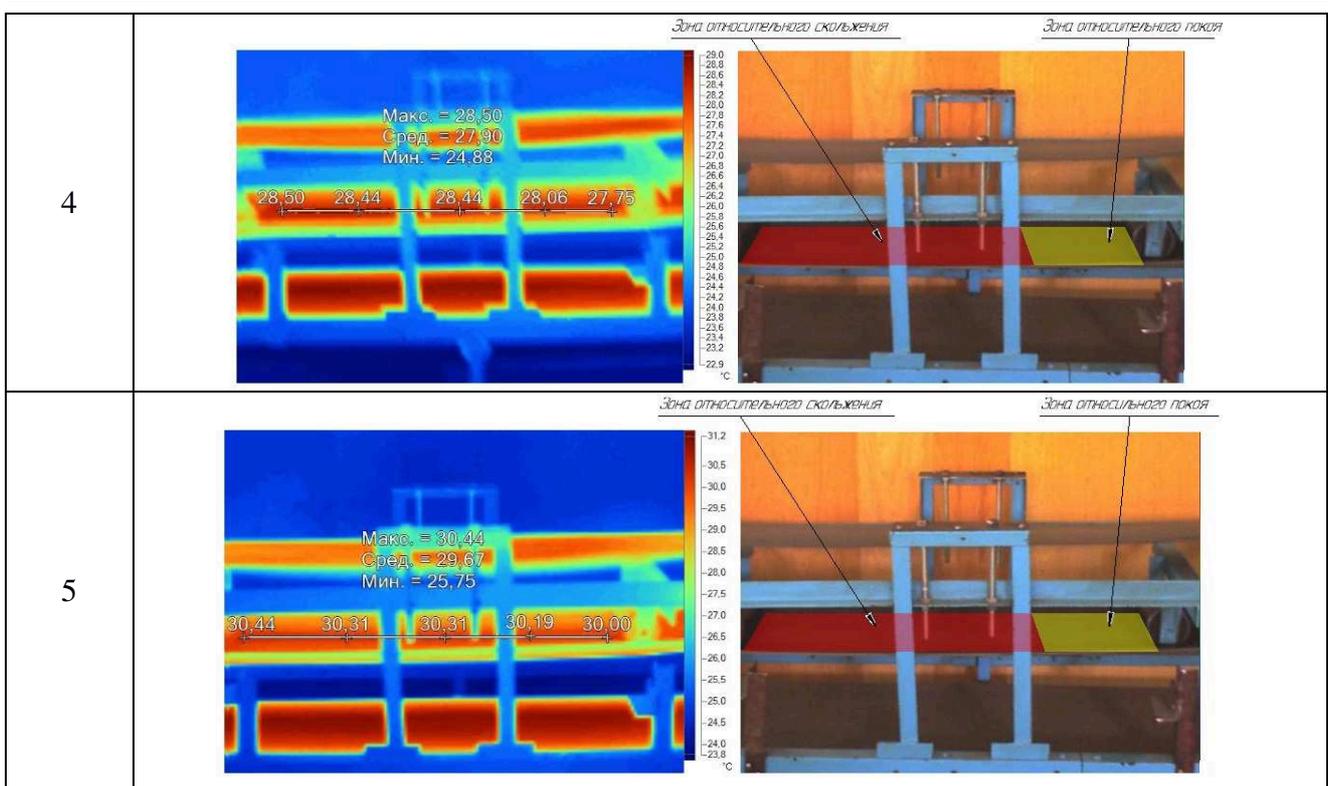
Для выполнения следующего этапа исследования натяжение тяговой ленты

было увеличено, для чего натяжной барабан был перемещен на 4 мм. Экспериментальное исследование проводилось, как и на предыдущих стадиях, в течение 30 мин. За это время выполнено 30 снимков с изменением температур от 24,9 до 30,6°C. Обработанные снимки с расшифровкой представлены в табл. 5.

