

УДК (UDC) 621.86

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРИНЫ ГРУЗОНЕСУЩЕЙ
ЛЕНТЫ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НА ОСНОВЕ ДЕТАЛИЗАЦИИ
ФАКТОРОВ ПЛОЩАДИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯIMPROVING THE ACCURACY OF DETERMINING THE WIDTH OF THE LOAD
CARRIER CONVEYOR BELTS BASED ON DETAILING
CROSS-SECTIONAL AREA FACTORSГончаров К.А., Григорьев П.А., Чалова М.Ю.
Goncharov K.A., Grigorev P.A., Chalova M.Yu.Российский университет транспорта (Москва, Россия)
Russian University of Transport (Moscow, Russian Federation)

Аннотация. Определение ширины грузонесущей ленты ленточного конвейера является одной из базовых проектных процедур, напрямую влияющих на дальнейший синтез геометрических параметров всего конвейера. При проведении данной процедуры инженеры вынуждены оперировать рядом вспомогательных коэффициентов, происхождение и принцип применения которых достаточно сложно верифицировать одновременно для различных сочетаний конструкций роlikоопор и свойств транспортируемых грузов, в частности, угла естественного откоса в покое и в движении. В настоящей статье проведен теоретический анализ указанных выше сочетаний и получен ряд значений коэффициента производительности применительно к выбору ширины ленты в зависимости от принимаемой модели положения ленты на роlikоопоре, учитывающей форму ленты – параболическую или трапецевидную, а также доли ширины ленты, контактирующие с центральным и боковыми роликками роlikоопоры. Приведено сопоставление полученных результатов с данными, предложенными в справочной литературе в качестве эталонных. Даны рекомендации по выбору коэффициента производительности при проектировании ленточного конвейера.

Ключевые слова: ленточный конвейер, ширина ленты, роlikоопора, угол естественного откоса.

Дата получения статьи: 22.03.2026
Дата принятия к публикации: 04.06.2026
Дата публикации: 25.06.2026

Сведения об авторах:

Гончаров Кирилл Александрович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические средства», Российский университет транспорта,
e-mail: goncharov bgu@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-5895-1162

Григорьев Павел Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой

Abstract. Determining the width of the load-bearing belt of a conveyor belt is one of the basic design procedures that directly affect the further synthesis of geometric parameters of the entire conveyor. During this procedure, engineers are forced to operate with a number of auxiliary coefficients, the origin and principle of application of which are quite difficult to verify simultaneously for various combinations of roller support structures and properties of transported goods, in particular, the angle of natural slope at rest and in motion. In this article, a theoretical analysis of the above combinations has been carried out and a number of performance coefficient values have been obtained in relation to the choice of the belt width, depending on the accepted model of the belt position on the roller support, taking into account the shape of the belt – parabolic or trapezoidal, as well as the proportions of the belt width in contact with the central and side rollers of the roller support. The comparison of the obtained results with the data proposed in the reference literature as reference ones is given. Recommendations are given on the choice of the performance coefficient when designing a conveyor belt.

Keywords: conveyor belt, belt width, roller support, natural slope angle.

Date of manuscript reception: 22.03.2026
Date of acceptance for publication: 04.06.2026
Date of publication: 25.06.2026

Authors' information:

Kirill A. Goncharov – Doctor of Technical Sciences, associate Professor, Professor of the Department of Land Transport and Technological Means, Russian University of Transport,
e-mail: goncharov bgu@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-5895-1162

Pavel A. Grigorev – Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Head of the Department Land

«Наземные транспортно-технологические средства»,
 Российский университет транспорта,
e-mail: grigorievpavel1996@yandex.ru.
ORCID: 0000-0002-5409-6250

Чалова Маргарита Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические средства», Российский университет транспорта,
e-mail: margarita_chalova@mail.ru.

† Transport and Technological Means, Russian University of Transport, *e-mail: grigorievpavel1996@yandex.ru.*
 † *ORCID: 0000-0002-5409-6250*

† **Margarita Yu. Chalova** – Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Associate Professor of the Department Land Transport and Technological Means, Russian University of Transport,
 † *e-mail: margarita_chalova@mail.ru.*

1. Введение

Определение ширины грузонесущей ленты ленточного конвейера является ключевой проектной процедурой, напрямую влияющей на синтез геометрических параметров всего конвейера и связывающей математические модели регулирования производительности конвейеров с моделями их рабочих процессов. При расчете ширины ленты на основе существующих рекомендаций [1 – 5] инженеры вынуждены оперировать рядом вспомогательных коэффициентов (в частности, коэффициентом производительности), происхождение и принцип применения которых достаточно сложно верифицировать одновременно для различных сочетаний конструкций роликкоопор и свойств транспортируемых грузов, в частности, угла естественного откоса в покое и в движении.

