

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Ш Ы С Ы

---

---

## ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА  
PUBLISHED SINCE 1944

4

---

---

АЛМАТЫ  
АЛМАТЫ  
ALMATY

2016

ШІЛДЕ  
ИЮЛЬ  
JULY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

**М. Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і:

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

**М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

**M. Zh. Zhurinov**,  
academician of NAS RK

Editorial board:

**N.A. Aitkhozhina**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

**E.P. Velikhov**, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

**Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

**ISSN 1991-3494**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 1991-3494

Volume 4, Number 362 (2016), 123 – 130

## DETERMINATION OF LOAD ON BEARING OF ROLLERS OF BELT CONVEYOR

O. T. Temirtasov<sup>1</sup>, E. Shayakhmetov<sup>2</sup>, S. L. Leonov<sup>3</sup>, T. M. Mendebaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shakarim State University of Semey, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,

<sup>3</sup>Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia.

E-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru

**Key words:** bearing, load on bearing, roller, roller carriage, belt conveyor.

**Abstract.** The aim of the work is the determination of load on rollers of belt conveyor, and further the establishment of a technique for the determination of maximum load, after which a jammed moment begins in roller bearings. The jammed moment is the result of misalignment of the bearing rings and one of the negative factors affecting the operability and durability of the bearing. Of course, a one-time appearance of the jammed moment does not lead to a momentary failure of the bearing. However it cannot be monotonous, uniform operation of the product without peak of critical loads and multiple repetitive jammed moments can lead to jamming and therefore to the destruction of the bearing.

The field of application of the results obtained by the authors is the improvement of methodology for determining the loads on the bearings and determination of the maximum load on the rollers. The results of this work can be used in the study of various kinds of belt and roller conveyors to increase the reliability and durability of its components.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА ПОДШИПНИКИ РОЛИКОВ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

О. Т. Темиртасов<sup>1</sup>, Е. Шаяхметов<sup>2</sup>, С. Л. Леонов<sup>3</sup>, Т. М. Мендебасев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный университет им. Шакарима г. Семей, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный технический исследовательский университет им. К. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

**Ключевые слова:** подшипник, нагрузка на подшипник, ролик, роlikоопора, ленточный конвейер.

**Аннотация.** Целью работы является определение нагрузки на ролики ленточного конвейера, и далее создание методики для определения максимальной нагрузки после которой в подшипниках ролика начинается защемляющий момент. Защемляющий момент, является следствием перекоса колец подшипника и является одним из негативных факторов, влияющих на работоспособность и долговечность подшипника. Конечно, одновременное появление защемляющего момента не приведет к моментальному разрушению подшипника, но известно, что невозможна монотонная, равномерная эксплуатация изделия без пиковых критических нагрузок и множественные повторяющиеся защемляющие моменты могут привести к заклиниванию и вследствие этого к разрушению подшипника.

Областью применения результатов полученных авторами является совершенствование методики определения нагрузок на подшипники и определения максимальной нагрузки на ролики. Результаты работы могут быть использованы при исследовании различного рода ленточных и роlikовых конвейеров для повышения надежности и долговечности его узлов.

**Введение.** Восточный Казахстан известен своими горнодобывающими и перерабатывающими предприятиями, которые используют такой высокопроизводительный транспорт как ленточные конвейеры. Они используются на таких предприятиях как АО «Цементный завод Семей», ТОО КазахЦемент, АО «Бухтарминская цементная компания, ТОО Восток цветмет (Орловский ПК) и др. В последнее время очень сильно возросла необходимая длина транспортирования ленточными конвейерами (достигая порой длины несколько километров), они стали более сложными, возросло количество транспортируемого груза в единицу времени, существенно ужесточились стандарты экологичности и безопасности труда. В связи с этим и существенно возросли требования к составляющим элементам ленточных конвейеров (это опорные ролики, роlikоопоры, конвейерной ленте, приводной станции), особенно в добывающей и горнорудной промышленности большие нагрузки приходятся на роlikоопоры и ролики узлов загрузки. К роlikоопорам предъявляют высокие требования. Они должны быть недорогими, надежными; у них должно быть минимальное сопротивление вращению, они должны обеспечивать центрирование ленты; задавать ленте необходимую желобчатость и благоприятные условия работы. Следовательно, повышение надежности и долговечности роlikоопор конвейерных установок является важной задачей.

