

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2019-2-132-143

### Выбор материала для облицовки приводного барабана ленточного конвейера

Гридюшко Д. В., Брижевич А. В., Пискун Е. В.

Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск, Минская область, Республика Беларусь, ✉onti@sipr.by

**Аннотация:** Известно, что конвейер работает в химически активной и абразивной средах, по этой причине приводной барабан ленточного конвейера быстро изнашивается. Отмечено, что футеровка конвейерного барабана повышает коэффициент трения между конвейерным барабаном и транспортерной лентой, снижает скорость изнашивания ленты, а также защищает от коррозии и абразивного износа. Представлен график зависимости интенсивности изнашивания полиуретанов ПУ-60 от нагрузки при качении по стали. Показано, что с увеличением нагрузки увеличивается прочность адгезионных соединений между стальным и полиуретановым роликами, при трении материалы повреждаются вследствие усталостного разрушения поверхностных слоев. Также представлен график зависимости интенсивности изнашивания полиуретанов ПУ-80 от нагрузки при качении по стали. Представлена диаграмма зависимости интенсивности изнашивания от твердости полиуретана, на которой видно, что самая маленькая интенсивность изнашивания у самого твердого полиуретана ПУ-80. Проиллюстрирована гистограмма коэффициента трения покоя полиуретанов ПУ-60 и ПУ-80, из которой можно сделать вывод, что оптимальный материал для облицовки приводного барабана ленточного конвейера – это ПУ-80. Представлен график зависимости интенсивности изнашивания резины от нагрузки при скорости 1 м/с. Из графика видно, что интенсивность изнашивания возрастает с повышением нагрузки. Это обусловлено влиянием двух факторов: увеличением контактных деформаций поверхностного слоя резины и увеличением площади контакта сопрягаемых деталей. Отмечено, что резина ИПП-1347 в меньшей степени поддается изнашиванию по сравнению с резиной «REMAGRIP», что позволяет ей работать в агрессивных средах. Гистограмма коэффициента трения покоя для резины, представленная в работе, показывает, что исследуемые резины марок ИПП-1347 и «REMAGRIP» обладают необходимым значением коэффициента трения покоя для использования их в качестве футеровочного материала для приводного барабана. Представлена диаграмма зависимости интенсивности изнашивания от твердости резины и полиуретана. На практике доказано, что наилучшим материалом для облицовки приводного барабана является ПУ-80.

**Ключевые слова:** полиуретан, резина, облицовка, износостойкость, коэффициент трения покоя, ленточный конвейер, линейная интенсивность изнашивания, приводной барабан, прочность, резина, эластомер.

**Для цитирования:** Гридюшко Д. В., Брижевич А. В., Пискун Е. В. Выбор материала для облицовки приводного барабана ленточного конвейера. *Горные науки и технологии*. 2019;4(2):132-143. DOI: 10.17073/2500-0632-2019-2-132-143.

### Selection of Material for Facing Drive Drum of Belt Conveyor

D. V. Hrydziushka, A. V. Bryzhevich, E. V. Piskun

Joint Stock Company "Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production",  
Soligorsk, Minsk region, the Republic of Belarus, ✉onti@sipr.by

**Abstract:** It is known that conveyor operates in chemically aggressive and abrasive environments; for this reason the drive drum of belt conveyor wears out rather rapidly. It is noted that the lining of the conveyor drum increases coefficient of friction between the conveyor drum and the conveyor belt, reduces the belt

wear rate, and also protects against corrosion and abrasive wear. The plot of the PU-60 polyurethane wear rate as function of load when rolling on steel is presented. It is noted that increasing the load increases the strength of adhesive junction between steel and polyurethane rollers; friction wear causes fatigue failure of surface layers of the materials. Besides, the plot of the PU-80 polyurethane wear rate as function of load when rolling on steel is presented. The plot of the polyurethanes wear rate as function of hardness of polyurethane is presented, which shows that the lowest wear rate is demonstrated by the hardest polyurethane, PU-80. The bar chart of static friction coefficient for PU-60 and PU-80 polyurethanes demonstrates that the optimal material for lining the drive drum of a conveyor belt is PU-80. The plot of the rubber wear rate as function of load at a speed of 1 m/s is presented. The plot shows that the wear rate increases with increasing the load. This is due to the effect of two factors: growing contact deformations of the surface layer of the rubber and increasing the contact area of mating parts. It is noted that IRP-1347 rubber is less susceptible to wear than "REAGRIP" rubber. This allows using IRP-1347 rubber in aggressive environments. The bar chart of static friction coefficient for the rubber presented in the paper shows that the investigated IRP-1347 and REMAGRIP rubber grades have the required value of static friction coefficient for use as lining material for the drive drum. The plot of the wear rate as function of the rubber hardness and as function of the polyurethane hardness is presented. In practice, it is proved that the best material for lining the drive drum is PU-80.

**Keywords:** polyurethane, rubber, lining, wear resistance, static friction coefficient, belt conveyor, linear wear rate, drive drum, strength, elastomer.

**For citation:** Hrydziushka D. V., Bryzhevich A. V., Piskun E. V. Selection of material for facing drive drum of belt conveyor. *Mining Science and Technology*. 2019;4(2):132-143 (In Russ.). DOI: 10.17073/2500-0632-2019-2-132-143.