В одном из ключевых трудов в области проектирования машин и оборудования непрерывного транспорта [1] коэффициент, связывающий эксплуатационную производительность конвейера и соответствующую ей минимально необходимую ширину ленты (указанный выше коэффициент производительности), носит наименование «коэффициент площади поперечного сечения». Данный коэффициент функционально зависит от геометрии поперечного сечения роликкоопоры грузовой ветви (угла наклона боковых роликов, долей распределения ширины ленты по центральному и боковым роликам опоры), а также степени подвижности груза, приводимой в итоге к углу естественного откоса груза в покое, определяемому в лабораторных условиях.

В работе [2] рассматриваемый коэффициент производительности называется «коэффициентом типа роликкоопор». И если в [1] угол откоса груза на движущейся ленте φ_1

именуется «углом свободного расположения насыпного груза в поперечном сечении движущейся ленты» и принимается приближенно равным 35% угла естественного откоса груза в покое, то в работе [2] данный угол φ_1 называется «расчетным углом откоса насыпного груза на ленте» и выбирается для всего диапазона грузов из трех значений: 15°, 20°, 25°. При этом в [1] выбор коэффициента производительности привязан к качественным категориям: легкая подвижность груза – $\varphi_1 = 10^\circ$, средняя подвижность груза – $\varphi_1 = 15^\circ$, малая подвижность груза – $\varphi_1 = 20^\circ$. Указанные величины угла φ_1 расходятся со значениями, предлагаемыми в [2], что может вводить в заблуждение инженеров и ученых, работающих в данной области.

Работы [3, 4] являются примером проявления накопления системных ошибок при дальнейшей работе ученых на основе рассогласования данных, приведенных в работах [1, 2]. В [3] авторы следуют логике описания подвижности груза в соответствии с рекомендациями [1]. В [4] для тех же категорий подвижности указаны углы в соответствии с [2]. При этом в работе [3] наименование угла φ_1 не указано, а в [4] наименование φ_1 соответствует [2]. Так же стоит отметить, что в работе [3] для рассматриваемого коэффициента производительности авторы используют наименование «безразмерный угловой коэффициент площади сечения груза на ленте», а в работе [4] – «безразмерный коэффициент угловых параметров поперечного сечения груза на ленте». В источнике [5] для описываемого коэффициента авторы применили наименование «коэффициент производительности».

В работах [1 – 4] при определении коэффициента производительности принимается обязательное допущение, что лента в поперечном сечении роликкоопоры плотно прилегает к роликам и повторяет их контур – же-

лобчатый для трехроликовой опоры или треугольный для двухроликовой. Также в расчет коэффициента производительности вводится допущение, что на центральный ролик трехроликовой опоры приходится 38% полезной ширины ленты. При этом учет жесткости самой ленты в предположении ее точечного касания и неплотного прилегания к роликам не производится.

В работе [6] экспериментально показано, что контакт тяговой и грузонесущей лент друг с другом и с роликоопорами в поперечном сечении груза и ленты не происходит с плотным прилеганием по всей ширине роликов, а является точечным, образуя в продольном направлении полосы контакта, что вызывает ряд новых вопросов к допущениям, описанным выше.

На основе приведенных сведений можно констатировать, что в существующих принципах определения коэффициента производительности при выборе ширины ленты конвейера присутствует определенный хаос. При этом точность определения коэффициента зависит от принятых допущений, зачастую не учитывающих реальную картину положения ленты с грузом в поперечном сечении конвейера.

2. Цель исследования

Целью настоящего исследования является детализация факторов площади поперечного сечения ленточного конвейера с последующим повышением точности определения полезной ширины грузонесущей ленты. Детализация факторов площади будет проводиться на основе подробного разбора подходов к определению коэффициента производительности с учетом различных видов возможной формы ленты в поперечном сечении вследствие её жесткости.

3. Особенности проведения исследования

В качестве объекта исследования примем коэффициент производительности, определяемый как остаточное выражение площади поперечного сечения груза на ленте после устранения из него квадрата полезной шири-

ны ленты. В дальнейшей работе в целях унификации будем применять наименование данного коэффициента в соответствии с [5] – «коэффициент производительности».

Поперечное сечение груза на ленте в любой из рассматриваемых конфигураций роликоопор (при условии отсутствия их перекоса) принципиально состоит из двух частей:

- верхняя часть – треугольник, определяемый величиной угла свободного расположения насыпного груза в поперечном сечении движущейся ленты φ_1 ;

- нижняя часть, принимающая три возможные формы в зависимости от конфигурации роликоопор:

- 1) трапеции – при желобчатой трехроликовой опоре;

- 2) треугольника – при двухроликовой опоре;

- 3) параболы – при любой опоре и достаточно жесткой ленте.

