

УДК (UDC) 621.86

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ
МОТОР-БАРАБАНА КОРОТКОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРАEXPERIMENTAL STUDY OF OPERATION HEAT MODE
OF THE MOTOR DRUM OF A SHORT BELT CONVEYORГончаров К.А., Гришин А.В.
Goncharov K.A., Grishin A.V.Брянский государственный технический университет (Брянск, Россия)
Bryansk State Technical University (Bryansk, Russian Federation)

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования температурного режима работы мотор-барабана короткого ленточного конвейера. Представлено описание экспериментального стенда, а также применяемого оборудования. Изложена методика проведения испытаний, описаны начальные условия проведения испытаний на каждом этапе, подразумевающие характер изменения первоначального натяжения ленты, уровень нагруженности конвейера, особенности конструкции мотор-барабана, в частности, применение футеровки или использование при проведении испытаний гладкой стальной обечайки. Полученные первичные результаты представлены в виде расшифрованных термограмм рабочей зоны мотор-барабана. Обобщенные обработанные результаты проведенных экспериментальных исследований систематизированы в виде графических зависимостей, объединенных по объектам исследований – мотор-барабан, сбегаящая ветвь ленты, набегающая ветвь ленты. На основе полученных результатов сделаны соответствующие выводы, представляющие собой описание закономерностей теплового режима работы применительно к мотор-барабану, а также контактирующим с ним ветвям ленты.

Ключевые слова: экспериментальное исследование, тепловой контроль, короткий ленточный конвейер, привод, мотор-барабан, футеровка.

Дата принятия к публикации: 30.06.2020
Дата публикации: 25.12.2020

Сведения об авторах:

Гончаров Кирилл Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», e-mail: ptm_bstu@mail.ru.
ORCID: 0000-0002-5895-1162

Гришин Александр Валентинович – ассистент кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», e-mail: sasha9332@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the experimental study of the motor drum temperature regime of a short belt conveyor. A description of the experimental stand, as well as the equipment used, is presented. The paper describes the test procedure, the initial conditions for testing at each stage. These conditions imply the nature of the change in the initial tension of the belt, the level of conveyor load, design features of the motor drum, in particular the use of a lining or the use of smooth steel shell during testing. The primary results obtained are presented in the form of decoded thermograms of the working area of the motor drum. The generalized processed results of the experimental studies are systematized in the form of graphical dependencies, which are united according to the objects of study: a motor drum, a leaving belt branch, and an entering belt branch. On the basis of the results obtained, the corresponding conclusions are made, which are the law descriptions of the thermal mode of operation with regard to the motor drum, as well as the belt branches in contact with it.

Keywords: experimental study, heat control, short belt conveyor, drive, motor drum, lining.

Date of acceptance for publication: 30.06.2020
Date of publication: 25.12.2020

Authors' information:

Kirill A. Goncharov – PhD in Technical Sciences, associate Professor, head of the Department "Handling machinery and equipment" at Bryansk State Technical University, e-mail: ptm_bstu@mail.ru.
ORCID: 0000-0002-5895-1162

Alexander V. Grishin – assistant of the Department "Handling machinery and equipment" at Bryansk State Technical University, e-mail: sasha9332@mail.ru

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук №МД-422.2020.8

1. Введение

Короткие ленточные конвейеры нашли широкое применение в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства как в качестве самостоятельных перегрузочных машин, так и в виде составных частей сложных дорожно-строительных комплексов, комбинированных сельскохозяйственных установок и т.д. В структуре таких комплексов короткие ленточные конвейеры выполняют функцию отвалных конвейеров, перемещая груз в заданную локацию вне комплекса, либо загрузочных, подавая груз в его технологическую зону [1, 2].

Одним из основных конструктивных узлов подобных конвейеров является привод, к которому предъявляется ряд дополнительных требований по сравнению со стационарными конвейерами, а именно:

- минимальная масса консольно расположенных элементов привода в случае его размещения в головной части конвейера (что привело к широкому применению безредукторного гидропривода, мотор-барabanов, приводов-надстроек с гибкими промежуточными передачами);

- минимально возможные вылеты центров масс элементов привода по отношению к продольной оси конвейера (что привело к применению преимущественно угловых схем компоновок приводов);

- минимально возможная степень неравномерности вращения приводного барабана с целью снижения сопутствующих динамических и вибрационных нагрузок.

Выбор конкретного типа компоновки привода зависит от экономических и эксплуатационных факторов. Последние наиболее актуальны при работе приводов в агрессивных средах, что сказывается на степени защищенности их исполнения. В таких случаях рациональным решением является применение полностью закрытых мотор-барabanов, имеющих в отличие от других вариантов приводов всего два основных подшипниковых узла трения, подверженных воздействию внешней среды.

При этом продолжительная работа мотор-барabanов сопровождается специфическими температурными особенностями отвода тепла при нагреве. Если при правильном исполне-

нии привода с внешней компоновочной схемой (двигатель располагается вне барабана) выделяемая тепловая энергия отводится в окружающую среду, минуя другие элементы конвейера, то тепловая энергия двигателя, находящегося внутри мотор-барабана, передается последовательно обечайке барабана и ленте, нагревая указанные элементы в определенных диапазонах.

