

УДК 621.867.212.7

А.В. Гаврюков (канд. техн. наук, доц.)

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРУБЧАТОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ

В работе приведены результаты теоретических исследований долговечности трубчатой ленты конвейера с неполным заполнением сечения трубы грузом. Определена энергия сжатия конвейерной ленты транспортируемым грузом в зоне контакта с линейными роlikоопрами и в зоне погрузки. Выявлено влияние параметров конвейера, рыхлых и кусковых грузов на срок службы ленты.

Ключевые слова: срок службы, лента, груз, количество ударов, угол заполнения, длина, радиус, скорость, давление, кривизна куска, энергия сжатия.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Известно, что лента наиболее дорогостоящая часть транспортной установки. Несмотря на все более широкое распространение ленточных трубчатых конвейеров различных конструкций, в научно - технической литературе не достаточно освещен вопрос влияния параметров конвейера и груза на долговечность ленты. На основании анализа срока службы трубчатой ленты, конвейера транспортирующего различные грузы, возможен выбор оптимальных конструктивных параметров. Установление оптимальных параметров ленточного трубчатого конвейера является актуальной научной задачей позволяющей сократить капитальные и эксплуатационные затраты.

Анализ исследований и публикаций. Существует ряд зависимостей для определения срока службы ленты при ее эксплуатации. Обзор и анализ каждой из зависимостей довольно подробно изложен в работе [1].

В таблице 1 приведены формулы для расчета срока службы ленты желобчатого конвейера, полученные различными авторами.

Вместе с тем ни одна из приведенных зависимостей не учитывает сжимающие усилия трубчатой ленты с грузом на линейных роlikоопорах, их влияние на долговечность ленты.

В работе [1] приведены исследования срока службы ленты в основу которых положено усталостное разрушение ленты от сдавливания.

© Гаврюков А.В., 2013

Табл. 1. Формулы для расчета срока службы конвейерной ленты

№ формулы	Формулы	Организация (автор)
1	$T = (L_k + 50) \frac{B}{Q}, (\text{ч})$	НИИПТмаш
2	$T = \frac{8 \cdot 10^5 B^2 \sqrt{L_k} \cos \beta_y}{Q} k_1 k_2 k_3 k_4 k_5, (\text{ч})$	Гипроруда К.С. Веселкова П.П. Липов
3	$T = \frac{200 B^2 h_g^3 \sqrt{L_k} \cos \beta_y}{(1 + a_k f_k) \gamma_H H} k_1 k_2 k_3 k_4 k_5, (\text{ч})$	Гипроникель Я.Б. Кальницкий
4	$T = \frac{120 k_r k_5}{\left(\frac{1800 v}{L_k} + \frac{D}{10i} + \frac{10 \sum \alpha_n}{180} \right) m}, (\text{мес.})$	Кривбассрудоремонт А.А. Матов А.А. Шаповалов
5	$T = \frac{30 k_l L_k}{\left[(160 H a_k \gamma_y + \sqrt{a_k \gamma_H} L_k) \eta + 60 \right] m v}, (\text{мес.})$	Институт горн, дела Минчермета В.С. Волотковский Е.Г. Нохрин
6	$T = \frac{h_0}{1,8 v \left(\frac{\Delta h_n}{L_k} + \frac{\Delta h_p}{l_p} \right)}, (\text{мес.})$	Моск. горн. инсти- тут В.Т. Полуин Г.Н. Гуленко В.И. Фролов
7	$T = \frac{1,75 \cdot 10^3 (m_n B - 0,17) L_k}{B^2 v}, (\text{ч})$	Лаухаммер (ГДР)
8	$T = \frac{2260 - 460 B}{1 + 0,26 v} \sqrt{L_k} k_1 k_2 k_3 k_4, (\text{ч})$	УкрНИИпроект
9	$T = 13850 - 14 a_k - 78,8 \eta - 23,2 \frac{1800 v}{L_k} -$ $- 14,4 H - 64,5 \beta_y + 41,4 \frac{D}{i} + 0,85 B, (\text{ч})$	ВНИИНеруд В.Ф. Рекунов М.А. Лебедев
10	$T = a L^{n_1} Q^{n_2} \beta_y^{n_3}$	ДонУГИ, Л.И. Эппель