Угол φ_1 будем определять в соответствии с рекомендациями [1] выражением

$$\varphi_1 \approx 0,35\varphi, \quad (1)$$

где φ – угол естественного откоса груза в покое.

В такой постановке решение задачи не будет связано с введенными в [1, 2] условностями в виде категорий подвижности груза, а также позволит избежать путаницы со значениями углов φ_1 , присваиваемыми этим категориям.

Для форм трапеции и треугольника нижней части поперечного сечения целесообразно применить единый подход к описанию долей ширины ленты, приходящихся на каждый ролик опоры (рис. 1). Долю ширины ленты, приходящуюся на центральный ролик, обозначим в виде

$$\Delta_y = i \cdot b, \quad (2)$$

где b – искомая полезная ширина ленты; i – параметр долевой части.

Тогда на каждый боковой ролик трехроликовой желобчатой опоры приходится доля ширины ленты

$$\Delta_\delta = \left(\frac{1-i}{2}\right) \cdot b. \quad (3)$$

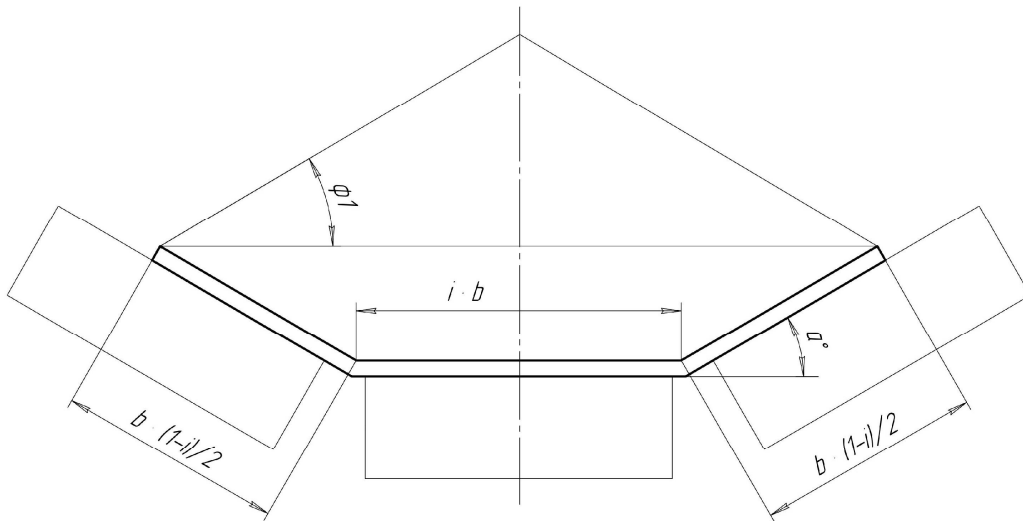


Рис. 1. Схема к определению коэффициента производительности для форм трапеции и треугольника нижней части сечения груза

Площадь нижней части (трапеции) сечения груза на ленте

$$S_{\text{мрпн}} = b^2 \cdot [2i + (1-i) \cdot \cos \alpha] \cdot \left(\frac{1-i}{4}\right) \sin \alpha, \quad (4)$$

где α – угол наклона боковых роликов.

Площадь верхней части (треугольника) сечения груза на ленте

$$S_{\text{мрпв}} = b^2 \cdot [i + (1-i) \cdot \cos \alpha]^2 \cdot 0,25 \cdot \text{tg} \varphi_1. \quad (5)$$

Остаточное выражение суммарной площади верхней и нижней частей при устранении из него параметра b^2 примет вид

$$k = [2i + (1-i) \cdot \cos \alpha] \cdot \left(\frac{1-i}{4}\right) \sin \alpha + [i + (1-i) \cdot \cos \alpha]^2 \cdot 0,25 \cdot \text{tg} \varphi_1 \quad (6)$$

Площадь поперечного сечения связана с массовой производительностью конвейера Q (т/ч) выражением

$$Q = 3600b^2 \cdot k \cdot v \cdot \rho, \quad (7)$$

где v – скорость движения ленты конвейера (м/с); ρ – насыпная плотность груза (т/м³).

Запишем зависимость (7) в виде

$$Q = b^2 \cdot K_n \cdot v \cdot \rho, \quad (8)$$

где K_n – исследуемый коэффициент производительности, определяемый умножением переводной константы 3600 на выражение (6)

$$K_n = \left([2i + (1-i) \cos \alpha] \cdot \left(\frac{1-i}{4}\right) \sin \alpha + [i + (1-i) \cos \alpha]^2 \cdot 0,25 \text{tg} \varphi_1 \right) \cdot 3600 \quad (9)$$

Представление коэффициента K_n в виде зависимости (9) позволяет получить в результате массив значений данного коэффициента при применении различных значений параметра i , в отличие от строго установленного в [1–4] значения $i = 0,44$.