Таблица 5

Выборка снимков второй стадии второй части исследования

№ п/п	Тепловая картина контакта лент с расшифровкой	
1	 <p>Зона относительного скольжения</p> <p>Макс. = 25,63 Сред. = 25,02 Мин. = 23,63</p> <p>25,63 25,50 25,38 25,13 25,00</p>	 <p>Зона относительного покоя</p>
2	 <p>Зона относительного скольжения</p> <p>Макс. = 27,50 Сред. = 26,93 Мин. = 24,50</p> <p>27,50 27,38 27,38 27,38 27,13</p>	 <p>Зона относительного покоя</p>
3	 <p>Зона относительного скольжения</p> <p>Макс. = 27,50 Сред. = 26,99 Мин. = 24,50</p> <p>27,50 27,38 27,38 27,25 27,13</p>	 <p>Зона относительного покоя</p>



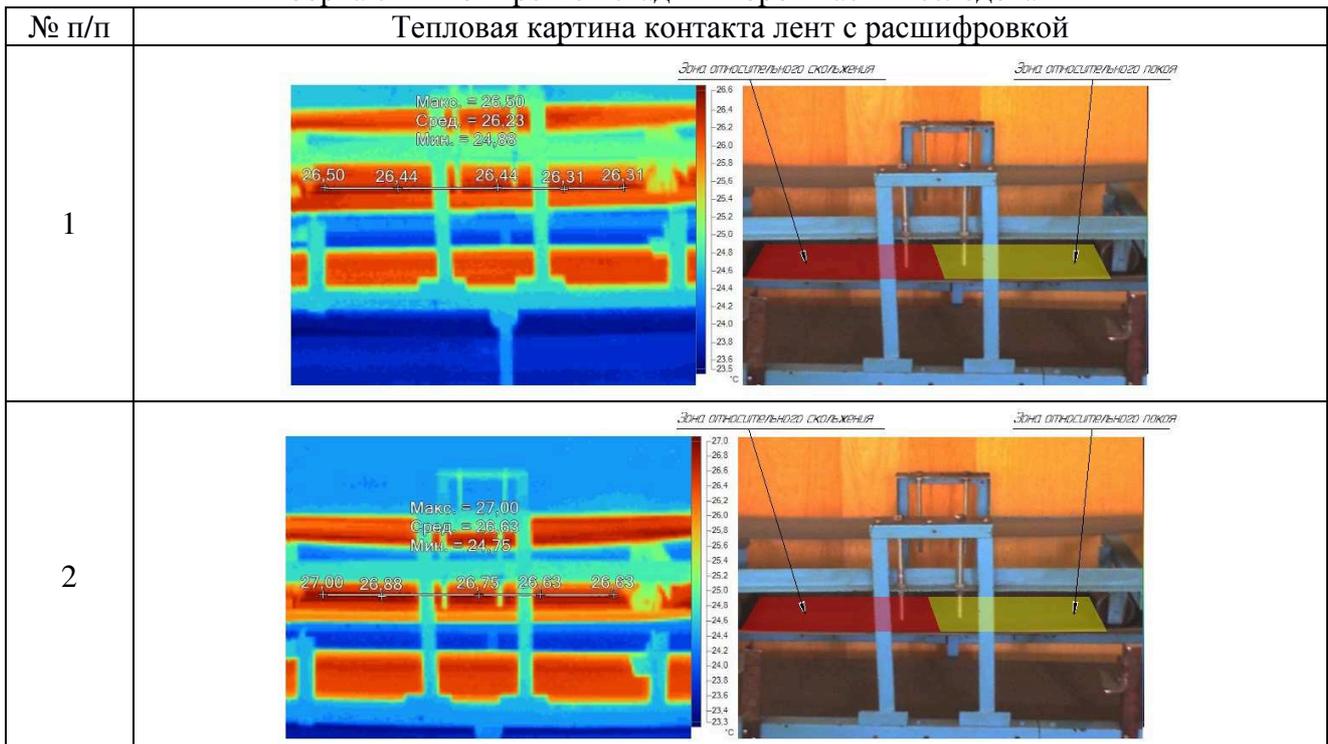
Результаты данной стадии исследования показывают, что протяженность зоны относительного покоя выросла в сравнении с первой стадией. Величины изменения зон составили в районе 15-20% общей протяженности контакта лент.