В результате исследований получена зависимость:

$$T_n = \frac{2CL_k}{v} \left\{ \left[\Pi_{n1}^{11/6} + \Pi_{l1}^{11/6} \frac{L_k}{l_p} \right] + \frac{8}{3A_k B} \left[\frac{4\Pi_{ni}^{11/6}}{13A_k (2l_{pn} - d_p)} + \Pi_{li}^{11/6} \frac{L_k}{l_p} \right] \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{a_{ki}}{l_{ki}} \right)^2 \left[\frac{G_{ki}}{qa_{ki}} \sigma_0 (qa_{ki} - G_{ki}) + \sigma_0 (G_{ki} - qa_{ki}) \right] \right\}^{-1} \text{ час.} \quad (1)$$

где C - работоспособность конвейерной ленты, Дж; L_k - длина конвейера, м; v - скорость движения ленты, м/с; Π_{n1} - энергия сдавливания грузом ленты на роlikоопоре в пункте погрузки, Дж; Π_{l1} - энергия сдавливания грузом ленты на роlikоопоре линейной части конвейера, Дж; l_p - расстояние между роlikооперами на линейной части конвейера, м; d_k - диаметр выступа куска, м; d_p - диаметр ролика, м; B - ширина ленты, м; $A_k = 1/d_k$ - кривизна асимметричной поверхности куска груза, м⁻¹; l_{pn} - расстояние между роlikооперами в зоне погрузки конвейера, м; a_{ki} - длина наибольшего куска i -й фракции в объеме горной массы, м; l_{ki} - интервал прохождения кусков i -й фракции в объеме горной массы, м; G_{ki} - масса куска груза i -й фракции, кг; q - погонная масса транспортируемого груза, м; σ_0 - вероятность взаимодействия равна либо 1 либо 0.

Как видно, в зависимости (1) учтены параметры транспортируемого груза, а также энергия сдавливания грузом ленты на линейной роlikоопоре желобчатого конвейера Π_{l1} .

Зависимость (1) может быть основой при получении зависимости срока службы трубчатой ленты, учитывающей влияние сжимающих усилий возникающих на линейных роlikооперах при транспортировании насыпных грузов.

Постановка задачи. Настоящая статья является развитием теоретических исследований приведенных в работе [1]. Целью данного исследования является изучение процесса взаимодействия трубчатой ленты с роlikооперами во время транспортирования, получение математических зависимостей позволяющих оценить долговечность ленты в зависимости от параметров конвейера и груза.

Изложение материала и результаты. Для получения математических зависимостей выделим следующие направления исследований:

1. Определение количества циклов действия потока кускового груза и ударов острой кромкой кусков по поверхности ленты на роlikоопоре;
2. Определение давлений груза на ленту трубчатого конвейера проходящего линейную роlikоопору;
3. Определение энергии сжатия конвейерной ленты транспортируемым грузом в зоне контакта с роliками на линейной части трубчатого конвейера ;
4. Выявление зависимости для определения срока службы ленты трубчатого конвейера;
5. Определение влияния параметров груза и конвейера на срок службы ленты при транспортировании рыхлых грузов;
6. Определение влияния параметров груза и конвейера на срок службы ленты при транспортировании кусковатых грузов.

1. *Определение количества циклов действия потока кускового груза и ударов острой кромкой кусков по поверхности ленты на роlikоопоре.*

Определяя число ударов кусков по поверхности ленты на роlikоопоре, упростим зависимость (1), рассматривая ленточный конвейер с неполным заполнением грузом сечения трубы (рис. 1) [2, 3].