Наличие описанного эффекта позволяет предположить возможность корректировки рекомендаций по выбору тех или иных элементов конвейера, особенностей его расчета в зависимости от температурного режима работы мотор-барабана.

Целью настоящего исследования является экспериментальное изучение температурного режима работы мотор-барабана короткого ленточного конвейера с применением и без применения футеровочного покрытия при продолжительном включении, а также изучение влияния указанного теплового эффекта на элементы конвейера, контактирующие с мотор-барабаном.

2. Методика проведения исследований

Экспериментальное исследование проводилось на специализированном стенде (рис. 1), подробное описание которого представлено в работах [3, 4].

В данном случае применение верхнего контура стенда имитировало дополнительную полезную нагрузку при изучении тепловой картины работы мотор-барабана нижнего контура. Исследование проводилось при взаимном контакте контуров, а также при их раздвижении посредством вертикальных регулировочных винтов. Изменение натяжения ленты нижнего контура осуществлялось с помощью винтового натяжного устройства.

При проведении первого этапа испытаний мотор-барабан не имел футеровки и был окрашен черной эмалью. На втором этапе мотор-барабан был футерован продольными полосами резины черного цвета толщиной 4 мм. Тепловая картина работы мотор-барабана была исследована с помощью тепловизора Fluke Ti40. Исследование проводилось с учетом рекомендаций [5].



Рис. 1. Экспериментальный стенд [3, 4]

На основе рекомендаций [5] были соблюдены условия теплового контроля, аналогичные условиям, описанным в работе [6].

1. Тепловой контроль проводился для наружных поверхностей двух элементов экспериментального стенда (ленты нижнего контура и мотор-барабана) с учетом их выдержки в теневой части (без воздействия прямых солнечных лучей) неотапливаемого помещения лаборатории в летнее время при начальной температуре окружающей среды 20...24°C более 12 часов.

2. Поверхность футерованного мотор-барабана представляет собой резиновое покрытие черного цвета с коэффициентом излучения поверхности 0,94. Поверхность ленты нижнего контура с учетом частичного износа представляет собой хлопковую ткань (верхняя прокладка тягового каркаса) с коэффициентом излучения поверхности 0,77. Поверхность нефутерованного мотор-барабана представляет собой сталь, окрашенную черной краской, с коэффициентом излучения поверхности 0,96.

3. При проведении теплового контроля проводился сравнительный анализ собственных температурных значений отдельно для каждого объекта контроля, аналогично [6], в связи с чем, в качестве реперных зон были выбраны непосредственно лента нижнего контура в области её сбегания с мотор-барабана и поверхность мотор-барабана. В начале проведения контроля температура реперных зон соответствовала температуре

окружающей среды и была определена бесконтактным методом в соответствии с [5]. Проводимый сравнительный анализ объектов исследования исключал необходимость сравнения их абсолютных температурных показателей друг с другом, аналогично [6], вследствие чего при представлении результатов обработки данных не производилось приведение температур с использованием коэффициентов излучения поверхностей.

Экспериментальное исследование представляло собой тепловую съемку зоны мотор-барабана при непрерывной работе стенда (скорость движения ленты 2 м/с, без буксования, взаимного проскальзывания и бокового схода) с интервалом выполнения снимков 5 мин в течение 1 ч для каждого этапа испытаний.

Этапы исследования представляли собой обособленные периоды работы стенда, характеризующиеся специфическими условиями работы:

1 этап – работа стенда со средним значением натяжения ленты с нагрузкой и без нагрузки (мотор-барабан без футеровки);

2 этап – работа стенда с пониженным значением натяжения ленты с нагрузкой и без нагрузки (мотор-барабан без футеровки);

3 этап – работа стенда с нагрузкой при минимально возможном значении натяжения ленты на грани её проскальзывания по поверхности мотор-барабана (мотор-барабан без футеровки);

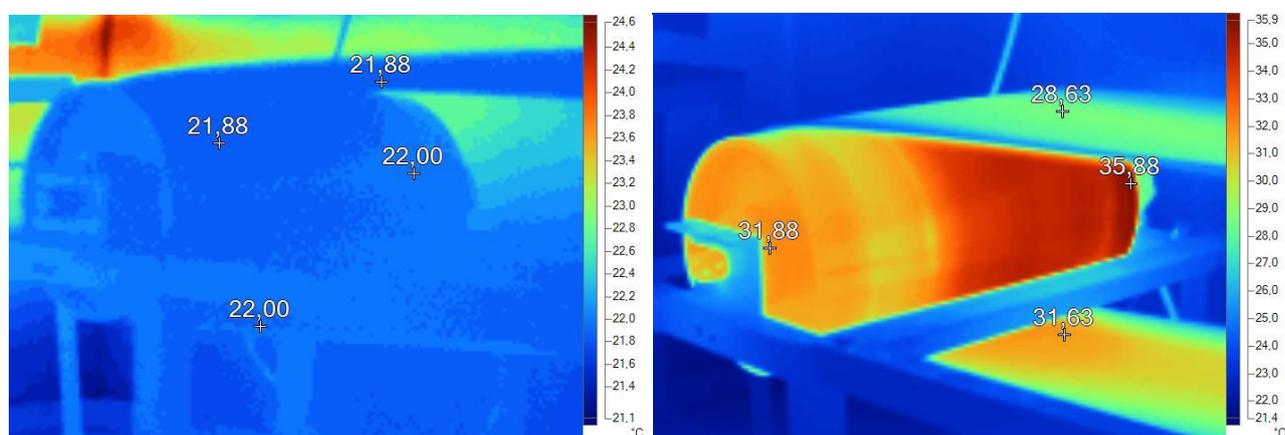
4 этап – работа станда без нагрузки при максимально возможном натяжении ленты (мотор-барабан без футеровки);