В случае представления контура нижней части сечения груза в виде параболы целесообразно применить дискретное решение задачи (рис. 2), разбив контур параболы на несколько частей (в настоящем исследовании – 10). Это позволит избежать громоздкости решения при нахождении длины дуги параболы и соответствующей площади с использованием определенного интеграла при изначально неопределенных пределах интегрирования (пределы меняются при изменении «глубины» параболы, так как реальная лента конечна, и её концевые точки меняют свои координаты при изменении величины прогиба).

Фактически, площадь нижней части сечения представляет собой совокупность площадей трапеций с изменяемым углом наклона одной боковой стороны при постоянном известном значении её длины, составляющим $0,1b$. При увеличении количества элементов разбиения точность решения будет повышаться. При этом степень пологости параболы фактически регулируется величиной угла наклона боковых роликов, к которой она привязана.

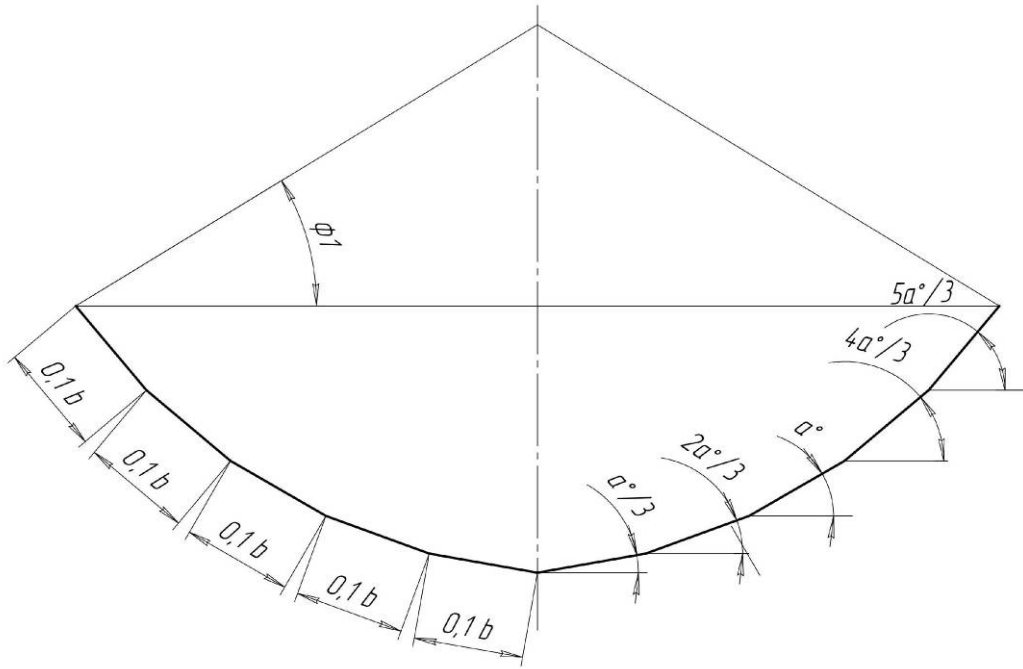


Рис. 2. Схема к определению коэффициента производительности для параболической формы нижней части сечения груза

Площадь нижней части сечения в рассматриваемом случае (рис. 2) определится выражением

$$\begin{aligned}
 S_{\text{ниж}} = & 0,01b^2 \left[\sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) \cos\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + \right. \\
 & + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) \right) \cos\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + \\
 & + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + 2 \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + \sin(\alpha) \right) \cos(\alpha) + \\
 & + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + 2 \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + 2 \sin(\alpha) + \sin\left(\frac{2\alpha}{3}\right) \right) \cdot \\
 & \cdot \cos\left(\frac{2\alpha}{3}\right) + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + 2 \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + 2 \sin(\alpha) + \right. \\
 & \left. + 2 \sin\left(\frac{2\alpha}{3}\right) + \sin\left(\frac{\alpha}{3}\right) \right) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{3}\right) \left. \right].
 \end{aligned}$$

Площадь верхней части сечения

$$\begin{aligned}
 S_{\text{верх}} = & 0,01b^2 \operatorname{tg} \varphi_1 \left[\cos\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + \cos\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + \right. \\
 & \left. + \cos(\alpha) + \cos\left(\frac{2\alpha}{3}\right) + \cos\left(\frac{\alpha}{3}\right) \right]^2.
 \end{aligned}$$

Устраняя из данных выражений параметр b , а также умножая остаточное выражение на