**Методика исследования.** В статье ставится задача, определить нагрузки на подшипники роlikов ленточного конвейера, составить алгоритм расчета максимальной нагрузки, после которой начинается защемляющий момент в них. Расчет будет производиться конкретно на примере трех-роlikового ленточного конвейера, транспортируемый материал известняк, за основу взяты конвейеры цементных заводов которые, как правило, занимаются транспортировкой известняка.

В качестве примера используем конвейер АО «Цементный завод Семей», его характеристики:

- транспортируемый материал – известняк;
- производительность до  $Q = 800$  т/ч;
- ширина ленты  $B = 1400$  мм;
- скорость конвейера  $V = 2$  м/с;
- диаметр ролика конвейера 159 мм.

Нагрузки на подшипники роlikов можно разделить на нагрузки от веса груза, ленты и частей роlikов и нагрузки в роliках появляющиеся в результате погрешности изготовления и сборки (это отклонения от соосности, перекосов при установке подшипников, неточности сборки). Можно

сделать вывод, что во многом нагрузка на подшипники опоры зависит от физико-механических параметров транспортируемого груза, характера его распределения на ленте, положения ролика в опоре и др. факторов (рисунок 1).

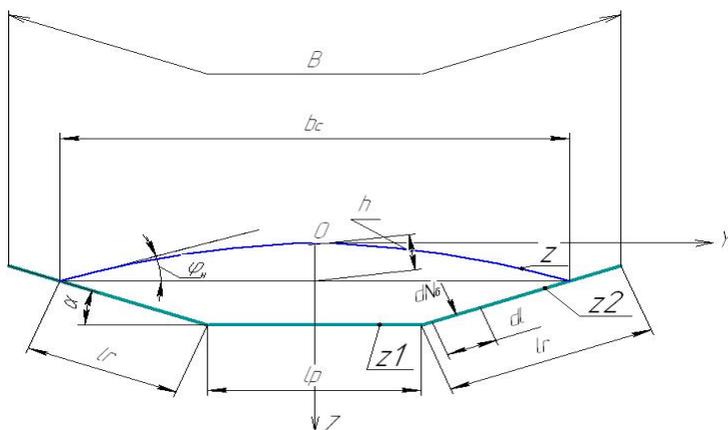


Рисунок 1 – Схема поперечного сечения груза на ленте конвейера

Из источников [1-3] видно, что физико-химические свойства транспортируемого материала различаются, это вызвано тем, что свойства известняка зависят от многих факторов: месторождения, размера частиц, плотности, влажности и т.д. Поэтому для расчетов выбираем самые экстремальные значения. Одним из основных факторов, влияющих на значение внешней нагрузки, является объемная масса или насыпная плотность  $\rho$  (т/м<sup>3</sup>), для расчета выбираем его максимальное значение  $\rho_{\max} = 2$  т/м<sup>3</sup>.

Считаем нагрузку на горизонтальные и боковые ролики ленточного конвейера:

Давление сыпучего груза на горизонтальный участок ленты можно рассчитать как гидростатическое. Тогда нормальное усилие, приложенное к этому участку равно [4]:

$$N = 2 \cdot l_{on} \cdot \rho \int_0^{0,5l_p} h_0 dy$$

или

$$N = 0,5 \cdot l_{on} \cdot l_p \cdot \rho \left[ 2 \cdot l_r \cdot \sin \alpha + \left( b_c - \frac{l_p^2}{12 \cdot b_c} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi_H \right], \quad (1)$$