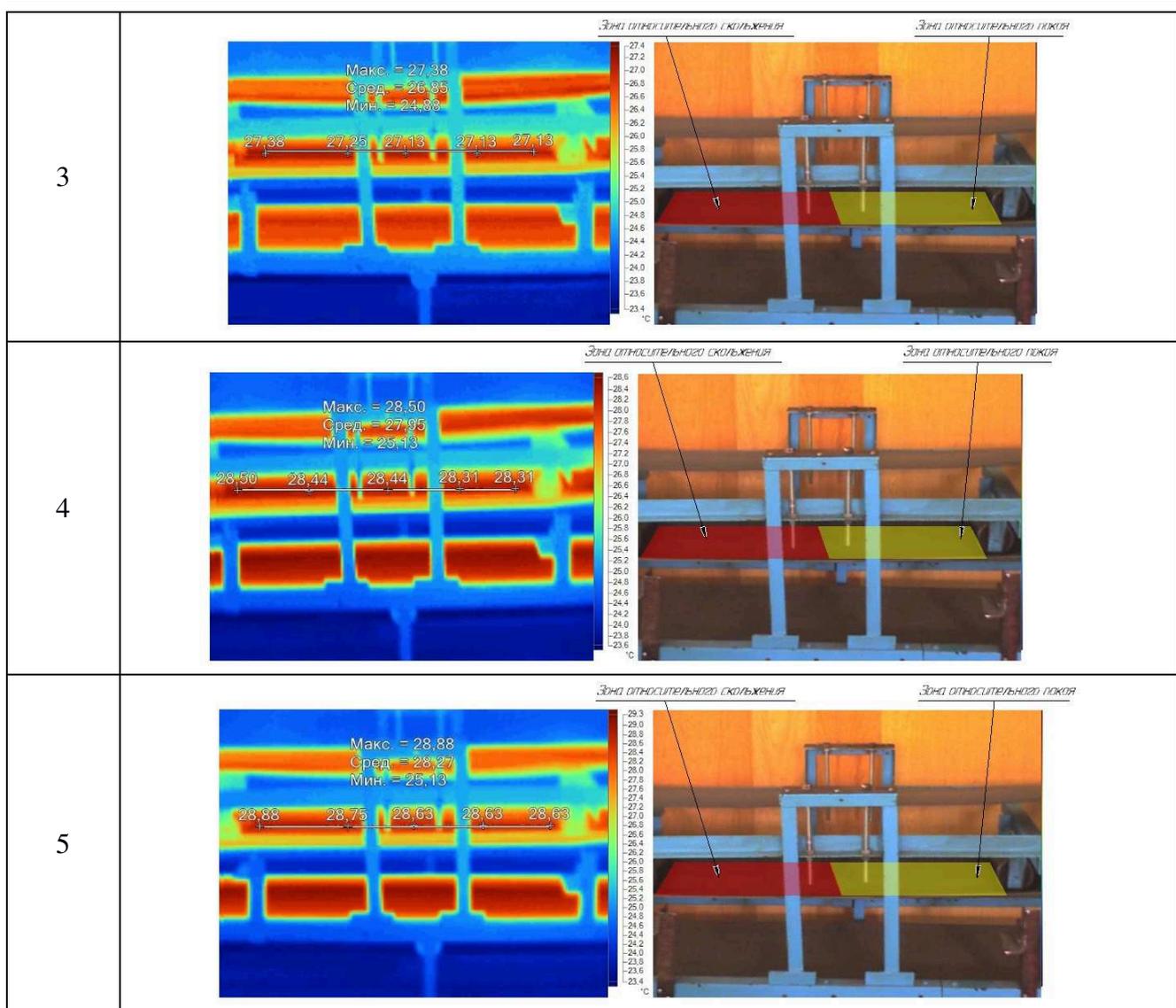
На последней стадии исследования натяжение тяговой ленты было увеличено