константу 3600, получим зависимость для определения коэффициента K_n

$$\begin{aligned}
 K_n = & 36 \left[\sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) \cos\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + \right. \\
 & + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) \right) \cos\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + \\
 & + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + 2 \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + \sin(\alpha) \right) \cos(\alpha) + \\
 & + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + 2 \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + 2 \sin(\alpha) + \sin\left(\frac{2\alpha}{3}\right) \right) \cdot \\
 & \cdot \cos\left(\frac{2\alpha}{3}\right) + \left(2 \sin\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + 2 \sin\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + 2 \sin(\alpha) + \right. \\
 & \left. + 2 \sin\left(\frac{2\alpha}{3}\right) + \sin\left(\frac{\alpha}{3}\right) \right) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{3}\right) \left. \right] + \\
 & + 36 \operatorname{tg} \varphi_1 \left[\cos\left(\frac{5\alpha}{3}\right) + \cos\left(\frac{4\alpha}{3}\right) + \right. \\
 & \left. + \cos(\alpha) + \cos\left(\frac{2\alpha}{3}\right) + \cos\left(\frac{\alpha}{3}\right) \right]^2.
 \end{aligned}$$

При нахождении массива значений коэффициента K_n для разных конфигураций ниж-

ней части поперечного сечения груза введем следующие ограничения:

1) при трапецеидальном и треугольном контуре нижней части сечения угол наклона боковых роликов α будем изменять дискретно с шагом 3° в общепринятом диапазоне от 30° до 45° ;

2) при трапецеидальном и треугольном контуре нижней части сечения используем два значения угла φ естественного откоса груза в покое: 25° и 45° ;

3) при параболическом контуре нижней части сечения угол наклона боковых роликов α будем изменять дискретно с шагом 5° в диапазоне от 10° до 60° ;

4) при параболическом контуре нижней части сечения используем три значения угла φ естественного откоса груза в покое: 25° , 35° и 45° .

4. Анализ результатов исследования

На рис. 3 и 4 представлены зависимости коэффициента K_n при значениях угла естественного откоса груза в покое $\varphi = 45^\circ$ и $\varphi = 25^\circ$ для трехроликовой желобчатой опоры (частный случай – двухроликовая с треугольным профилем при значении параметра $i = 0$).

На рис. 5 приведены зависимости коэффициента K_n для трехроликовой желобчатой опоры при форме нижнего контура поперечного сечения груза в виде параболы. Угол наклона боковых роликов α , являющийся отсчетным при дискретном построении параболы, соответствует средним участкам боковых ветвей параболы и определяет их положение на боковых роликах.