где  $l_{on}$  – расстояние между роlikоопорами, для конвейера АО «Цементный завод Семей»;  $l_{on} = 1100$  мм;

$$l_p = K_p \cdot B = 0,39 \cdot 1400 = 546 \text{ мм};$$

$K_p = 0,39$  – коэффициент пропорциональности;  $B = 1400$  мм – ширина ленты конвейера;  $\rho = 2$  т/м<sup>3</sup> – объемная масса или насыпная плотность;

$$l_r = 0,5(K_B \cdot B - l_p); \quad b_c = l_p + 2 \cdot l_r \cdot \cos \alpha;$$

где  $K_B$  – коэффициент использования ширины ленты так как

$$l_p = K_p \cdot B, \text{ то } l_r = 0,5 \cdot B(K_B - K_p);$$

$$K_B = 0,9 - \frac{0,05}{B} = 0,9 - \frac{0,05}{1,4} = 0,86;$$

$$l_r = 0,5 \cdot 1,4(0,86 - 0,39) = 0,329 \text{ м};$$

$$b_c = l_p + 2 \cdot l_r \cdot \cos \alpha = 0,546 + 2 \cdot 0,329 \cdot \cos 20^\circ = 0,546 + 0,618 = 1,164 \text{ м};$$

$\varphi_n$  – угол насыпки груза или угол естественного откоса в движении на ленте зависит от  $\varphi$  – угла естественного откоса для состояния покоя. Для известняка берем среднее табличное значение  $\varphi = 36^\circ$ , тогда  $\varphi_n = 0,35 \cdot \varphi = 0,35 \cdot 36^\circ = 12^\circ 6'$

$$N = 0,5 \cdot l_{on} \cdot l_p \cdot \rho \left[ 2 \cdot l_r \cdot \sin \alpha + \left( b_c - \frac{l_p^2}{12 \cdot b_c} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi_H \right] = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 0,546 \cdot 2 \times \\ \times \left[ 2 \cdot 0,329 \cdot 0,342 + \left( 1,164 - \frac{0,546^2}{12 \cdot 1,164} \right) \cdot 0,223 \right] = 0,6 [0,225 + 0,255] = 0,29 = 290 \text{кзс}$$

На каждый из боковых наклонных участков ленты длиной  $l_{on}$  усилие будет

$$N_{\sigma} = 0,5 \cdot l_{on} \cdot l_r^2 \cdot \rho \left( 1 + \xi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \right) \left[ \operatorname{tg} \alpha + \left( 1 - \frac{l_r}{3 \cdot b_c} \cos \alpha \right) \operatorname{tg} \varphi_H \right] \cdot \cos^3 \alpha \quad (2)$$

где  $\xi$  – коэффициент бокового давления;  $\xi = m = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \approx \frac{0,18}{f}$

$f$  – коэффициент внутреннего трения, принимаем его по табличным данным  $f = 0,9$ , тогда  $\xi \approx \frac{0,18}{0,9} \approx 0,2$

$$N_{\sigma} = 0,5 \cdot l_{on} \cdot l_r^2 \cdot \rho \left( 1 + \xi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \right) \left[ \operatorname{tg} \alpha + \left( 1 - \frac{l_r}{3 \cdot b_c} \cos \alpha \right) \operatorname{tg} \varphi_H \right] \cdot \cos^3 \alpha = \\ = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 0,329^2 \cdot 2 \cdot (1 + 0,2 \cdot 0,132) \left[ 0,364 + \left( 1 - \frac{0,329}{3 \cdot 1,164} \cdot 0,94 \right) \cdot 0,223 \right] \cdot 0,83 = \\ = 0,12 \cdot 1,02 [0,567] \cdot 0,83 = 0,0576 = 57,6 \text{кзс}$$

Сила, сдвигающая ленту в поперечном направлении и перпендикулярная вектору ее скорости (т.е. осевая нагрузка на подшипники) равна:

$$F_{\tau} = 0,5(N + 0,4 \cdot q_l \cdot l_{on}) (f_l \cdot \cos \theta - w_p \cdot \sin \theta), \quad (3)$$

$$F_{\tau_B} = 0,5(N_B + 0,3 \cdot q_l \cdot l_{on}) (f_l \cdot \cos \theta - w_p \cdot \sin \theta) + G_p \sin \alpha, \quad (4)$$