5 этап – работа станда без нагрузки при максимально возможном натяжении ленты (мотор-барабан футерован).

Каждый из этапов проводился с интервалом в одни сутки. Первый и второй этапы были разбиты на два подэтапа каждый и также проведены с интервалом в одни сутки. Указанная временная разбивка исследования обусловлена необходимостью синхронизации начальных температурных параметров станда с температурными условиями внешней среды перед каждым часовым периодом его непрерывной работы.

3. Результаты и их анализ

В результате проведенного экспериментального исследования была получена 91 термограмма состояния зоны мотор-барабана в различные периоды времени работы станда (26 термограмм на первом этапе, 26 – на втором, по 13 – на третьем, четвертом и пятом). Часть термограмм, описывающих граничные результаты проведения эксперимента (начало и конец каждого часового периода работы станда в соответствии с этапом проведения экспериментального исследования), представлена на рис. 2 – 8.

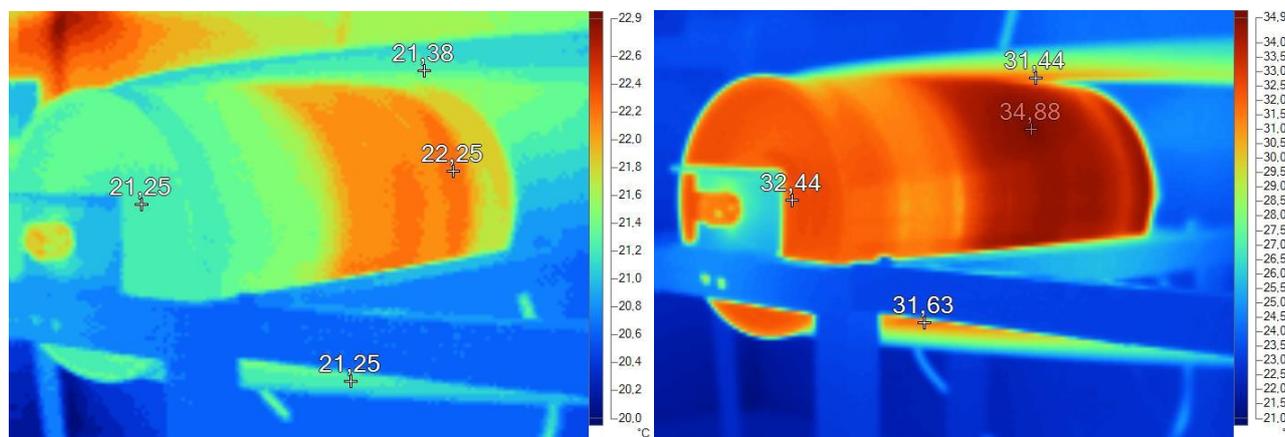


а)

б)

Рис. 2. Термограммы объектов исследования (первый этап, без нагрузки):

а – начало этапа; б – конец этапа

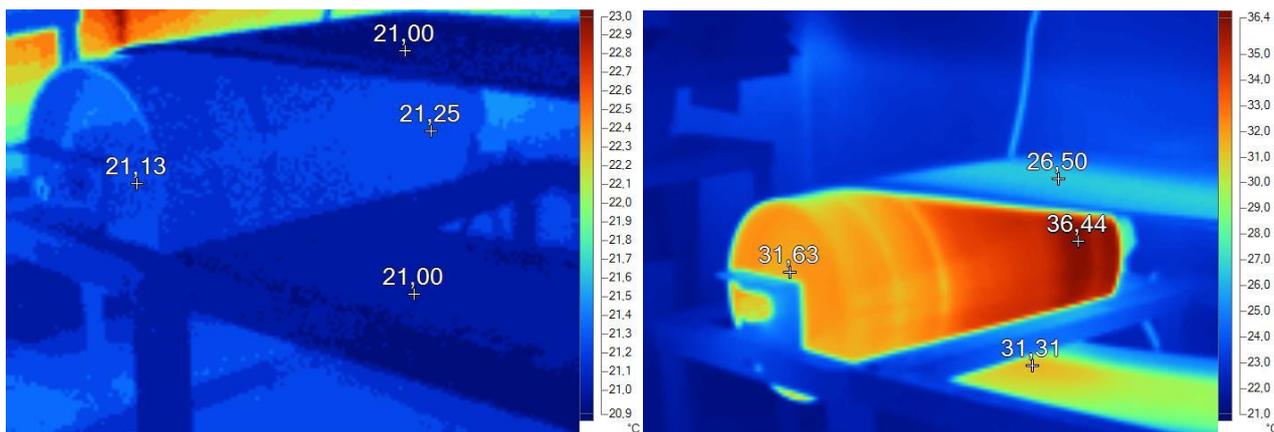


а)