## Введение

В связи с тем что конвейер работает в химически активной и абразивной средах, приводной барабан ленточного конвейера быстро изнашивается [1]. Для того чтобы уменьшить изнашивание, необходимо производить его облицовку.

Существует несколько видов облицовочного материала, необходимого для облицовки приводного барабана. Выбранный материал должен обладать следующими свойствами:

- высокой прочностью и твердостью;
- устойчивостью против химического воздействия;
- увеличивать срок эксплуатации конвейерной ленты;
- повышать коэффициент трения между конвейерным барабаном и транспортной лентой;
- защищать от коррозии и абразивного износа.

Таким образом, в ходе исследования необходимо изучить триботехнические свойства материала, предлагаемого для облицовки приводного барабана, и определить материал, отвечающий требованиям и обладающий необходимыми свойствами [2].

1. Футеровка приводного барабана ленточного конвейера. Барабаны приводные изготавливают при помощи сварки с обечайкой из листовой стали или отливкой из чугуна. По форме обода барабаны выполняют с цилиндрической или выпуклой (бочкообразной) поверхностью – гладкой или с насечками. Тяговые свойства приводного барабана повышают путем увеличения натяжения ленты или угла обхвата лентой приводного барабана, использования высокофрикционных футеровок с продольными или шевронными ребрами (что способствует самоочищению) [3].

Футеровка конвейерного барабана повышает коэффициент трения между конвейерным барабаном и транспортной лентой,

снижает скорость изнашивания ленты, а также защищает от коррозии и абразивного износа.

Футеровки устанавливаются при помощи специальных клеев на барабаны конвейеров, футеровочные пластины значительно уменьшают сход ленты и ее проскальзывание, а также попадание груза на поверхность барабана, что существенно улучшает работу конвейеров и повышает их технико-экономические показатели.

Рифлёная поверхность приводного барабана обеспечивает увеличение коэффициента сцепления ленты с барабаном и тягового фактора привода, уменьшая при этом необходимое натяжение ленты [4], увеличивая срок службы ленты и ее стыковых соединений.

Основным материалом, применяемым для футеровки приводного барабана, является резина.

Положительным свойством резины является очень высокая эластичность. Резина поддается большим деформациям, которые почти полностью обратимы [5]. Кроме того, резина характеризуется высоким сопротивлением разрыву и истиранию, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами, небольшой плотностью, малой сжимаемостью, низкой теплопроводностью.

Резина как конструкционный материал в ряде своих свойств существенно отлична от металлов и других материалов. Отличительными особенностями резины являются: способность к перенесению под действием внешней нагрузки значительных деформаций без разрушения; малые величины модулей при сдвиге, растяжении и сжатии; большое влияние длительности действия приложенной нагрузки и температурного фактора на зависимость напряжение – деформация; практически постоянный объем при деформации; почти полная обратимость деформации; значительные механические потери при циклических деформациях.

Однако резины обладают низкой абразивной стойкостью, низким температурным диапазоном эксплуатации, невысоким модулем упругости и небольшой твердостью по сравнению с другими материалами [6].

Полиуретаны наиболее универсальные материалы, доступные в практическом использовании.

Изделия из полиуретанов до 50 раз долговечнее резин, пластиков, в некоторых применениях – цветных и черных металлов. Эта долговечность часто означает, что полиуретановые детали могут быть сделаны с меньшим по весу количеством материала, требовать меньших затрат на обслуживание, создавая в итоге значительную экономию средств.

Полиуретан – один из самых жестких (твердость по Шору в диапазоне 30–95 ед.), наиболее абразивностойких эластомеров, не подверженных разлому под нагрузками [7]. Обладает высокой прочностью на разрыв и сопротивлением распространения надрезов, устойчивостью к воздействию рубящих ударов. Изделия из полиуретанов сохраняют форму и механические свойства после приложения циклических нагрузок.

Изделия из полиуретанов хорошо противостоят многократным изгибам без разрушения.

Температурный диапазон эксплуатации изделий от –50 до +80 °С, кратковременно до +100 °С. Полиуретаны остаются гибкими при очень низких температурах и обладают хорошим сопротивлением тепловому удару.

Полиуретан имеет высокую допустимую нагрузку на сдвиг, хорошую адгезию к большинству материалов, хорошую химическую стойкость к маслам, нефти, органическим растворителям.

Использование полиуретанов позволяет уменьшить вес изделия до 50 %, снизить уровень вибраций и системного шума работающих механизмов в сравнении с металлами [8].

2. Испытание полиуретана на изнашивание. Для того чтобы определить, сможет ли полиуретан работать в качестве футеровочно-

го материала для приводного барабана ленточного конвейера, были проведены испытания с целью определения его механических и фрикционных свойств.

Суть испытаний заключается в определении коэффициента трения исследуемого материала по контртелу из стали, а также из-

носа при различных режимах нагружения и скоростных режимах.

Для испытаний использовалась машина трения СМТ-1 [9].

На рис. 1 представлена схема испытания.