где  $N$ ,  $N_B$  – сила давления на соответствующий ролик;  $f_l$  – коэффициент трения ленты о ролик, для приближенных расчетов  $f_l = 0,3$ ;  $W_p$  – коэффициент сопротивления вращения ролика, согласно [5]  $W_p = 0,05$ ;  $\theta$  – угол перекоса горизонтального ролика опоры в горизонтальной плоскости;  $\theta_{доп} = 0^{\circ}8'$  [Л6];  $K_{\Sigma}$  – коэффициент эквивалентности, учитывающий изменение нагрузки на ленту в процессе работы конвейера,  $K_{\Sigma} = 1$ ;  $G_p$  – вес вращающихся частей ролика, вес вращающихся частей роликсопоры равен 49,8 кг разделив его на число роликов получаем вес вращающихся частей ролика  $G_p = 49,8/3 = 16,6$ кг [2];  $q_l$  – максимальный погонный вес ленты;  $q_l = mBg = 37 \cdot 1,4 \cdot 9,8 = 507,64$  Нм  $\approx 50,76$  кгс/м; где  $m$  – масса 1 м<sup>2</sup> ленты [2]

$$F_{\tau} = 0,5(N + 0,4 \cdot q_l \cdot l_{on}) \cdot (f_l \cdot \cos \theta - w_p \cdot \sin \theta) = 0,5 \cdot (290 + 0,4 \cdot 50,76 \cdot 1,1) \cdot \\ \cdot (0,3 \cdot \cos 0^{\circ}8' - 0,05 \cdot \sin 0^{\circ}8') = \\ = 0,5 \cdot 312,33 \cdot (0,299 - 0,001) = 0,5 \cdot 312,33 \cdot 0,298 = 46,53 \text{кзс}$$

$$F_{\tau_B} = 0,5(N_B + 0,3 \cdot q_l \cdot l_{on}) \cdot (f_l \cdot \cos \theta - w_p \cdot \sin \theta) + G_p \sin \alpha = \\ = 0,5(57,6 + 0,3 \cdot 50,76 \cdot 1,1) \cdot (0,3 \cdot \cos 0^{\circ}8' - 0,05 \sin 0^{\circ}8') + 16,6 \cdot \sin 20^{\circ} = \\ = 0,5(74,35) \cdot (0,299 - 0,001) + 5,677 = 16,75 \text{кзс}$$

Согласно расчетной схеме (рисунок 2) радиальная нагрузка на подшипники горизонтального и нижний подшипник бокового ролика равны:

$$F = 0,5(K_{\text{э}} \cdot N + 0,4 \cdot q_{\text{л}} \cdot l_{\text{он}} + G_{\text{р}}), \quad (5)$$

$$F_{\text{Б.Н.}} = 0,67 \cdot K_{\text{э}} N_{\text{Б}} + 0,5 \cdot (0,3 \cdot q_{\text{л}} \cdot l_{\text{он}} + G_{\text{р}} \cdot \cos \alpha), \quad (6)$$

где  $K_{\text{э}}$  – коэффициент эквивалентности, учитывающий изменение нагрузки на ленту в процессе работы конвейера,  $K_{\text{э}} = 1$ ;

$$F = 0,5(K_{\text{э}} \cdot N + 0,4 \cdot q_{\text{л}} \cdot l_{\text{он}} + G_{\text{р}}) = 0,5 \cdot (1 \cdot 290 + 0,4 \cdot 50,76 \cdot 1,1 + 16,6) = 164,4 \text{ кгс}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{Б.Н.}} &= 0,67 \cdot K_{\text{э}} N_{\text{Б}} + 0,5 \cdot (0,3 \cdot q_{\text{л}} \cdot l_{\text{он}} + G_{\text{р}} \cdot \cos \alpha) = \\ &= 0,67 \cdot 1 \cdot 57,6 + 0,5 \cdot (0,3 \cdot 50,76 \cdot 1,1 + 16,6 \cdot 0,94) = 38,6 + 16,17 = 54,77 \text{ кгс} \end{aligned}$$