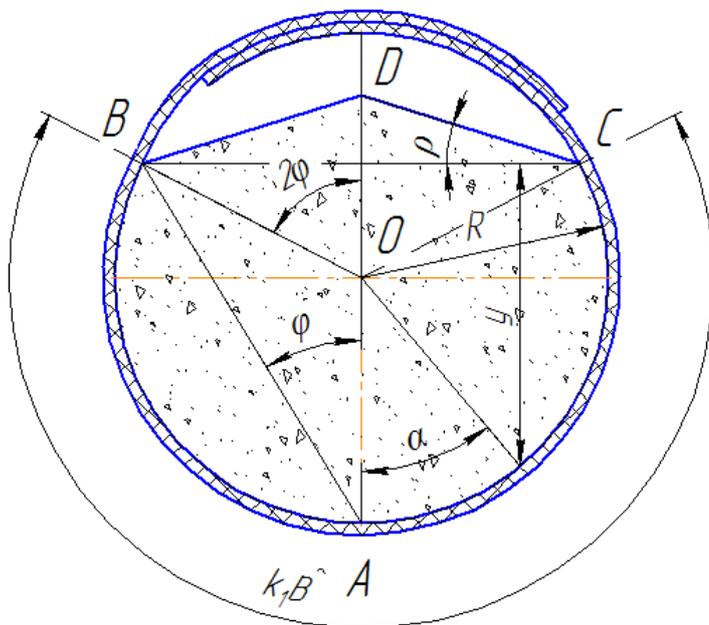


Рис. 1. Геометрическая схема поперечного сечения груза в трубчатой ленте

стояние между роlikоопорами, м.

Количество циклов действия потока мелкокускового груза на один и тот же участок поверхности ленты в пункте погрузки вычисляется по формуле

$$n_{n1} = \frac{vT_{л}}{2L_{к}} \quad (2)$$

на линейной части – по формуле

$$n_{.л1} = \frac{vT_{л}}{2l_{р}} \quad (3)$$

Здесь $T_{л}$ – чистое время работы ленты, ч; $L_{к}$ – длина установки, м; $l_{р}$ – рас-

Для составляющих, имеющих случайный характер, следует учитывать, что число соударений кусков груза – величина вероятностная. Определим вероятность удара кусков по поверхности ленты находящейся на роlikоопоре при ее проходе через пункт погрузки. Вероятность попадания куска на ролик, а не между ними, равна отношению

$$p_{\text{рол.пог.}} = d_p / (2l_{\text{pn}} - d_p) \quad (4)$$

где l_{pn} – расстояние между роlikоопорами в пункте погрузки, d_p – диаметр ролика.

Поскольку взаимодействие куска с лентой между роlikоопорами менее интенсивно, чем на ролике, учитываются лишь соударения, приходящиеся на ролик.

Вероятность попадания куска острой кромкой по ширине ленты в зоне погрузки не выше соотношения

$$p_{\text{кром.погр.}} = d_k / Bk_{\text{исп.}}$$

или

$$p_{\text{кром.погр.}} = \frac{1}{A_k k_{\text{исп.}} B} \quad (5)$$

где $k_{\text{исп.}} \approx 0,75$ – коэффициент использования ширины ленты в пункте погрузки; $A_k = 1/d_k$ – кривизна ассиметричной поверхности куска груза, м^{-1} ; d_k – диаметр выступа куска,

Общая вероятность падения куска острой кромкой на ленту находящейся на роlikоопоре в зоне погрузки не выше отношения.

$$p_{\text{погр.}} = \frac{1,33d_p}{A_k B (2l_{\text{pn}} - d_p)} \quad (6)$$

Число ударов кусков острой кромкой по поверхности ленты на роlikоопоре в месте погрузки определим перемножив уравнение (6) на уравнение (2)

$$n_{\text{ni}} = \frac{0,67vT_l d_p}{A_k B L_k (2l_{\text{pn}} - d_p)} \quad (7)$$

Вероятность попадания куска острой кромкой по ширине ленты соприкасающейся с грузом на линейной роlikоопоре не выше соотношения

$$p_{\text{кром.лин.}} = d_k / k_1 B$$

или

$$p_{\text{кром.лин.}} = 1 / A_k k_1 B \quad (8)$$

где k_1 – коэффициент, характеризующий ширину ленты, соприкасающуюся с грузом (рис. 1).

Число ударов кусков острой кромкой по поверхности ленты на роликоопоре на линейной роликоопоре определим, перемножив уравнение (8) на уравнение (3)

$$n_{\text{ли}} = \frac{vT_l}{2A_k l_p k_1 B} \quad (9)$$

Ширину ленты, соприкасающуюся с грузом (рис. 1) можно определить по зависимости

$$k_1 B = \frac{2\pi R(360^\circ - 4\varphi)}{360^\circ} \quad (10)$$

где φ – угол, характеризующий степень заполнения поперечного сечения; R – радиус ленты свернутой в трубу.