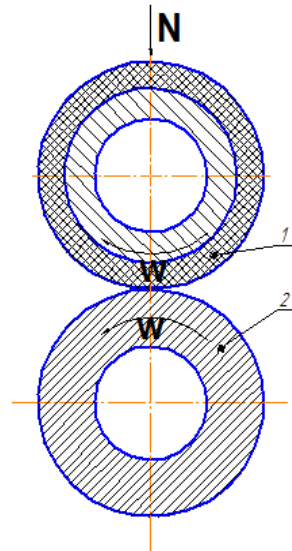


Рис. 1. Схема проведения триботехнических испытаний:

1 – ролик полиуретановый; 2 – ролик (сталь 45)

Fig. 1. Arrangement of the tribological technical tests:

1 – polyurethane roller; 2 – Steel 45 roller

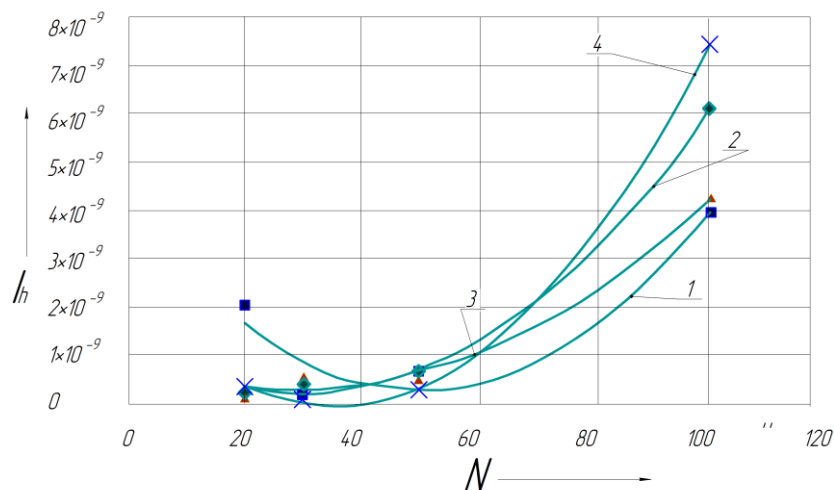


Рис. 2. График зависимости интенсивности изнашивания ПУ-60 от нагрузки при качении по стали:

1 – 1,25 м/с; 2 – 0,4 м/с; 3 – 0,7 м/с; 4 – 1 м/с

Fig. 2. The plot of PU-60 polyurethane wear rate as function of load when rolling on steel:

1 – 1.25 m/s; 2 – 0.4 m/s; 3 – 0.7 m/s; 4 – 1 m/s

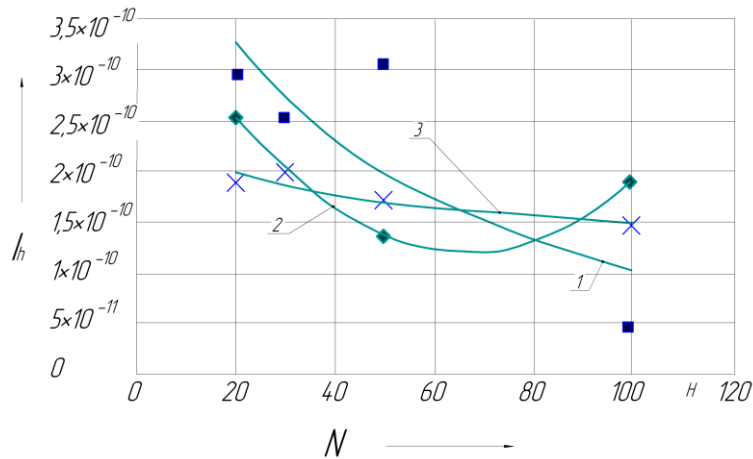


Рис. 3. График зависимости интенсивности изнашивания ПУ-80 от нагрузки при качении по стали:  
1 – 0,25 м/с; 2 – 0,4 м/с; 3 – 1 м/с

Fig. 3. The plot of PU-80 polyurethane wear rate as function of load when rolling on steel:  
1 – 0.25m/s; 2 – 0.4 m/s; 3 – 1 m/s

Испытания проводились на образцах из полиуретана ПУ-60 и ПУ-80 размером:  $D_{\text{внутр}} = 16$  мм;  $D_{\text{наружн}} = 40$  мм;  $h = 10$  мм, представляющих собой стальной ролик, на который нанесен исследуемый материал.

В качестве контртела использовался ролик из стали 45 диаметром 40 мм.

Испытания проводились при скоростях – 0,25, 0,4, 0,7, 1 м/с и нагрузках 20, 30, 50, 100 Н для каждой скорости.

После проведения испытаний была получена разница масс образцов до испытания и после него.

Линейная интенсивность изнашивания определялась как

$$I_h = \frac{\Delta m}{\rho AS}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – разница масс до и после проведения испытания, кг;

$\rho$  – плотность исследуемого материала (1715,74 кг/м<sup>3</sup>);

$A$  – площадь поверхности трения, м<sup>2</sup>;

$S$  – величина пути скольжения, м.

3. Влияние режимов нагружения на трение и изнашивание полиуретанов.

Из графика (рис. 2) видно, что с увеличением нагрузки увеличивается прочность адгезионных соединений между стальным и полиуретановым роликами. При трении ма-

териалы повреждаются вследствие усталостного разрушения поверхностных слоев [10]. Разрушение происходит путем отрыва, что обусловлено постепенным разрушением цепей макромолекул под действием не критических нагрузок.