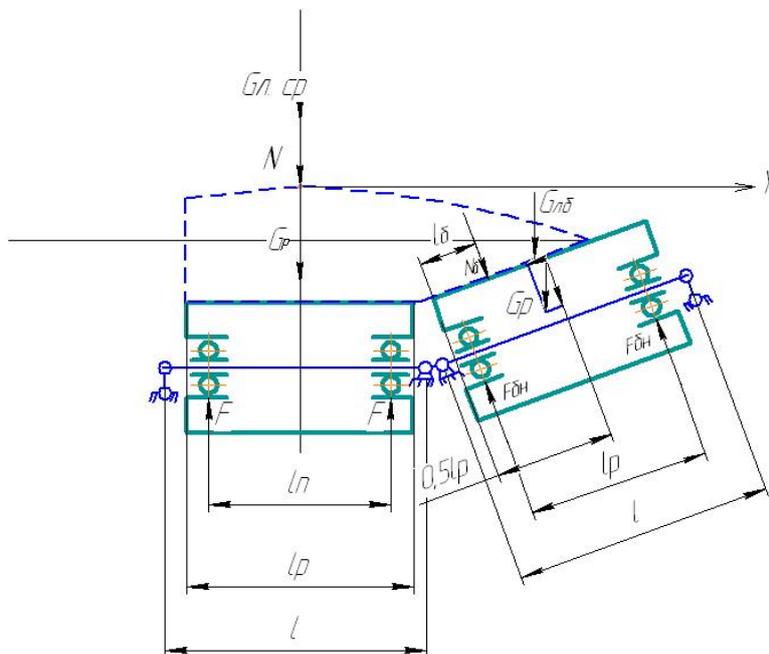


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения радиальных нагрузок на подшипники трехроlikовой опоры

Основываясь на расчетных данных, определяем:

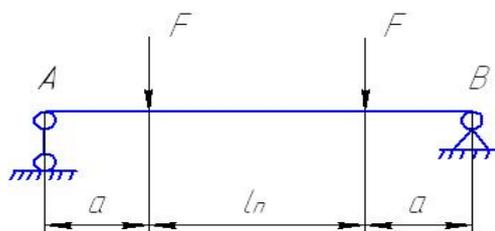
– угол поворота оси под подшипниками для среднего (горизонтального) ролика (рисунок 3)

$$\theta_0 = \frac{F \cdot a \cdot l_{\text{п}}}{2 \cdot E \cdot I_{x_0}}, \quad (7)$$

где  $E = 2,1 \cdot 10^5$  – модуль упругости материала оси;  $L_{\text{п}}$  – расстояние между опорами;

$I_{x_0} = 0,05 \cdot d^4 = 0,05 \cdot 3^4 = 4,05 \text{ см}^4$  – момент инерции оси под подшипником;

Рисунок 3 – Схема распределения нагрузки на горизонтальный ролик



– Определяем угол поворота корпуса посередине подшипника по формуле, рад.

$$\theta_{\kappa} = \frac{g \cdot l_n^3}{4 \cdot E \cdot I_{\text{хк}}} \left( \frac{1}{6} - \frac{b_1^2}{l_n^2} \right) = \frac{2 \cdot F \cdot l_n}{4 \cdot E \cdot I_{\text{хк}}} \left( \frac{1}{6} - \frac{b_1^2}{l_n^2} \right), \quad (8)$$

где  $b_1$  – расстояние от центра подшипников до краев корпуса;

$I_{xк} = 0,05 \cdot D^4 (1 - \alpha^4) = 0,05 \cdot 15,9^4 (1 - 0,94^4) = 805,1 \text{ см}^4$  – момент инерции обечайки по средней части.

$\alpha = \frac{D_B}{D} = \frac{150}{159} = 0,94$  – отношение внутреннего диаметра обечайки к наружному.

$$g = \frac{2F}{l_n}$$

– Определяем относительный угол поворота подшипников узла ролика, рад.

$$[\theta_{\Pi}] = \theta_o - \theta_{\kappa}, \quad (9)$$

где  $[\theta_{\Pi}]$  – допустимый относительный угол поворота колец подшипников.