Выясним какой оптимальный параметр угла φ характеризующего степень заполнения поперечного сечения трубчатой ленты приняв во внимание исследования приведенные в работе [4].

Площадь поперечного сечения груза на ленте

$$F_{\text{гр}} = S_{\text{окр.}} - S_{\text{сегм.}BC} + S_{\Delta ABCD} \quad (11)$$

$$F_{\text{гр}} = \pi R^2 - 0,5R^2 [4\varphi - \sin 4\varphi] + \sin^2 2\varphi \rho \quad (12)$$

Здесь в выражении $0,5R^2 [4\varphi - \sin 4\varphi]$ φ в радианах. После преобразования радиан в градусы выражение будет выглядеть следующим образом $0,5R^2 \left[\frac{\pi\varphi}{45^\circ} - \sin 4\varphi \right]$

Из уравнения (12)

$$R = \sqrt{\frac{F_{\text{гр}}}{\pi - 0,5 \left[\frac{\pi\varphi}{45^\circ} - \sin 4\varphi \right] + \sin^2 2\varphi \rho}} \quad (13)$$

Из уравнения (10) ширина ленты соприкасающейся с грузом

$$k_1 B = \pi R \left(2 - \frac{\varphi}{45^\circ} \right) \quad (14)$$

Подставив уравнение (12) в уравнение (14) имеем

$$k_1 B = 2\pi \sqrt{\frac{F_{rp}}{\pi - 0,5 \left[\frac{\pi\varphi}{45^\circ} - \sin 4\varphi \right] + \sin^2 2\varphi \operatorname{tg} \rho}} \left(1 - \frac{\varphi}{90^\circ} \right) \quad (15)$$

Площадь поперечного сечения транспортируемого груза при известной производительности определяется из выражения

$$F_{rp} = \sqrt{\frac{Q}{3600v\gamma}} \quad (16)$$

Подставим уравнение (16) в уравнение (15) имеем

$$k_1 B = 2\pi \sqrt{\frac{Q}{3600v\gamma \left(\pi - 0,5 \left[\frac{\pi\varphi}{45^\circ} - \sin 4\varphi \right] + \sin^2 2\varphi \operatorname{tg} \rho \right)}} \left(1 - \frac{\varphi}{90^\circ} \right) \quad (17)$$

Обозначим значение k_n коэффициентом производительности

$$k_n = \frac{\pi - 0,5 \left(\frac{\pi\varphi}{45^\circ} - \sin 4\varphi \right) + \sin^2 2\varphi \operatorname{tg} \rho}{\left(1 - \frac{\varphi}{90^\circ} \right)^2} \quad (18)$$

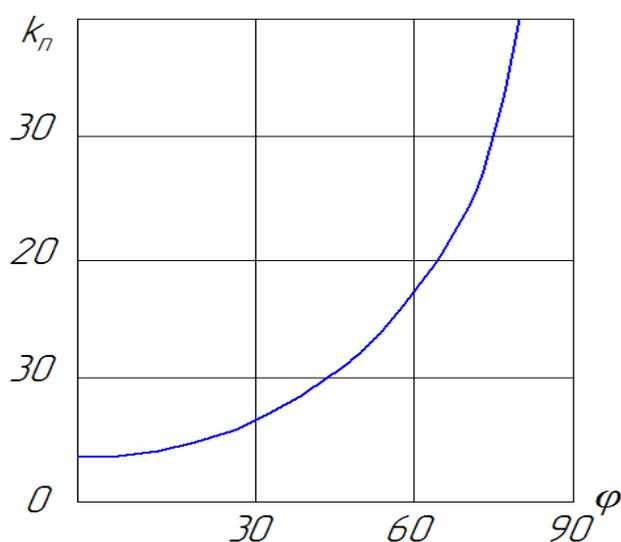


Рис. 2. Изменение коэффициента производительности k_n в зависимости от угла заполнения поперечного сечения ленты φ

На рисунке 2 приведен график изменения коэффициента производительности k_n в зависимости от угла заполнения поперечного сечения ленты