В связи с тем что скорость увеличивается, увеличивается температура на пятнах контакта, что приводит к увеличению прочности образовавшихся адгезионных соединений. Это объясняет большую интенсивность изнашивания при большей скорости.

Из графика (рис. 3) видно, что на кривых 1 и 3 интенсивность изнашивания снижается. Это связано с тем, что при увеличении нагрузки наблюдается смещение внутренних слоев полиуретана. Образуются внутренние упругие деформации [11], которые не выходят на поверхность, что приводит к постепенному снижению интенсивности изнашивания.

Кривая 1 (рис. 3) снижается под большим углом в связи с тем, что температурное воздействие влияет в меньшей степени.

На кривой 2 (рис. 3) зависимость интенсивности изнашивания от нагрузки представляет собой кривую с минимумом. Снижение интенсивности изнашивания, как и на кривых 1 и 3, обусловлено смещением внут-

ренных слоев. Увеличение интенсивности изнашивания связано с увеличением температуры в зоне контакта.

Для выбора полиуретана, подходящего для облицовки приводного барабана, необходимо сравнить триботехнические характеристики исследуемых полиуретанов.

Из диаграммы (рис. 4) видно, что самая маленькая интенсивность изнашивания у самого твердого полиуретана ПУ-80. Это связано с тем, что в твердом полиуретане более прочные молекулярные связи, которые не позволяют разрушаться при высоких скоростях и нагрузках.

4. Определение коэффициента трения покоя полиуретана. Работа ленточного конвейера основана на передаче тяговой силы трением. Тяговым органом ленточных конвейеров является лента, которая одновремен-

но является грузонесущим органом. По всей длине лента поддерживается стационарными роликами. Тяговая сила за счёт сцепления ленты с барабаном передается на ленту приводным барабаном, вращение которого осуществляется электродвигателем через редуктор [12, 13]. Натяжное устройство обеспечивает натяжение ленты, крайне важное для сцепления ленты с барабаном, избежания скольжения ленты на приводных барабанах и ограничения провеса между роликоопорами.

Перемещение ленты по поверхности приводного барабана должно происходить при коэффициенте трения покоя. Это условие необходимо для того, чтобы изнашивание конвейерной ленты было минимальным. Для определения оптимального коэффициента трения покоя проводились испытания, результаты которых приведены в табл. 1 [14].

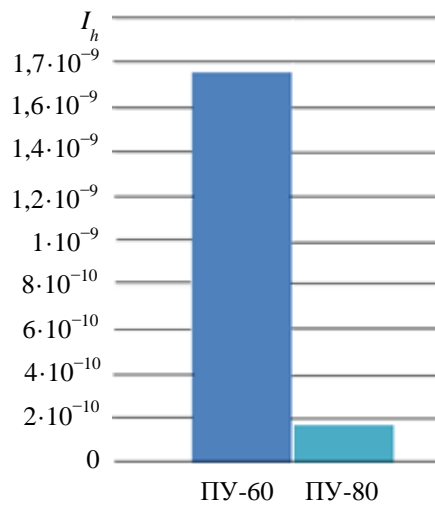


Рис. 4. Диаграмма зависимости интенсивности изнашивания от твердости полиуретана

Fig. 4. The plot of wear rate as function of the polyurethane hardness

Таблица 1

Данные испытаний по определению коэффициента трения покоя

Data of tests for measuring static friction coefficient

Марка полиуретана	Коэффициент трения покоя
ПУ-60	1,04
ПУ-80	0,67

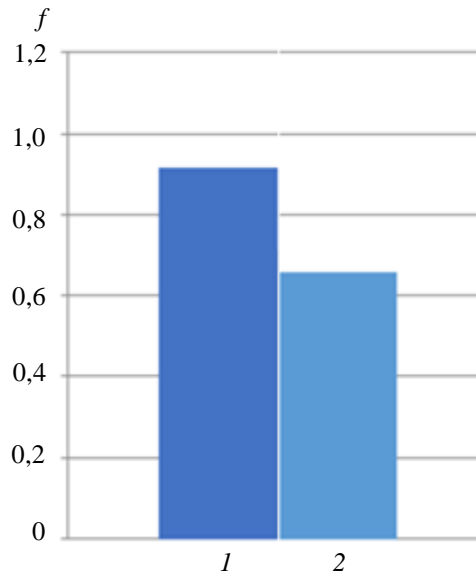


Рис. 5. Гистограмма коэффициента трения покоя полиуретанов:  
1 – ПУ-60; 2 – ПУ-80

Fig. 5. The bar chart of static friction coefficient for the polyurethane grades:  
1 – PU-60; 2 – PU-80

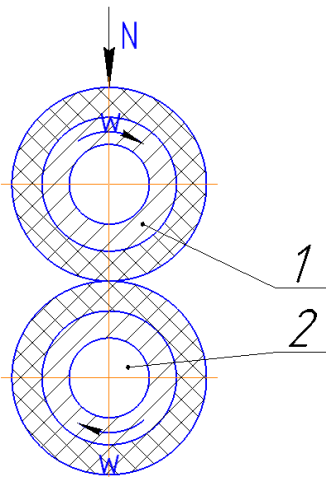


Рис. 6. Схема проведения триботехнических испытаний:  
1 – ролик резиновый; 2 – ролик из конвейерной ленты

Fig. 6. Arrangement of the tribological technical tests:  
1 – rubber roller; 2 – conveyor belt roller

Таблица 2

Технические параметры резины  
Rubber performance indicators

Марка резиновой смеси	Технические параметры	
	Температурный интервал работоспособности, °С	Твердость по Шору, А
ИРП-1347	от -50 до 80	47...57
REMAGRIP	от -30 до 80	63 ± 5

Гистограмма коэффициента трения покоя полиуретанов (рис. 5) показывает, что исследуемые полиуретаны обладают необходимым значением коэффициентом трения покоя для использования их в качестве футеровочного материала для приводного барабана. Коэффициент трения покоя ПУ-80 [15] является достаточным для использования данного материала в облицовке приводного барабана.