Подставляя формулы (7) и (8) в формулу (9), получаем:

$$[\theta_{\Pi}] = \frac{F \cdot a \cdot l_{\Pi}}{2 \cdot E \cdot I_{xo}} - \frac{F \cdot l_{\Pi}^2 \cdot \left( \frac{1}{6} - \frac{b_1^2}{l_{\Pi}^2} \right)}{4 \cdot E \cdot I_{xк}}. \quad (10)$$

Далее мы вводим в формулу 9 поправочные коэффициенты, учитывающие отличие принятых данных от расчетных.

Тогда формула 9 принимает вид:

$$\theta_{\Pi} = K_o \cdot \theta_o - K_{\kappa} \theta_{\kappa} \leq [\theta]_{\Pi} \quad (11)$$

или

$$[\theta]_{\Pi} = K_o \cdot \theta_o - K_{\kappa} \theta_{\kappa}, \quad (12)$$

где  $K_o$  – коэффициент, учитывающий отличие принятой удельной нагрузки от расчетной;  $K_{\kappa}$  – коэффициент, учитывающий толщину стенки и влияния ступиц как подкрепление;

Из [6] находим коэффициент  $K_o$ :

$$K_o = \sqrt[6]{\frac{q_o}{q_{\Pi}}}, \quad (13)$$

где  $q_o$  – удельная нагрузка, при которой теоретическая и экспериментальная деформации оси равны; Н/мм

$$q_o = 20 \left( \frac{a}{\sigma} \right)^3 \cdot \frac{d_c}{d}$$

$q_{\Pi}$  – усредненная удельная нагрузка на ось; Н/мм

$$q_{\Pi} = \frac{F}{b}$$

Из [6] находим коэффициент  $K_{\kappa}$ :

$$K_{\kappa} = \sqrt{\frac{q_{ок}}{q_{об}}}, \quad (14)$$

где  $q_{ок}$  – распределенная нагрузка;

$$q_{ок} = \frac{6 \cdot R / h_c + 50}{R / h_c - 7}$$

$q_{об}$  – усредненная расчетная распределенная нагрузка на обечайку; н/мм

$$q_{об} = \frac{F_P}{B}$$

Далее производим расчет коэффициентов для ступенчатой оси:

$$K_o = \sqrt[6]{\frac{q_o}{q_{II}}} = \sqrt[6]{\frac{400,02}{23,99}} = \sqrt[6]{16,67} = 1,59$$

$$q_o = 20 \left( \frac{a}{\epsilon} \right)^3 \cdot \frac{d_c}{d} = 20 \left( \frac{49,5}{19} \right)^3 \frac{34}{30} = 20 \cdot 17,7 \cdot 1,13 = 400,02 \text{ Н / мм}$$

для ролика с размерами  $a = 49,5 \text{ мм}$ ;  $\epsilon = 19 \text{ мм}$ ;  $d_c = 34 \text{ мм}$ ;  $d = 30 \text{ мм}$ .

$$q_{II} = \frac{F}{b} = \frac{455,9}{19} = 23,99 \text{ Н / мм}$$

где  $b$  – ширина подшипника;  $b = 19 \text{ мм}$

$F = F_\tau = 46,53 \text{ кгс} = 455,9 \text{ Н}$  – осевая нагрузка на подшипники среднего ролика;

$$K_k = \sqrt{\frac{q_{ок}}{q_{об}}} = \sqrt{\frac{14,63}{6,07}} = 1,55$$

$$q_{ок} = \frac{6 \cdot R / h_c + 50}{R / h_c - 7} = \frac{6 \cdot 79,5 / 4,5 + 50}{79,5 / 4,5 - 7} = \frac{156}{10,66} = 14,63 \text{ Н / мм}$$

где  $R = \frac{D}{2} = \frac{159}{2} = 79,5 \text{ мм}$

$h_c = 4,5 \text{ мм}$  – толщина корпуса обечайки (по чертежу ролика);

$$q_{об} = \frac{F_p}{B} = \frac{2 \cdot 1611,12}{530} = 6,07 \text{ Н / мм}$$

где  $B = 530 \text{ мм}$  длина корпуса обечайки (по чертежу);

$F_p = 2 \cdot F = 2 \cdot 1611,12$  – расчетная нагрузка; согласно расчету  $F = 164,4 \text{ кгс} = 1611,12 \text{ Н}$ .