б)

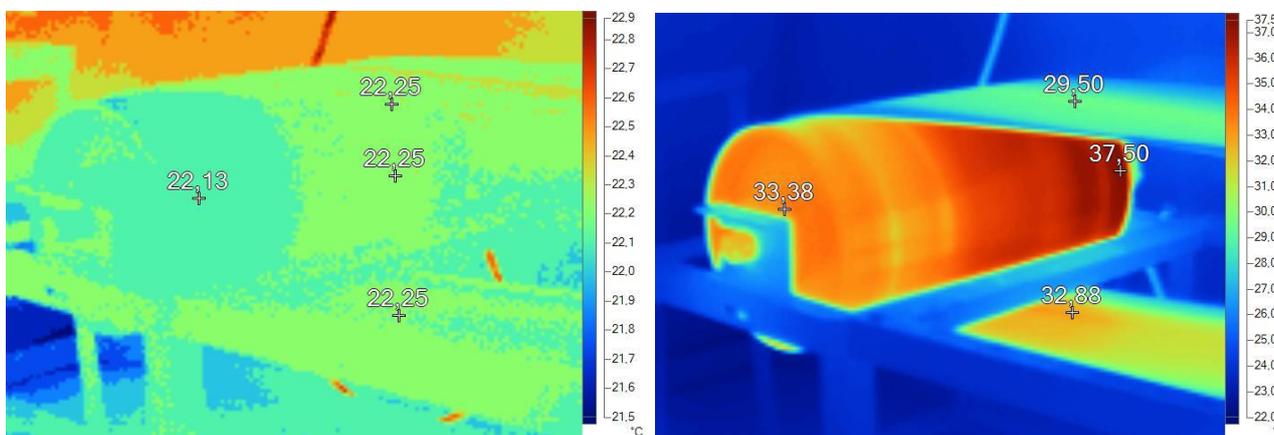
Рис. 3. Термограммы объектов исследования (первый этап, с нагрузкой):

а – начало этапа; б – конец этапа



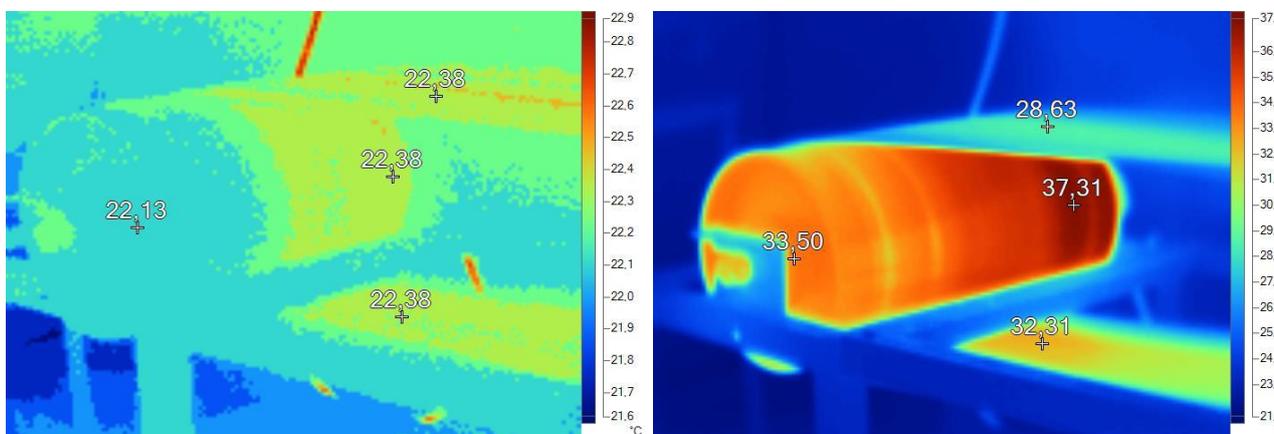
а) б)

Рис. 4. Термограммы объектов исследования (второй этап, без нагрузки):
 а – начало этапа; б – конец этапа