Отсюда можно сделать вывод, что оптимальный материал для облицовки приводного барабана ленточного конвейера – это ПУ-80. Данный полиуретан прочный. Обладает высокой твердостью и износостойкостью.

5. Испытание резины на изнашивание. Испытания для резины проводились на образцах из исследуемого материала размером:  $D_{\text{внутр}} = 16$  мм;  $D_{\text{наружн}} = 40$  мм;  $h = 10$  мм, представляющих собой ролик (рис. 6).

В качестве исследуемого образца применялись резины марок, представленных в табл. 2 [8, 16].

В качестве контртела использовался ролик из конвейерной ленты диаметром 40 мм.

Испытания проводились 3 раза при скорости 1 м/с. Прикладываемые нагрузки – 20; 30; 50 Н. После проведения испытаний находилось среднее арифметическое всех значений интенсивности изнашивания и строились сравнительные графики.

6. Влияние режимов нагружения на трение и изнашивание резины

Из рис. 7 видно, что интенсивность изнашивания возрастает с повышением нагрузки. Это обусловлено влиянием двух факторов [17]:

– увеличиваются контактные деформации поверхностного слоя резины и, вследствие этого возрастает вероятность усталостного разрушения этого слоя;

– увеличивается площадь контакта сопрягаемых деталей и образуется большее число адгезионных связей, сопровождающихся ростом коэффициента трения. В итоге более интенсивно протекает адгезионное изнашивание резины.

По мере увеличения скорости температура в контакте увеличивается, что способствует росту вклада обоих видов изнашивания.

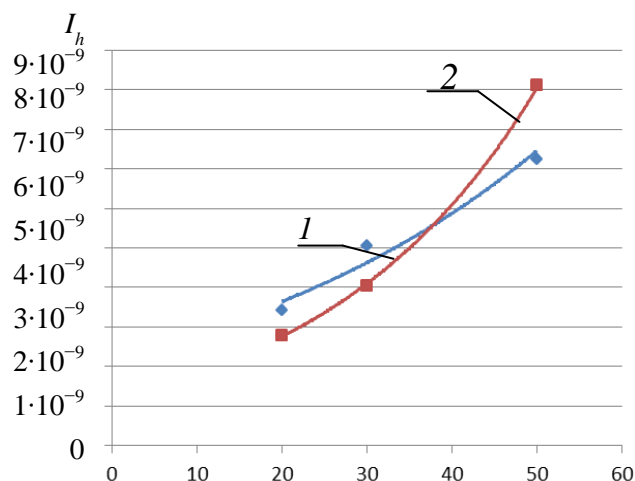


Рис. 7. График зависимости интенсивности изнашивания резины от нагрузки при скорости 1 м/с:  
1 – ИРП-1347; 2 – резина «REAGRIP»

Fig. 7. The plot of the rubber grade wear rate as function of load at a speed of 1 m/s:  
1 – IRP-1347 rubber; 2 – "REAGRIP" rubber



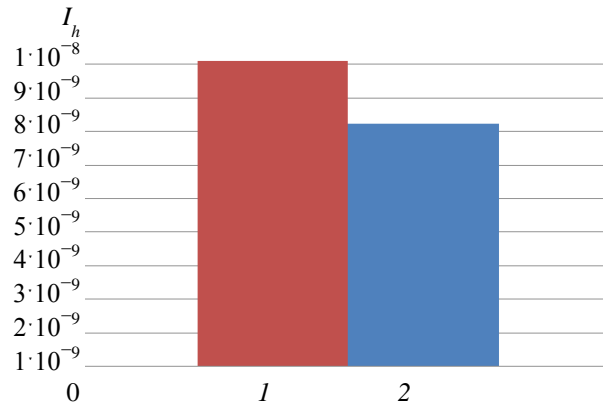


Рис. 8. Диаграмма зависимости интенсивности изнашивания от твердости резины:  
1 – резина «REMAGRIP»; 2 – ИРП-1347

Fig. 8. The plot of wear rate as function of the rubber grade hardness:  
1 – REMAGRIP rubber; 2 – IRP-1347 rubber