Подставляя коэффициенты в формулу (12) получаем:

$$[\theta]_{II} = 1,59 \cdot \theta_o - 1,55 \cdot \theta_k, \quad (15)$$

где  $[\theta]_{II}$  – допустимый относительный угол поворота колец подшипников, который составляет:

1 вариант  $[\theta]_{II} = 0^0 8' = 0,002327 \text{ рад}$  – без учета погрешности изготовления.

2 вариант  $[\theta]_{II} = 0^0 4' = 0,001745 \text{ рад}$  – с учетом погрешности изготовления.

Преобразуем формулу 10 с учетом формулы 15:

$$[\theta]_{II} = \frac{1,59 \cdot F \cdot a \cdot l_{II}}{2 \cdot E \cdot I_{xo}} - \frac{1,55 \cdot 2 \cdot F \cdot l_{II}^2 \cdot \left( \frac{1}{6} - \frac{b_1^2}{l_{II}^2} \right)}{4 \cdot E \cdot I_{xk}}$$

$$[\theta]_{II} = \frac{2 \cdot 1,59 \cdot F \cdot a \cdot l_{II} \cdot I_{xk} - 1,55 \cdot 2 \cdot F \cdot l_{II}^2 \cdot I_{xo} \left( \frac{1}{6} - \frac{b_1^2}{l_{II}^2} \right)}{4 \cdot E \cdot I_{xo} \cdot I_{xk}}$$

$$[\theta]_{II} = \frac{2 \cdot F \left( 1,59 \cdot a \cdot l_{II} \cdot I_{xk} - 1,55 \cdot l_{II}^2 \cdot I_{xo} \left( \frac{1}{6} - \frac{b_1^2}{l_{II}^2} \right) \right)}{4 \cdot E \cdot I_{xo} \cdot I_{xk}}$$

$$[F] = \frac{[\theta]_{II} \cdot 2 \cdot E \cdot I_{xo} \cdot I_{xk}}{1,59 \cdot a \cdot l_{II} \cdot I_{xk} - 1,55 \cdot l_{II}^2 \cdot I_{xo} \left( \frac{1}{6} - \frac{b_1^2}{l_{II}^2} \right)} \quad (16)$$

таким образом, нами получена формула, с помощью которой мы можем рассчитать максимальную нагрузку на средний ролик, после которой начинается защемляющий момент.

1 вариант  $[\theta_{II}] = 0^{\circ}8' = 0,002327 \text{ рад}$  – без учета погрешности изготовления.

2 вариант  $[\theta_{II}] = 0^{\circ}4' = 0,001745 \text{ рад}$  – с учетом погрешности изготовления.

**Выводы.** В работе мы смогли вывести формулу и высчитать максимальную нагрузку на ролик, после которой наступает защемляющий момент в его подшипниках. Это приводит к ряду негативных факторов, одним из которых является заклинивание и разрушение подшипника, что приводит, в конце концов, к выходу из строя ролика. Таким образом, мы определили один из факторов, влияющих на снижение срока эксплуатации подшипника и соответственно ролика. Конечно, это не приводит к выходу из строя конвейера, но выход из строя нескольких десятков роликов, существенно увеличивает нагрузку на остальные органы конвейера.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов. – 5-е издание, переработ. и доп. – М.: Высшая школа, 1979. – 558 с., ил.
- [2] Конвейеры. Справочник / Р.А. Волков, А.Н. Гнутов, В.К. Дьячков и др. / Под общей ред. Ю. А. Пертена. – Л.: Машиностроение, 1984. – 367с., с ил.
- [3] Машины непрерывного транспорта: Учебное пособие для вузов / Р.Л. Зенков., И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М.: Машиностроение, 1980. – 304 с., ил.
- [4] Труды МВТУ № 315 «Теория, расчет и исследование подъемно-транспортных машин» / Под ред. д.т.н., проф. М. П. Александрова. – М.: Изд-во МВТУ, 1979; Статья к.т.н. Колобов Л.Н., инж. Зуев В.Н. «Расчет подшипников роликов ленточных конвейеров на долговечность от внешних и внутренних нагрузок» стр. 63-93
- [5] Машины непрерывного транспорта / Под ред. В. А. Плавинского. – М.: Машиностроение, 1969. – 720 с.
- [6] Темиртасов О.Т., Колобов Л.Н. Методические указания по проектированию автоматизированного склада для массовых тарно-штучных грузов. – Алма-Ата, 1986. – 45 с.