путем перемещения натяжного барабана на 10 мм. Время проведения исследования составило 30 мин. При этом выполнено 20 термоснимков с изменением температур от 26,1 до 28,9°C. Выборка результатов данной стадии представлена в табл. 6.

Таблица 6

Выборка снимков третьей стадии второй части исследования





Результаты данной стадии исследования показывают, что протяженность зоны относительного покоя возрастает до значения, соответствующего половине

участка контакта лент, тем самым подтверждая результаты теоретического исследования [7; 11].

Заключение

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Гипотеза об управлении промежуточным приводом посредством изменения натяжения тяговой и грузонесущей лент состоятельна, в связи с чем целесообразна разработка специальных устройств, позволяющих автоматически регулировать натяжение лент, осуществляющих в определенном диапазоне управление реализуе-

мым тяговым усилием промежуточного привода.

2. Результаты экспериментального исследования полностью подтвердили результаты теоретических исследований [6; 7; 11], а именно: для достижения максимального тягового усилия, реализуемого промежуточным ленточным приводом, натяжение грузонесущей ленты необходимо увеличить, а натяжение тяговой ленты ослабить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабанов, В.Б. Результаты второго этапа эксплуатационных испытаний промышленного об-

разца многоприводного ленточного конвейера / В.Б. Барабанов // Машины непрерывного транс-