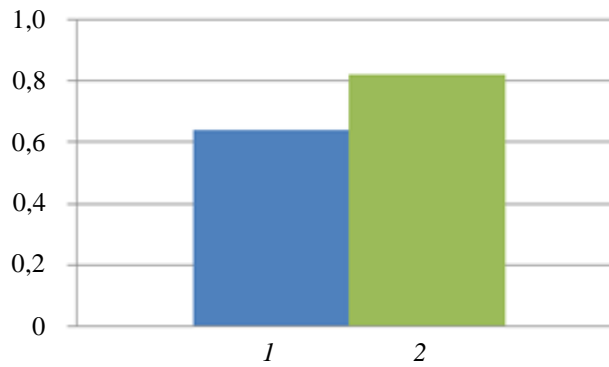


Рис. 9. Гистограмма коэффициента трения покоя резины:  
1 – ИРП-1347; 2 – «REMAGRIP»

Fig. 9. The bar chart of static friction coefficient for the rubber grades:  
1 – IRP-1347; 2 – "REMAGRIP"

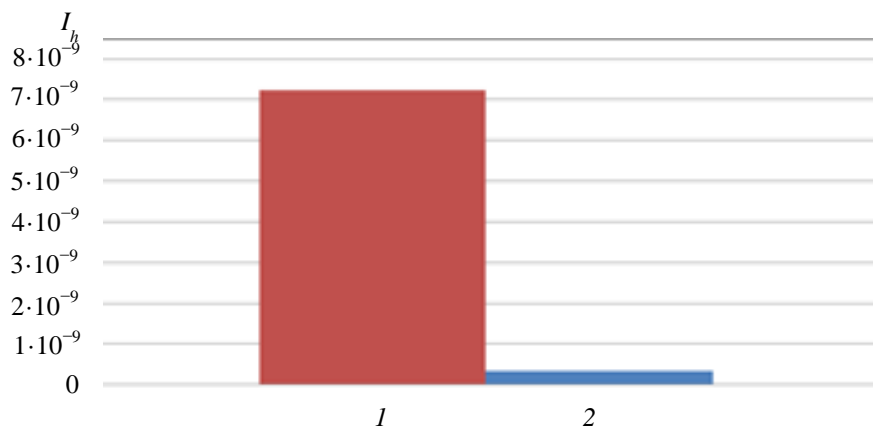


Рис. 10. Диаграмма зависимости интенсивности изнашивания от твердости резины и полиуретана:  
1 – ИРП-1347; 2 – ПУ-80

Fig. 10. The plot of wear rate as function of the rubber hardness and as function of the polyurethane hardness :  
1 – IRP-1347 rubber; 2 – PU-80

Из диаграммы, представленной на рис. 8, видно, что наименьшей интенсивностью изнашивания обладает резина ИРП-1347. Это значит, что данная резина в меньшей степени, по сравнению с резиной «REMAGRIP» поддается изнашиванию, что позволяет ей работать в агрессивных средах.

Гистограмма коэффициента трения покоя резины (рис. 9) показывает, что исследуемые резины обладают необходимым значением коэффициента трения покоя для использования их в качестве футеровочного материала для приводного барабана. Коэффициент трения покоя резины ИРП-1347 является достаточным для использования данного материала при облицовке приводного барабана [18].

7. Сравнение триботехнических характеристик резины и полиуретана. Как показано выше, в меньшей степени поддаются изнашиванию полиуретан ПУ-80 и резина ИРП-1347, применяемые для облицовки приводного барабана ленточного конвейера.

На диаграмме (рис. 10) видно, что наименьшим значением интенсивности изнашивания обладает полиуретан. Это связано с наибольшей стойкостью к увеличению температуры и увеличению нагрузки. ПУ-80 может работать при нагрузке выше 50 Н, а резина ИРП-1347 при нагрузке выше 50 Н начинает скатываться.

Если сравнить коэффициент трения покоя исследуемых материалов, видно, что ПУ-80 обладает наименьшим коэффициентом трения покоя.

### Библиографический список

1. Альховик М. В. Смесевые композиции с использованием вторичного полиуретана / М. В. Альховик, О. М. Касперович, А. Ф. Петрушеня // Обезвреживание, утилизация и переработка промышленных отходов. 2017. С. 14-16.
2. Sutkowsky W. W. Thennogravimetric study of rubber-waste polyurethane composites / W. W. Sutkowsky, A. J. Danch // Therm. Anal. and Calorim. 2004, vol. 78, iss. 3, pp. 905-921.
3. Катрюк И. С. Машины непрерывного транспорта. Конструкции, проектирование и эксплуатация: учеб. пособие / И. С. Катрюк, Е. В. Мусияченко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. 266 с.
4. Czuprynski M. Elastomery poliuretanowe napelniane granulatem gumowy / M. Czuprynski // Polimery, 2004, vol. 49, no. 92, pp. 110-113.

Таким образом, наилучшим материалом для облицовки приводного барабана является ПУ-80.

Применение в качестве материала покрытий полиуретанов позволяет увеличить максимальную нагрузку на изделие до 4 раз, и устойчивость к воздействию абразивного износа до 10 раз по сравнению с резиной. Полиуретаны являются одним из наиболее стойких к абразивному износу материалов [19, 20].

### Заключение

1. Максимальная износостойкость из всех испытанных полиуретанов характерна для полиуретана марки ПУ-80, обладающего наиболее высокой твердостью, что обеспечивает минимальные контактные деформации. Также данный материал обладает необходимым коэффициентом трения покоя.

2. Максимальная износостойкость из всех испытанных резин характерна для резины марки ИРП-1347.