#### REFERENCES

- [1] Alexandrov M.P. Handling machinery: Textbook for high schools. 5th edition, revised and supplemented. M.: Higher School, 1979. 558 p., il. (in Russ.).
- [2] Conveyor. Directory / R.A. Volkov, A.N. Bending, V.K. Diachkov et al. Edited by J.A. Perth. L.: Engineering, 1984. 367 s., with silt (in Russ.).
- [3] Zenkov R.L., Ivashkov I.I., Kolobov L.N. Continuous transport machines: Textbook for high schools. M.: Mechanical engineering, 1980. 304 p., il. (in Russ.).
- [4] Proceedings of the Moscow Higher Technical School № 315 «Theory, calculation and research of industrial machines» edited by prof. M. P. Alexandrov. M.: Publishing house of the Moscow Higher Technical School. 1979; Article Ph.D. Kolobov L.N., Ing. Zuev V.N. "The calculation of the bearing rollers of conveyor belts on the durability of the internal and external loads". P. 63-93 (in Russ.).
- [5] Plavinsky V.A. Continuous transport machinery. M.: Mechanical engineering, 1969. 720 p. (in Russ.).
- [6] Temirtasov O.T., Kolobov L.N. Guidelines for the design of the automated warehouse for bulk packaged cargoes. Almaty, 1986. 45 p. (in Russ.).

### ТАСПАЛЫ КОНВЕЙЕР РОЛИКТЕРДІҢ МОЙЫНТІРЕКТЕРІНЕ ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ АНЫҚТАУ

О. Т. Темиртасов, Е. Шаяхметов, С. Л. Леонов, Т. М. Мендебаяев

**Түйін сөздер:** мойынтірек, мойынтірекке түсетін жүктеме, ролик, роликтірегі, таспалы конвейер.

**Аннотация.** Жұмыстың мақсаты таспалы конвейер роликтеріне түсетін жүктемелерді анықтау және одан әрі роликтердің мойынтіректерінде пайда болатын қысылу кездерінің туындауы салдарынан ең жоғарғы жүктемені анықтау үшін әдістемесін құру. Қысылу моменті мойынтірек сақиналарының қисаюы салдарынан пайда болатын, мойынтіректердің жұмыс қабілеттілігіне және ұзақ мерзімділігіне әсер ететін, жағымсыз факторлардың бірі. Әрине, қысылу кезінің бір жолға пайда болуы мойынтіректің бірден бұзылуына әкеп соқпайды, бірақ біркелкі әрі бірқалыпты пайдалану мүмкіншілігі болмағандықтан сан алуан сыни жүктемелердің қайталануынан, мойынтіректерде бастапқы сатыларда сыналу, кейін бұзылу орын алады.

Қолдану аясы негізінде авторлармен алынған нәтижелерге сүйеніп, мойынтіректердегі жүктемелерді анықтау мен максималды жүктемелерді анықтау әдісін жетілдіру. Осы жасалған жұмыстың нәтижелерін негізге алып, сан-алуан таспалы және роликті конвейерлердің сенімділігін арттыруға және тораптардың ұзақ мерзімді жұмыс жасауын қамтамасыз етуге болады.

Поступила 21.06.2016 г.

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 07.07.2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
17,4 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.