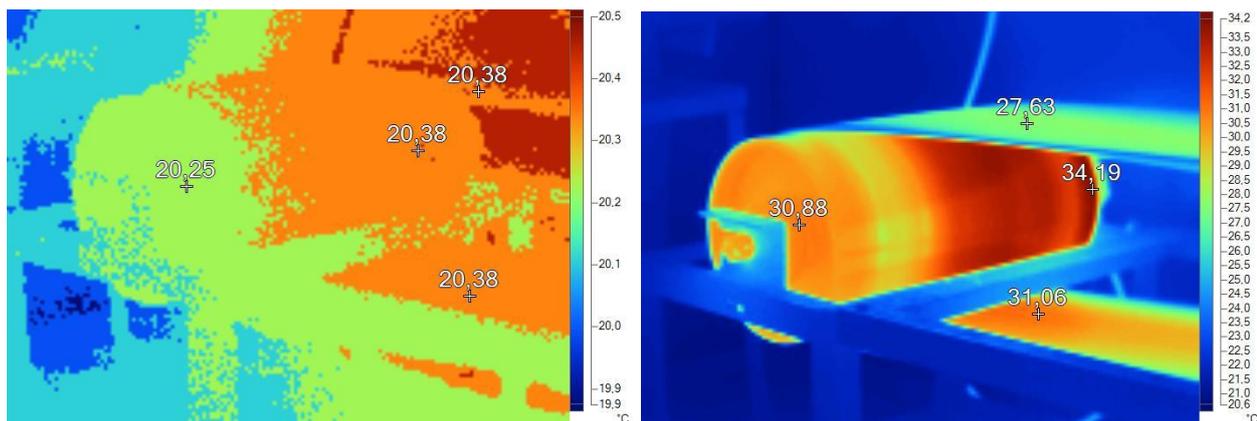
а) б)

Рис. 5. Термограммы объектов исследования (второй этап, с нагрузкой):
 а – начало этапа; б – конец этапа

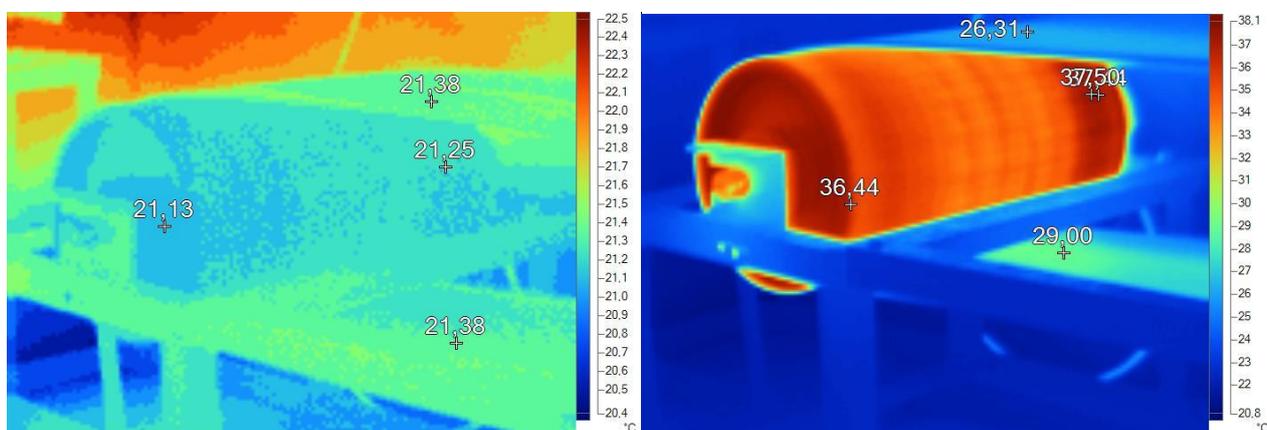


а) б)

Рис. 6. Термограммы объектов исследования (третий этап):
 а – начало этапа; б – конец этапа



а) б)
 Рис. 7. Термограммы объектов исследования (четвертый этап):
 а – начало этапа; б – конец этапа



а) б)
 Рис. 8. Термограммы объектов исследования (пятый этап):
 а – начало этапа; б – конец этапа

Совокупность полученных данных замеров температур можно представить в виде графиков, сгруппированных по объектам исследования (рис. 9 – 10).

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы.

1. Разность температур набегающей на мотор-барабан и сбегаящей с него ветвей ленты в каждый определенный момент времени составляет 3...4°C как при работе с нагрузкой, так и без неё. В данном случае важным является то обстоятельство, что съемка сбегаящей ветви производилась с внутренней стороны ленты, непосредственно контактирующей с мотор-барабаном, а съемка набегающей ветви – с наружной стороны ленты. С учетом одинакового качества поверхности обеих ветвей ленты с каждой стороны с одинаковым коэф-

фициентом отражения можно утверждать, что разность указанных температур является следствием неравномерного прогрева ленты по её толщине. Указанная величина разности температур слишком велика для того, чтобы соответствовать объему тепловой энергии, которую мотор-барабан может мгновенно передать участку ленты длиной, соответствующей половине дуги окружности мотор-барабана. Также необходимо отметить стабильность интервала температуры в процессе всего эксперимента на всех этапах. На основании данного обстоятельства можно сделать вывод, что внутренняя сторона ленты короткого конвейера всегда работает в зоне повышенных температур по отношению к наружной стороне в тех случаях, когда конвейер не транспортирует горячие грузы.