3. Наилучшим материалом для облицовки приводного барабана ленточного конвейера является ПУ-80, так как данный материал обладает наименьшей интенсивностью изнашивания в сравнении с резиной, а также наименьшим коэффициентом трения покоя. Таким образом, ПУ-80 наиболее подходящий материал, что и позволяет рекомендовать его к использованию при облицовке приводного барабана.

5. Гаджиева Р. Ш. Проблемы и решения технологической совместимости полимерных смесей полиамида, полиуретана и акрилонитрил-бутадиен-стирольного сополимера / Р. Ш. Гаджиева, Н.Т. Кахраманов, А.М. Гулиев // *Азербайджанский химический журнал*. 2013. № 4. С. 80-86.
6. Giles C. H. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm / C. H. Giles, D. Smith, A. Huitson // *J. Colloid Interface Sci.*, 1974, vol. 47(3), p. 755.
7. Pat. USA 12/994692 (2013).
8. Резины для изделий, работающих в жидких агрессивных средах. Технические требования: ГОСТ 071–76. Введ. 01.01.80. М: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам: Государственный стандарт союза ССР, 1976. 12 с.
9. Кузьмина А. С. Композиционные материалы из отходов резины и полиуретановых связующих/ А. С. Кузьмина, В. М. Балакин, Ю. И. Литвинец / 1 Пленарные доклады и тезисы докладов 11 Международной конференции студентов и аспирантов «Синтез, исследование свойств, модификация и переработка ВМС». Казань, 24-25 мая, 2005. С. 224.
10. Potentially improved and toughened polymeric products from fine metal powder – filled castor oil-based polyurethanes / Srivastava Anil, Singh Paramjit // 38<sup>th</sup> Macromolecular IUPAC Symposium, Warsaw, 9-14 July, 2000: Book Abstr., vol. 3, Warsaw, 2000, p. 1200.
11. Голованова К. В. Синтез и физико-химические свойства водных полиуретановых дисперсий / К. В. Голованова [и др.] // *Вестник технологического университета*. 2017. Т 20. № 13. С. 18-22.
12. Ягнятинская Е. А. Технология изготовления, свойства и особенности применения резин с волокнистыми наполнителями в РТИ / Е. А. Ягнятинская, Б. Б. Гольдберг, В. В. Леонов и др. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1979. 54 с.
13. Kim, В.К. Polym. Sei 54. 12 / В.К. Kim, Y.M. Lee, J. Appl., 1994, pp. 1809-1815.
14. Levchenko N. I. Partnership of Polymers / N. I. Levchenko, S. A. Sukhorukova, T. V. Travinskaya // Churchill College, Univ. of Cambridge, 1996, pp. 195-200.
15. Кожевникова И. В. Полиуретановые композиции, содержащие отходы осушителей на основе минеральных оксидов: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06 / И. В. Кожевникова. Казань, 2015. 178 с.
16. LNK COMPANY [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.lnkcom.ru/catalog/protective\\_coatings/lining\\_materials/lining\\_and\\_coating\\_of\\_driving\\_dr/remagrip\\_lining\\_tip\\_top/](http://www.lnkcom.ru/catalog/protective_coatings/lining_materials/lining_and_coating_of_driving_dr/remagrip_lining_tip_top/). Дата доступа 07.11.2017.
17. Synthesis of polyether-based polyurethane-silica nanocomposites with high elongation property / Lee Sung-II, Hahn Yoon Bong, Nahm Kee Suk, Lee Youn-Sik // *Polym. Adv. Technol.*, 2005, vol. 16, no. 4, pp. 328-331.
18. Varghese S. Morphology and mechanical properties of layered silicate reinforced natural and polyurethane rubber blends produced by latex compounding / S. Varghese, IC0 Gatos., A.A. Apostolov, J. Karger-Kocsis // *J. Appl. Polym. Sci.*, 2004, vol. 92, no. 21, pp. 543-551.
19. ПК Полимер [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://polimer-ug.com/>. Дата доступа 30.10.2017.
20. Иванов Е. И. Полиуретановые лакокрасочные покрытия Stelpant для защиты от коррозии на предприятиях металлургии / Е. И. Иванов, А. Е. Иванова // *Технология колесных и гусеничных машин*. 2013. № 3(7). С. 34-40.

## References

1. Alkhovik M. V. Mixture compositions containing secondary polyurethane. In: Alkhovik M. V., Kasperovich O. M., Petrushenya A. F. Disposal, recycling and processing of industrial waste. 2017, pp. 14-16 (in Russ.).
2. Sutkowsky W. W. Thennogravimetric study of rubber-waste polyurethane composites / W. W. Sutkowsky, A. J. Danch // *Therm. Anal. and Calorim.* 2004, vol. 78, iss. 3, pp. 905-921.
3. Katryuk I. S. Stream-flow transportation facilities. Designs, engineering, and operation. Textbook: Katryuk I. S., Musiyachenko E. V., Krasnoyarsk: KSTU Publ., 2006, 266 p. (in Russ.).
4. Czuprynski M. Elastomery poliuretanowe napelniane granulatem gumowy / M. Czuprynski // *Polimery*. 2004, vol. 49, no. 92, pp. 110-113.
5. Gadzhieva R. Sh. Problems and solutions of technological compatibility of polymer mixtures of polyamide, polyurethane and acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer / Gadzhieva R. Sh., Kahramanov N. T., Guliyev A. M. *Azerbaijan Chemical Journal*, 2013, no. 4, pp. 80-86 (in Russ.).
6. Giles C. H. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm / C. H. Giles, D. Smith, A. Huitson // *J. Colloid Interface Sci.*, 1974, vol. 47(3), p. 755.
7. Pat. USA 12/994692 (2013).