Подставив уравнение (18) в (19) получим ширина ленты соприкасающейся с грузом выражена через производительность и коэффициент производительности k_n

$$k_1 B = 2\pi \sqrt{\frac{Q}{3600v\gamma k_n}} \quad (19)$$

Построим график изменения ширины ленты, соприкасающейся с грузом $k_1 B$ от угла заполнения поперечного сечения ленты φ $k_1 B = f(\varphi)$ при постоянной производительности $Q = const$ и

$F_{rp} = const$ (при расчете взята об'ємна продуктивність $V = 1000$ м³/ч и скорость движения ленты $v = 2$ м/с), и график изменения площади поперечного сечения транспортируемого груза F_{rp} от угла заполнения поперечного сечения ленты φ $F_{rp} = f(\varphi)$ при постоянной ширине ленты соприкасающейся с грузом $k_1B = 1000$ мм = const

Рациональная область изменения рабочей ширины ленты и площади поперечного сечения материала на грузонесущем полотне находится в пределах $\varphi = 32 \div 43^\circ$. Оптимальным углом заполнения поперечного сечения трубчатой ленты можно считать угол $\varphi_{opt.} = 37^\circ$, при этом производительность конвейерной установки максимальна с максимальным использованием ширины грузонесущего элемента.

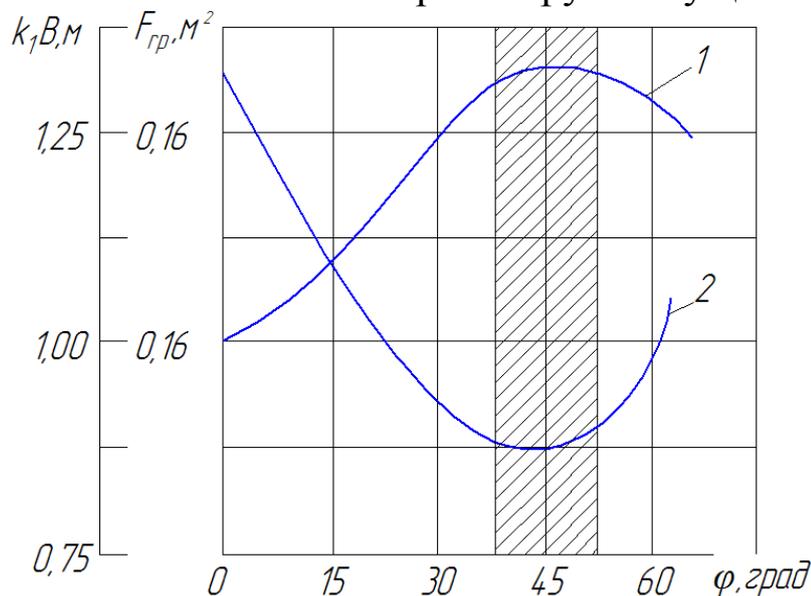


Рис. 3. Графики изменения: 1 - площади поперечного сечения груза в зависимости от угла, характеризующего заполнение поперечного сечения ленты $F_{rp} = f(\varphi)$; 2 - ширины ленты соприкасающейся с грузом от угла, характеризующего заполнение поперечного сечения ленты $k_1B = f(\varphi)$

Анализ эксплуатационных параметров трубчатых конвейеров, приведенных в работе [3], подтверждает это.

Подставив в уравнение (14) значение $\varphi_{opt.} = 37^\circ$ получим

$$k_1B = 3,7R \quad (20)$$

Выразив в уравнении (9) значение k_1B через R после преобразований имеем

$$n_{li} = \frac{0,135vT_{л}}{A_k l_p R} \quad (21)$$

2. *Определение давлений груза на ленту трубчатого конвейера проходящего линейную роликоопору.*

Рассмотрим физическую сущность взаимодействия груза с лентой.

При удалении поперечного сечения ленты от роликоопоры вследствие некоторого развала ленты и ее упругих деформаций края последней несколько смещаются в стороны по направлению от насыпного груза, взаимосвязь между частицами снижается и насыпной груз может перейти в движение, сопровождающееся сдвигами по отдельным площадкам.