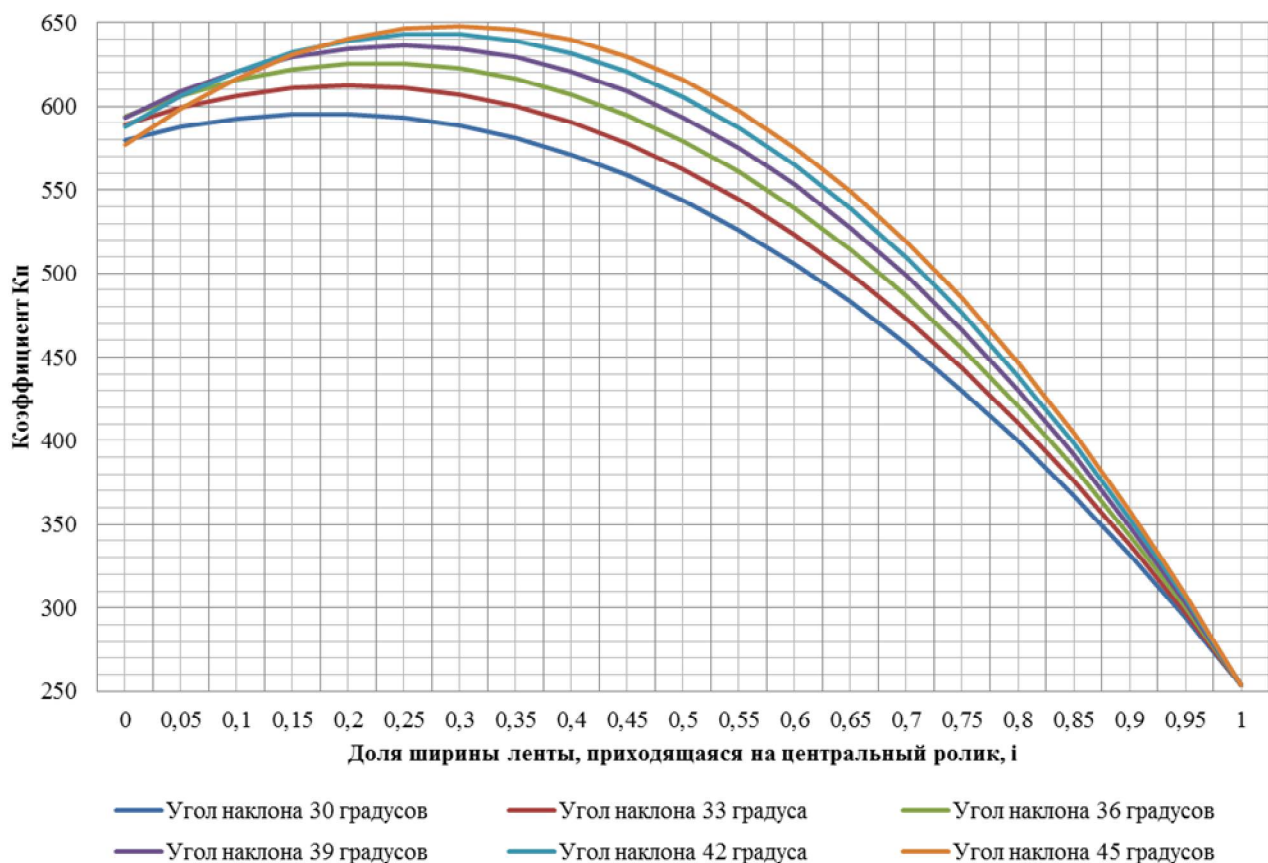


Рис. 3. Зависимости коэффициента K_n при значении угла естественного откоса груза в покое $\varphi = 45^\circ$ для трехроликовой желобчатой опоры

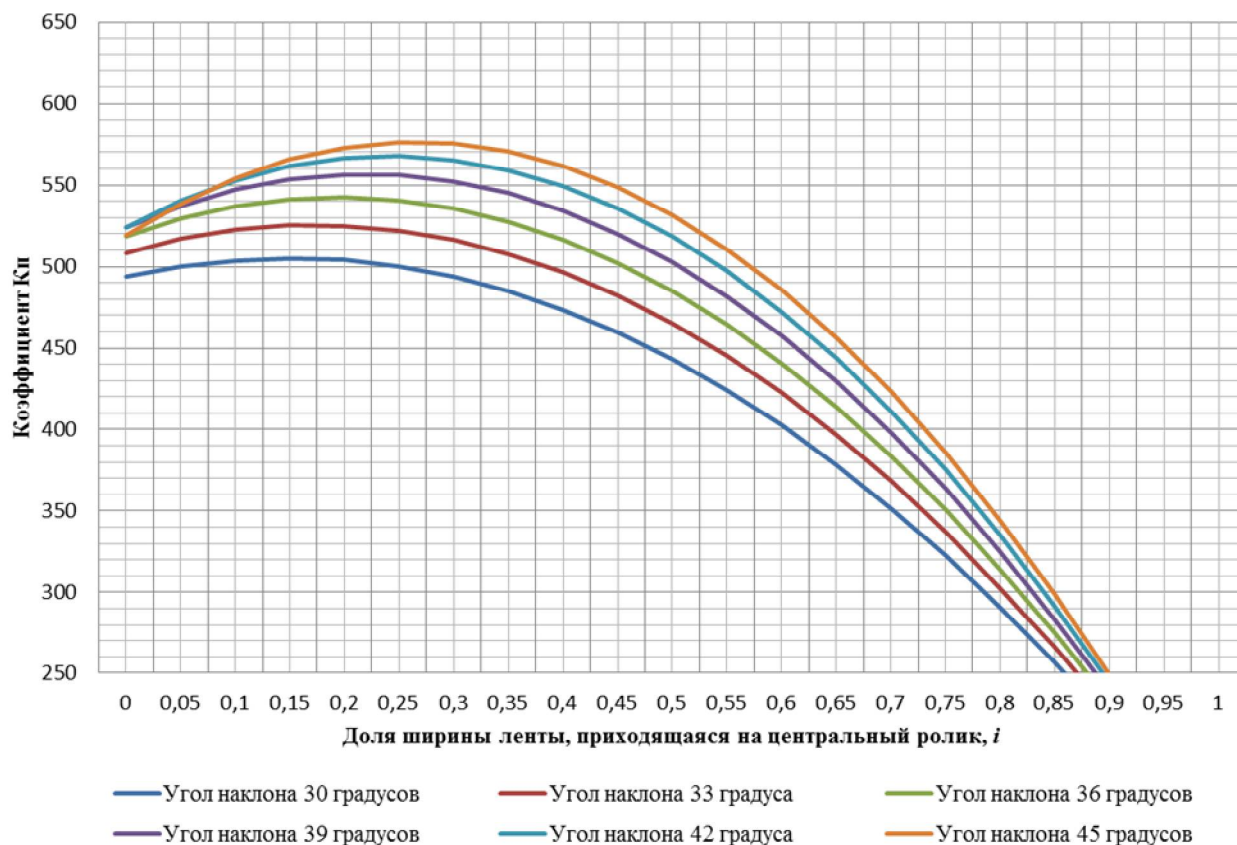


Рис. 4. Зависимости коэффициента K_n при значении угла естественного откоса груза в покое $\varphi = 25^\circ$ для трехроликовой желобчатой опоры