8. Vulcanized rubbers for articles working in liquid corrosive media. Technical requirements. GOST 071-76. Enacted as of 01/01/80. Moscow: USSR State Committee for Product Quality Management and Standards. State Standard of the USSR, 1976, 12 p. (in Russ.).
9. Kuzmina A. S. Composite materials made of waste rubber and polyurethane binders. / Kuzmina A. S., Balakin V. M., Litvinets Yu. I. / Plenary papers and abstracts of the 11<sup>th</sup> International Conference of undergraduate and graduate students "Synthesis, study of properties, modification, and processing of high-molecular-weight compound". Kazan, May 24-25, 2005, p. 224 (in Russ.).
10. Potentially improved and toughened polymeric products from fine metal powder – filled castor oil-based polyurethanes / Srivastava Anil, Singh Paramjit // 38<sup>th</sup> Macromolecular IUPAC Symposium, Warsaw, 9-14 July, 2000: Book Abstr., vol. 3, Warsaw, 2000, p. 1200.
11. Golovanova K. V. Synthesis and physicochemical properties of aqueous polyurethane dispersions. / Golovanova K. V. [et al.]. Bulletin of the Technological University, 2017, v. 20, no. 13, pp. 18-22 (in Russ.).
12. Yagnyatinskaya E. Ya. Manufacturing technique, properties and features of use of rubber with fibrous fillers in industrial rubber goods./ Yagnyatinskaya E. Ya., Goldberg B. B., Leonov V. V. et al. M., TsNIITeneftekhim Publ., 1979, 54 p. (in Russ.).
13. Kim, B.K. Polym. Sei 54. 12 / B.K. Kim, Y.M. Lee, J. Appl. 1994. Pp. 1809-1815.
14. Levchenko N. I. Partnership of Polymers / N. I. Levchenko, S. A. Sukhorukova, T. V. Travinskaya // Churchill College, Univ. of Cambridge, 1996, pp. 195-200.
15. Kozhevnikova I. V. Polyurethane blend compounds containing waste dehumidifiers based on mineral oxides. Cand.Sci. (05.17.06 Engineering) Dissertation. Kazan, 2015, 178 p. (in Russ.).
16. LNK COMPANY [Electronic source]. Available at: [http://www.lnkcom.ru/catalog/protective\\_coatings/lining\\_materials/lining\\_and\\_coating\\_of\\_driving\\_dr/remagrip\\_lining\\_tip\\_top\\_/](http://www.lnkcom.ru/catalog/protective_coatings/lining_materials/lining_and_coating_of_driving_dr/remagrip_lining_tip_top_/). (acc. 07.11.2017).
17. Synthesis of polyether-based polyurethane-silica nanocomposites with high elongation property / Lee Sung-Il, Hahn Yoon Bong, Nahm Kee Suk, Lee Youn-Sik // Polym. Adv. Technol., 2005, Vol. 16, no. 4, pp. 328-331.
18. Varghese S. Morphology and mechanical properties of layered silicate reinforced natural and polyurethane rubber blends produced by latex compounding / S. Varghese, IC0 Gatos., A.A. Apostolov, J. Karger-Kocsis // J. Appl. Polym. Sci. 2004, vol. 92, Nno. 21, pp. 543-551.
19. PC Polymer [Electronic source]. Access mode: <http://polimer-ug.com> (acc. 30.10.2017).
20. Ivanov E. I. Stelpant polyurethane lacquer coatings for corrosion protection in metallurgy. / Ivanov E. I., Ivanova A. E. Technology of wheeled and tracked vehicles, 2013, no. 3 (7), pp. 34-40 (in Russ.).

### Информация об авторах

**Гридюшко Д. В.** – начальник опытно-экспериментального цеха (аспирант Гродненского государственного университета им. Я. Купалы), Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск, Минская область, Республика Беларусь.

**Брижевич А. В.** – заместитель начальника опытно-экспериментального цеха (аспирант Гродненского государственного университета им. Я. Купалы), Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск, Минская область, Республика Беларусь.

**Пискун Е. В.** – инженер по научно-технической информации (аспирантка Белорусского государственного университета транспорта), Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск, Минская область, Республика Беларусь, [onti@sipr.by](mailto:onti@sipr.by).

### Information about the Authors

**D. V. Hrydziushka** – Head of Experimental Shop (post-graduate student of Grodno State University named after Y. Kupala); Joint Stock Company «Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production»; Soligorsk, Minsk region, the Republic of Belarus.

**A. V. Bryzhevich** – Deputy Head of Experimental Workshop (post-graduate student of Grodno State University named after Y. Kupala), Joint Stock Company «Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production»; Soligorsk, Minsk region, the Republic of Belarus.

**E. V. Piskun** – Engineer of Scientific and Technical Information (post-graduate student of Belarusian State University of Transport), Joint Stock Company «Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production»; Soligorsk, Minsk region, the Republic of Belarus, [onti@sipr.by](mailto:onti@sipr.by).