Давление, оказываемое на конвейерную ленту насыпным грузом в начальный момент образования сплошных поверхностей скольжения, принято называть активным давлением. Система транспортируемый груз – конвейерная лента в этом случае находится в минимальном напряженном состоянии [5].

При приближении поперечного сечения ленты к роликоопоре под действием внешних сил (появление внешних сжимающих нагрузок при приближении к роликоопоре) края ленты перемещаются по направлению к сыпучему телу, частицы насыпного груза сближаются друг с другом – между ними и лентой появляются дополнительные распорные усилия, давление на ленту значительно возрастает в сравнении с активным и достигает в начальный момент образования сплошных поверхностей скольжения некоторого предела, который в строительной механике сыпучих тел получил название пассивного давления. Система транспортируемый груз – лента в этом случае находится в максимальном напряженном состоянии [5].

Рассмотрим напряженное состояние системы при горизонтальном расположении ленты, считая, что насыпной груз является «идеально» сыпучим телом. Предположим, что формирование поперечного сечения груза после прохождения загрузочного и переходного участков закончилось, а частицы на всем участке транспортирования, вплоть до начала разгрузки, находятся в одинаковых условиях и относительно друг друга не смещаются. В этом случае ленту, опирающуюся на роликоопоры, можно рассматривать с достаточной точностью как сосуд большой протяженности с круглыми стенками. При

расчете давлений на стенки такого сосуда можно принять, что траектории главных напряжений являются вертикальными и горизонтальными прямыми.

Нормальное напряжение на наклонной площадке, расположенной под углом α для груза находящегося в объеме ограниченном площадью $BC \check{B}C$ (рис. 1), (площадью ограниченной ΔBDC пренебрегаем)

$$\sigma = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha, \text{ Н/м}^2 \quad (22)$$

где $\sigma_1 = \gamma \gamma$ – гидростатическое давление, Н/м^2 ; $\sigma_2 = k_{\text{под.}} \gamma \gamma$ – боковое давление, Н/м^2 ; $k_{\text{под.}}$ – коэффициент подвижности; y – расстояние от свободной поверхности до рассматриваемой наклонной площадки, м ; $\gamma = \gamma_H g$ – объемный вес перемещаемого груза, Н/м^3 ; γ_H – объемный вес насыпного груза, кГ/м^3 .

Подставив значения главных напряжений σ_1 и σ_2 , после некоторых преобразований получим нормальное активное давление груза на любую наклонную площадку, находящегося в объеме ограниченном площадью $BC \check{B}C$ (рис.1), расположенную под углом α при радиусе изгиба ленты R ,

$$\sigma_a = R \gamma (\cos 2\varphi + \cos \alpha) (\cos^2 \alpha + k_{\text{под.}} \sin^2 \alpha), \text{ Н/м}^2 \quad (23)$$

При движении конвейерной ленты во второй фазе и переходе системы транспортируемый груз — лента к максимальному напряженному состоянию наибольшим главным напряжением становится боковое давление, а наименьшим главным напряжением — гидростатическое давление.

Величина пассивных давлений на площадку, расположенную под углом α , находящегося в объеме ограниченном площадью $BC \check{B}C$ (рис.1), при максимальном напряженном состоянии может быть определена

$$\sigma_n = \sigma_{1n} \cos^2 (90 - \alpha) + \sigma_1 \sin^2 (90 - \alpha), \text{ Н/м}^2 \quad (24)$$

где σ_{1n} – наибольшее главное напряжение, Н/м^2 ; σ_1 – наименьшее главное напряжение, Н/м^2 .

Подставив $\sigma_{1n} = \frac{\sigma_1}{k_{\text{под.}}}$, $\sigma_1 = \gamma \gamma$, $y = R(\cos 2\varphi + \cos \alpha)$, получим пассивное давление насыпного груза на любую наклонную площадку

расположенную под углом α находящегося в объеме ограниченном площадью $BC \tilde{BC}$ (рис.1),

$$\sigma_n = R\gamma (\cos 2\varphi + \cos \alpha) \left(\frac{\sin^2 \alpha}{k_{\text{нод.}}} + \cos^2 \alpha \right), \text{ Н/м}^2 \quad (25)$$