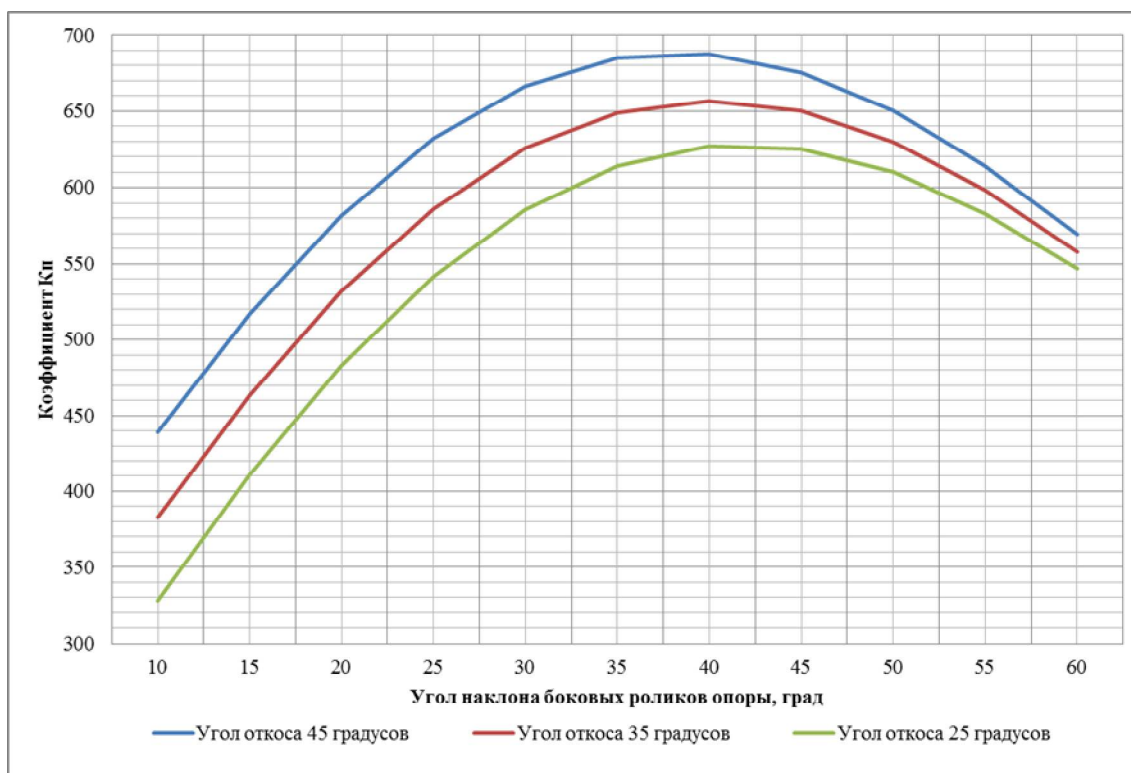


Рис. 5. Зависимости коэффициента K_n для трехроликовой желобчатой опоры

при форме нижнего контура поперечного сечения груза в виде параболы

На основе полученных зависимостей можно сделать следующие выводы:

1. При представлении контура нижней части сечения груза в виде трапеции и при оперировании значением угла естественного откоса груза в покое $\varphi = 45^\circ$ (рис. 3) наилучшие значения коэффициента K_n с позиции минимизации полезной ширины ленты достигаются в случае соответствия доли указанной ширины ленты, приходящейся на центральный ролик трехроликовой опоры, диапазону значений 0,2...0,3. Меньшие значения диапазона соответствуют меньшим углам наклона боковых роликов ($0,2 - 30^\circ, 33^\circ; 0,25 - 36^\circ, 39^\circ, 42^\circ; 0,3 - 45^\circ$). Полученные наилучшие значения i не соответствуют общепринятому подходу [1 – 4] с проектным применением значения $i = 0,44$.

2. При тех же условиях, что и в предыдущем выводе, и при оперировании значением угла естественного откоса груза в покое $\varphi = 25^\circ$ (рис. 4) наилучшие значения коэффициента K_n с позиции минимизации полезной ширины ленты достигаются в случае соответствия доли ширины ленты, приходящейся на центральный ролик, диапазону значений 0,15...0,25. Меньшие значения диапазона соответствуют меньшим углам наклона боковых роликов ($0,15 - 30^\circ, 33^\circ; 0,2 - 36^\circ, 39^\circ; 0,3 - 42^\circ, 45^\circ$), что предполагает еще большее отдаление значения i от величины $i = 0,44$.