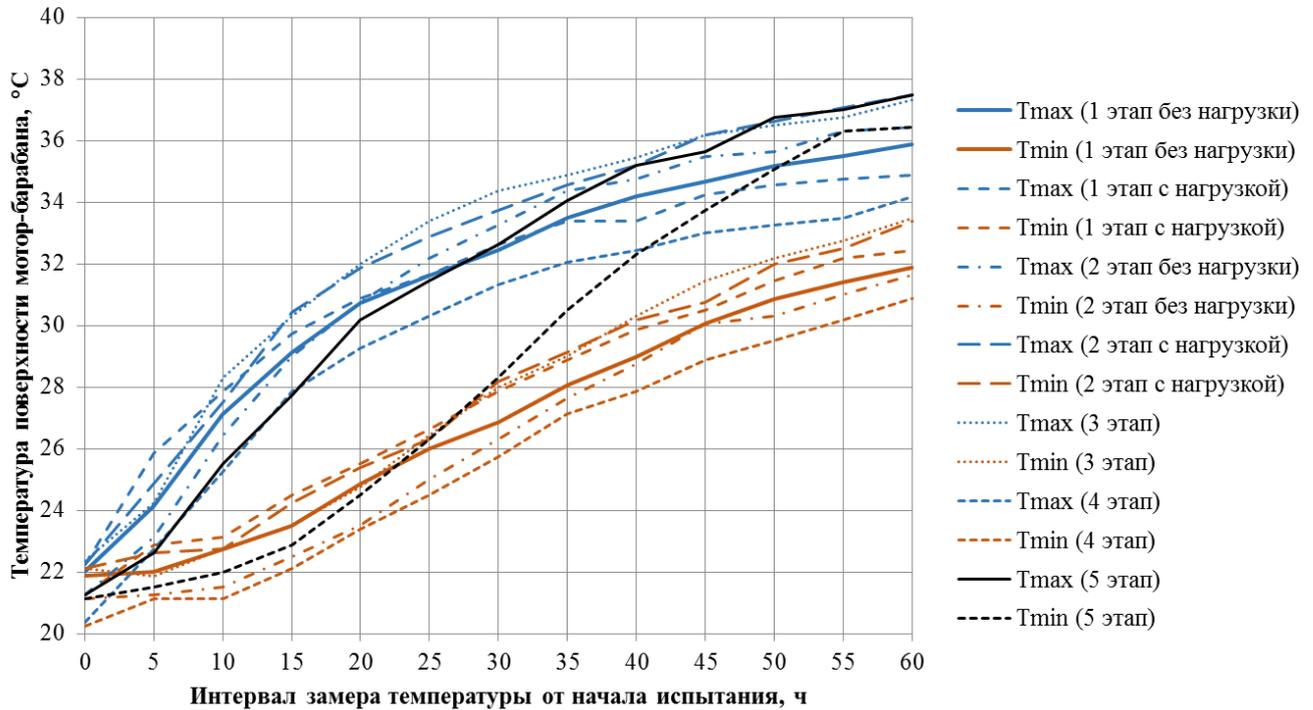


Рис. 9. Температура поверхности мотор-барабана на разных стадиях испытаний

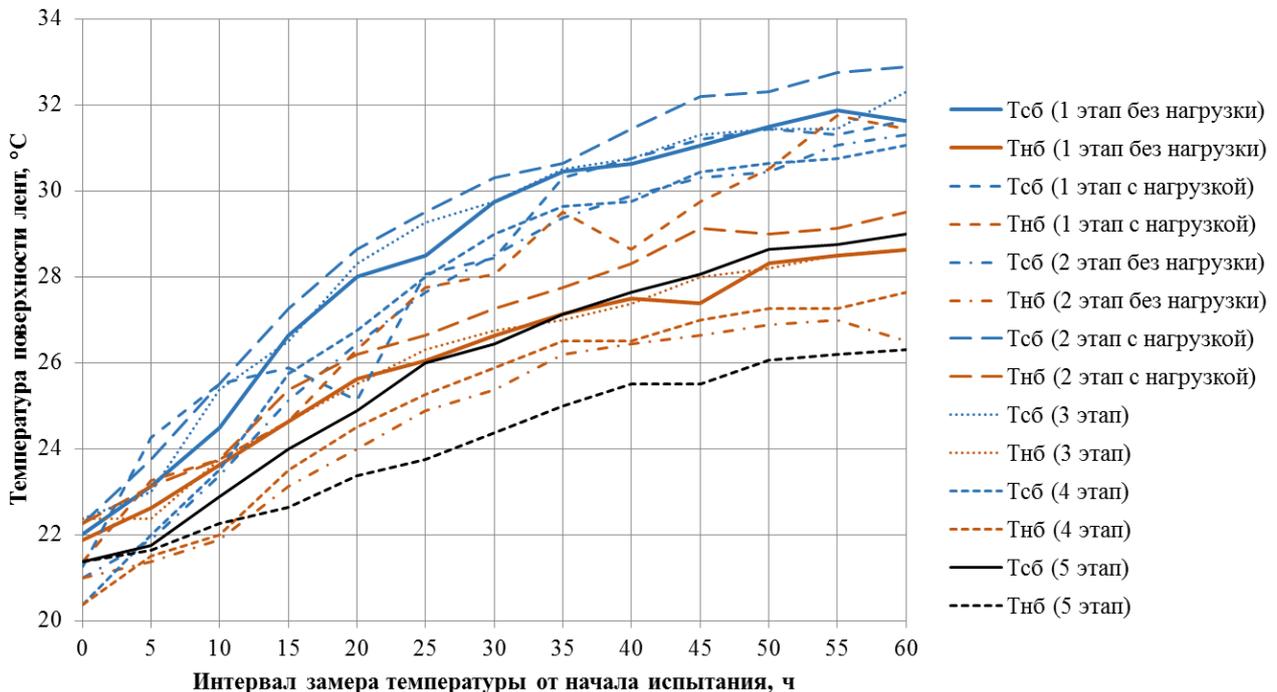


Рис. 10. Температура поверхности ветвей лент на разных стадиях испытаний

2. Температура нагрева поверхности мотор-барабана с учетом данных всех этапов экспериментальных исследований в среднем изменяется от 20...22,5°C до 32...38°C. Минимальный интервал нагрева на одном конкретно взятом этапе испытаний составляет

10°C, максимальный – 16,25°C. В целом можно отметить, что мотор-барабан к концу каждого из этапов испытаний приближается к выходу на стабильное значение рабочей температуры (температурные кривые становятся более пологими). При этом полное время выхода на

рабочую температуру существенно зависит от уровня нагрузки на конвейер, в том числе от величины предварительного натяжения ленты, значительно влияющего на общее сопротивление движению.

3. Футеровка благоприятно сказывается не только на повышении коэффициента сцепления ленты с барабаном, но и на температурном режиме работы самой ленты. На основании полученных данных можно отметить, что температуры сбегавшей и набегающей ветвей ленты при применении на мотор-барабане футеровки в среднем на 2...3°C ниже соответствующих температур ветвей в случае применения нефутерованного мотор-барабана. Данное обстоятельство является дополнительным преимуществом применения футерованных приводных барабанов на коротких конвейерах, особенно в контексте транспортирования горячих грузов (отвалы конвейеры дорожных фрез). Стоит отметить, что температура по-

верхности футерованного мотор-барабана соизмерима температуре поверхности нефутерованного мотор-барабана при общем снижении температур набегающей и сбегавшей ветвей ленты и сопоставимых коэффициентах излучения поверхностей.

4. Максимальная разность распределения температур по поверхности мотор-барабана достигает 7,25°C и характеризуется ярко выраженным пиковым значением в конце первой трети временного интервала процесса испытания на всех этапах (рис. 11). Наименьшие колебания температуры поверхности характерны для футерованных мотор-барабанов, что при одностороннем позиционировании ленты (боковым сходе) является их дополнительным преимуществом. При этом футерованные мотор-барабаны также подвержены неравномерному распределению температуры по поверхности обечайки в начальные периоды работы конвейера.