- порта: сб. науч. тр. – М.: ВНИИПТМАШ, 1971. – Вып. 2. – № 11. – С. 52-58.
2. Гончаров, К.А. Определение зон относительно-скольжения и покоя грузонесущей и тяговой лент при использовании промежуточных приводов ленточных конвейеров / К.А. Гончаров // Научно-технический вестник БГУ. – 2015. – № 2. – С. 31-36.
 3. Гончаров, К.А. Обоснование выбора систем приводов протяженных ленточных конвейеров со сложной трассой: дис. ... канд. техн. наук / К.А. Гончаров. – Брянск, 2011.
 4. Гончаров, К.А. Обоснование методики выбора рациональных вариантов систем приводов ленточных конвейеров на основе метода анализа иерархий / К.А. Гончаров // Научно-технический вестник БГУ. – 2016. – № 2. – С. 66–70.
 5. Гончаров, К.А. Экспериментальный стенд для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы / К.А. Гончаров, А.В. Гришин // Научно-технический вестник БГУ. – 2017. – № 1. – С. 52-59.
 6. Гончаров, К.А. Влияние натяжения грузонесущей ленты на тяговую способность промежуточного привода ленточного конвейера / К.А. Гончаров, А.В. Гришин // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники: материалы всерос. науч.-практ. конф. (г. Брянск, 2-3 окт. 2017 г.). – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 26-32.
 7. Goncharov, K.A. Theoretical study of influence of belt tension of intermediate belt conveyor drive on value of zone of relative slip of traction and carrying belts / K.A. Goncharov, A.V. Grishin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 022008.
 1. Barabanov, V.B. Results of the field trials second stage of multi-drive belt conveyer industrial model / V.B. Barabanov // *Machines of Continuous Transport: Proceedings* – М.: VNIPTMach, 1971. – Ed. 2. – No.11. – pp. 51-58.
 2. Goncharov, K.A. Definition of relative slip and rest areas in load carrying and traction belts at using intermediate drives of belt conveyers / K.A. Goncharov // *Science and Technical Bulletin of BSU*. – 2015. – No.2. – pp. 31-36.
 3. Goncharov, K.A. Substantiation of choice of drive systems in extended belt conveyers with complex line: *Thesis for Can. Eng.* / K.A. Goncharov. – Bryansk. – Bryansk, 2011.
 4. Goncharov, K.A. Substantiation of procedure for choice of efficient options of belt conveyer drive systems based on method of hierarchy analysis / K.A. Goncharov // *Scientific and Technical Bulletin of BSU*. – 2016. – 2016. – No.2. – pp. 66-70.
 5. Goncharov, K.A. Test bench for investigations of belt conveyer intermediate belt drive design impact upon its operation processes / K.A. Goncharov, A.V. Grishin // *Scientific and Technical Bulletin of BSU*. – 2017. – No.1. – pp. 52-59.
 6. Goncharov, K.A. Load carrying belt impact upon traction capacity of belt conveyer intermediate drive / K.A. Goncharov, A.V. Grishin // *Innovation Development of Handling Machinery: Proceedings of the All-Russian Scientif. Pract. Conf.* (October 2-3, 2017, Bryansk). – Bryansk: BSTU, 2017, - pp. 26-32.
 7. Goncharov, K.A. Theoretical study of influence of belt tension of intermediate belt conveyor drive on value of zone of relative slip of traction and carrying belts / K.A. Goncharov, A.V. Grishin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 022008.
 8. Goncharov, K.A. Experimental investigation of assembling defect impact upon traction capacity of belt conveyer intermediate drive / K.A. Goncharov, A.V. Grishin // *Scientific and Technical Bulletin of BSU*. – 2017. – No.3. – pp. 289-295.
 9. Diyachkov, V.K. Investigation results of line friction drives in multi-drive belt conveyer / V.K. Diyachkov // *Machines of Continuous Transport: Proceedings*. – М.: VNIPTMach, 1971. – Ed.2. – No.11. – pp. 33-51.
 10. *Modern Theory of Belt Conveyers of Mining Enterprises: manual* / V.I. Galkin, V.G. Dmitriev, V.P. Diyachenko [et al.]. – М.: Publishing House of MSMU, 2005. – pp. 543.
 11. Lagerev, A.V. *Working Process Modeling and Multi-Drive Belt Conveyer Design*: monograph / A.V. Lagerev, E.N. Tolkachyov, K.A. Goncharov. – Bryansk: BSU, 2017. – pp. 384.

12. Reutov, A.A. *Belt Conveyor Drive Simulation*: monograph / A.A. Reutov. – Bryansk: BSTU, 2011. – pp. 152.
13. Shakhmeister, L.G. *Theory and Computation of Belt Conveyers* / L.G. Shakhmeister, V.G. Dmitriev. – M.: Mechanical Engineering, 1987. – pp. 336.
14. Pat. 176564 the RF, IPC G01M 13/02, G01M 17/00, B65G 23/14. *Bench for Control Effect Parameter Investigation of Belt Conveyor Intermediate Belt Drive* / Goncharov K.A., Grishing A.V.; applicant and patent holder: Bryansk State Technical University. – No. 2017115271; applied 28.04.17; published 23.01.18., Bull. No.3.

Статья поступила в редколлегию 12.02.18.

*Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного
технического университета
Тихомиров В.П.*

Сведения об авторах:

Гончаров Кирилл Александрович, к.т.н, доцент, зав. кафедрой «Подъемно-транспортные машины и оборудование» Брянского государственного технического университета, e-mail: ptm@tu-bryansk.ru.

Goncharov Kirill Alexandrovich, Can. Eng., Assistant Prof., Head of the Dep. e-mail: ptm@tu-bryansk.ru.

Гришин Александр Валентинович, аспирант кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» Брянского государственного технического университета, e-mail: sasha9332@mail.ru.

Grishin Alexander Valentinovich, Post graduate student of the Dep. “Materials Handling Equipment”, Bryansk State Technical University, e-mail: sasha9332@mail.ru.