3. При представлении контура нижней части сечения груза в виде параболы и при оперировании значениями угла естественного откоса груза в покое $\varphi = 25^\circ, \varphi = 35^\circ$ и $\varphi = 45^\circ$ (рисунок 5) наилучшие значения коэффициента K_n с позиции минимизации полезной ширины ленты достигаются для диапазона углов наклона боковых роликов $30^\circ...45^\circ$. Идеальный интервал угла наклона при таком подходе составляет $35^\circ...40^\circ$. В среднем, значения коэффициента K_n , вычисляемые с учетом параболической формы нижнего контура сечения, на 30 – 50 единиц выше, чем значения, соответствующие трапециевидному контуру при аналогичных условиях. Более точные рациональные значения углов наклона боковых роликов можно

установить, увеличив дискретность моделирования. Также, оперируя точкой отсчета угла α (рис. 2) можно моделировать другие схемы расположения боковых роликов с целью синтеза в реальной конструкции конвейера параболического контура ленты в условиях контакта с тремя роликами.

5. Заключение

Физически наиболее спорным моментом при определении коэффициента K_n является возможность создания в трехроликовом трапециевидальном контуре формы ленты в виде параболы. Практически это достижимо за счет увеличения жесткости применяемой ленты. Однако стоит отметить, что расчет и выбор коэффициента K_n по форме трапециевидального контура за счет меньших значений позволяет получить дополнительный искусственный запас по полезной ширине ленты.

Одним из определяющих факторов поиска рациональной формы сечения груза, создающей максимальное значение коэффициента K_n , является экономическая целесообразность применения в конструкции одной роликоопоры роликов с разными геометрическими параметрами. С одной стороны, приобретается преимущество в стоимости ленты за счет снижения её необходимой ширины, а с другой – усложняется технология изготовления роликоопоры, увеличивается её стоимость и, как следствие, стоимость всего конвейера с учетом значительного количества роликоопор.

Результат исследования, описанного в настоящей статье, помимо практической целесообразности в виде синтеза зависимостей для определения коэффициента производительности и получения массивов их значений для прикладных расчетов открывает спектр направлений совершенствования конструкций роликоопор ленточных конвейеров с комбинированием в структуре одной опоры разных конфигураций роликов с целью получения рационального сечения ленты в каждой конкретной проектной ситуации в соответствии со свойствами транспортируемых грузов.

Список литературы

1. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983. 487 с.
2. Конвейеры: справочник / Р.А. Волков, А.Н. Гнутов, В.К. Дьячков [и др.] / под общ. ред. Ю.А. Пертена. Л.: Машиностроение, 1984. 367 с.
3. Голутвин В.А., Анцев В.Ю., Сальников В.С., Анцев А.В. Выбор оптимальной ширины ленты ленточного конвейера // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2019. № 2. С. 128-135.
4. Голутвин В.А., Анцев В.Ю., Шадский А.В., Анцев А.В. Определение производительности ленточного конвейера с двухроликовыми опорами рабочей ветви // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2020. № 1. С. 183-193. DOI 10.46689/2218-5194-2020-1-1-183-193.
5. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин, В.Г. Дмитриев, В.П. Дьяченко [и др.]. М.: Изд-во «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2011. 545 с.
6. Гончаров К.А. Анализ взаимодействия грузонесущей и тяговой лент промежуточного привода ленточного конвейера // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2019. №4. С.426–432. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-426-432

References

1. Spivakovskiy A.O., Dyachkov V.K. Transporting machines. Moscow, Mashinostroenie, 1983. 437 p. (In Russian)
2. Perten Yu.A., Volkov R.A., Gnutov A.N. Dyachkov V.K. *Konveyery*. Leningrad, Mashinostroenie, 1984. 367 p. (In Russian)
3. Golutvin V.A., Antsev V.Yu., Salnikov V.S., Antsev A.V. Choosing the optimal belt width of a belt conveyor. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2019, No.2, pp.128-135. (In Russian)
4. Golutvin V.A., Antsev V.Yu., Shadsky G.V., Antsev A.V. Productivity determination of the belt conveyor with two-roller supports of the working branch. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2020, No.1, pp.183-193. (In Russian)
5. Galkin V.I., Dmitriev V.G., Dyachenko V.P. Actual theory of belt conveyors in mining. Moscow, MSMU publishing company, 2005. 543 p. (In Russian)
6. Goncharov K.A. Analysis of tractive and carrying belts interaction of intermediate drive of belt conveyor. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.4, pp. 426-432. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-426-432 (In Russian)