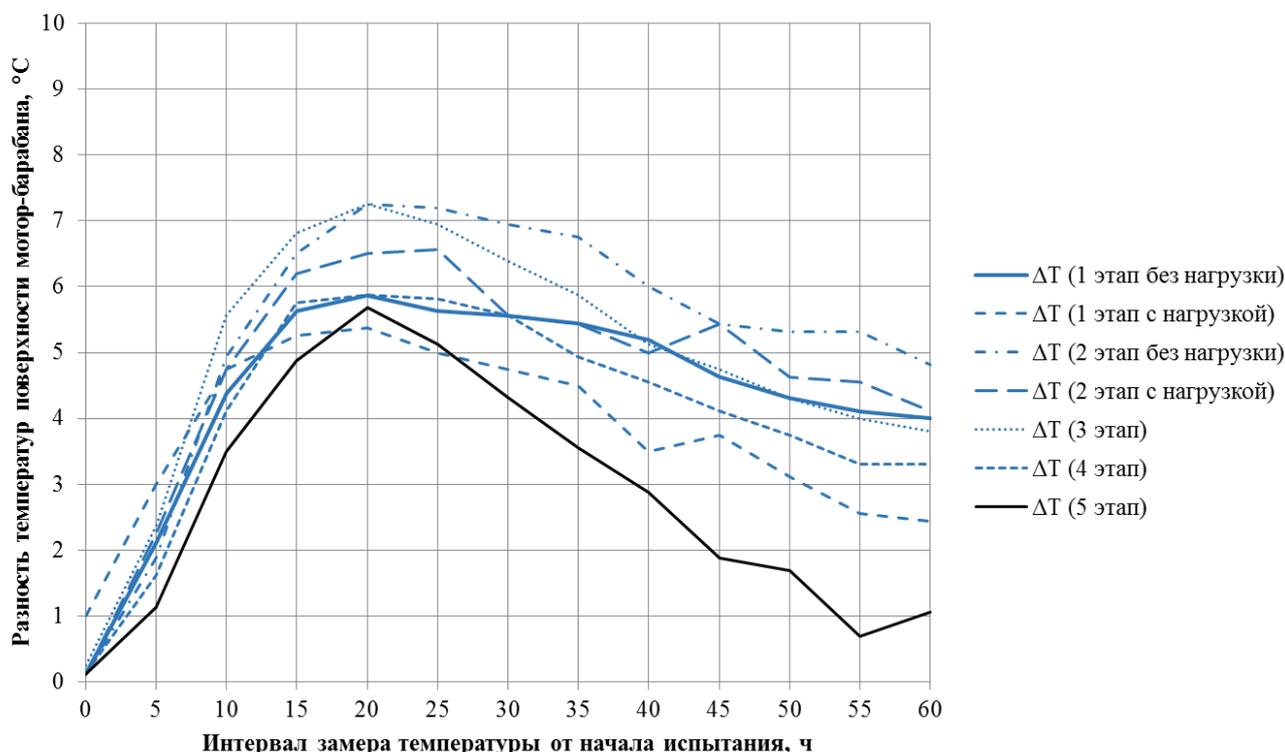


Рис. 11. Величины разностей температур поверхности мотор-барабана на разных стадиях испытаний

4. Заключение

Приведенные в настоящей работе результаты экспериментальных исследований теп-

ловых режимов работы мотор-барабанов в структуре коротких ленточных конвейеров позволяют оценить возможности применения мотор-барабанов в качестве приводных

устройств на этапе проектирования. В частности, увеличение температуры рабочего режима элементов конвейера при стабильных температурных условиях окружающей среды на 10...15°C может приводить к необходимости изменения выбора составляющих конвейера определенного климатического исполнения по отношению к предварительно запланированным.

Список литературы

1. Гончаров К.А., Гришин А.В. Математическая модель работы отвальных ленточных конвейеров мобильных строительных и дорожных машин при следящем управлении натяжением лент // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2020. №3. С. 365–376. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-03-365-376

2. Лагереv А.В., Толкачев Е.Н., Бословяк П.В. Проектирование и исследование конвейеров с подвесной грузонесущей лентой. Брянск: РИО БГУ, 2016. 303 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1197308>

3. Лагереv А.В., Толкачев Е.Н., Гончаров К.А. Моделирование рабочих процессов и проектирование многоприводных ленточных конвейеров. Брянск: РИО БГУ, 2017. 384 с. DOI: 10.5281/zenodo.1196612

4. Гончаров К.А., Гришин А.В. Экспериментальный стенд для исследования влияния конструкции промежуточного ленточного привода ленточного конвейера на его рабочие процессы // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2017. №1. С.52–59. DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-01-52-59

5. Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах (РД-13-04-2006). Серия 28. Выпуск 11. М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. 32 с.

6. Гончаров К.А. Анализ взаимодействия грузонесущей и тяговой лент между-

Полученные закономерности теплового режима работы поверхности обечайки футерованных и нефутерованных мотор-барабанов, сбегавшей и набегавшей ветвей ленты в зоне мотор-барабана наиболее актуальны в процессе проектирования коротких отвальных ленточных конвейеров мобильных строительных и дорожных машин, работающих в постоянно изменяющихся климатических условиях окружающей среды.

References

1. Goncharov K.A., Grishin A.V. Mathematical model of operation of stacker belt conveyors of mobile road-building machines with tracing control of belt tension. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2020, No.3, pp. 365-376. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-03-365-376 (In Russian)

2. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Boslovyak P.V. *Proektirovanie i issledovaniya konveyerov s podvesnoy gruzonesushchey lentoy* [Design and research of the conveyor with hanging ribbon]. Bryansk, RIO BGU, 2016. 303 p. DOI: 10.5281/zenodo.1197308 (In Russian)

3. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Goncharov K.A. *Modelirovanie rabochikh protsessov i proektirovanie mnogoprivodnykh lentochnykh konveyerov* [Modeling of work processes and the design of multi-drive belt conveyor]. Bryansk, RIO BGU, 2017. 384 p. DOI: 10.5281/zenodo.1196612 (In Russian)

4. Goncharov K.A., Grishin A.V. Experimental test bench for the study of impact of intermediate belt drive construction of belt conveyor on its operation. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, No.1, pp. 52-59. DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-01-52-59 (In Russian)

5. Metodicheskie rekomendatsii o poryadke provedeniya teplovogo kontrolya tekhnicheskikh ustroystv i sooruzheniy, primenyaemykh i expluatiruemykh na opasnykh proizvodstvennykh obyektakh (RD-13-04-2006). Seiryu 28. Vypusk 11. Moscow, ZAO «Nauchno-tehnicheskiiy Tsentr issledovaniy problem promyshlennoy bezopasnosti», 2010.

точного привода ленточного конвейера //
Научно-технический вестник Брянского
государственного университета, 2019. №4.
С.426–432. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-
05-04-426-432

‡ 32 p. (In Russian)
‡
‡ 6. Goncharov K.A. Analysis of tractive and
‡ carrying belts interaction of intermediate drive
‡ of belt conveyor. *Nauchno-tekhnicheskiy*
‡ *vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo*
‡ *universiteta*, 2019, No.4, pp. 426-432. DOI:
‡ 10.22281/2413-9920-2019-05-04-426-432 (In
‡ Russian)