Коэффициент подвижности для идеально сыпучего тела не зависит от величины нормального давления и является постоянной величиной [6]

$$k_{\text{нод.}} = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1+f^2} \quad (26)$$

Коэффициент подвижности для связного сыпучего тела [6]

$$k_{\text{нод.}} = 1 + 2f_\sigma f - 2f_\sigma \sqrt{1+f^2} \quad (27)$$

где f - коэффициент внутреннего трения материала, f_σ - коэффициент сопротивления сдвигу материала

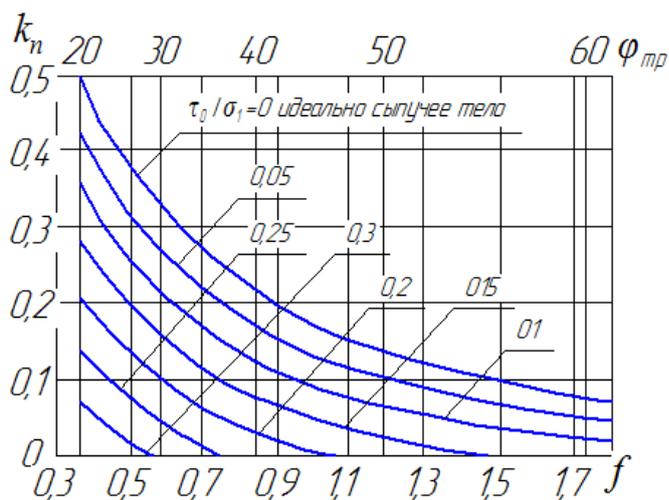


Рис. 4. График для определения коэффициента подвижности, $k_{\text{нод.}}$ - коэффициент подвижности, $\varphi_{\text{тр}}$ - угол внутреннего трения, f - коэффициент внутреннего трения.

Коэффициента подвижности по заданному углу внутреннего трения $\varphi_{\text{тр}}$ и коэффициенту внутреннего трения материала f можно определить из графика [6].

Для связных насыпных грузов коэффициент подвижности, а следовательно, и коэффициент бокового давления может быть равным нулю.

Исследования возникающих пассивных и активных давлений на ленту глубокой желобчатости, с поперечным сечением описывающим дугу окружности приведены в работе [5].

По результатам исследований получены графики изменения активных (сплошные линии) и пассивных (пунктирные линии) давлений песка на ленту с глубоким желобом (рис. 5).

Пассивные давления достигают высоких значений (в некоторых точках поперечного сечения превышают величину активных пример-

но в 2 раза) и оказывают существенное влияние на напряженное состояние системы конвейерная лента – груз.

При угле заполнения поперечного сечения трубчатой ленты

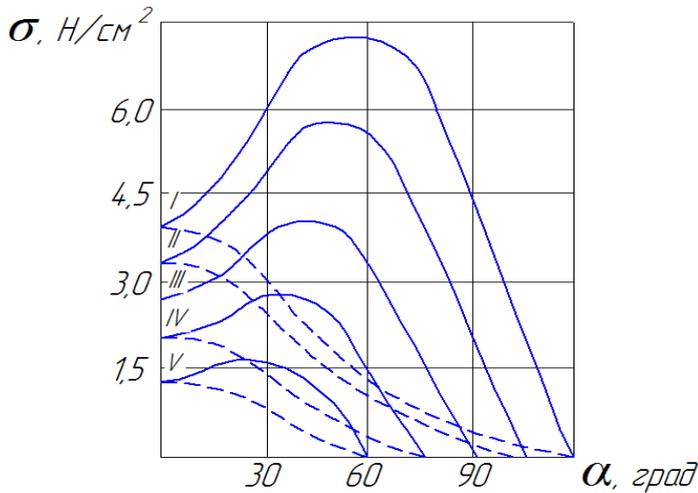


Рис. 5. Графики изменения активных (пунктирные линии) и пассивных (сплошные линии) давлений песка на ленту с глубоким желобом при различной степени заполнения поперечного сечения ленты:

I, II, III, IV и V — соответственно построены для значений $\varphi = 30, 37, 45, 52$ и 60°

$$R = 190 \text{ мм и } \gamma = 1,5 \text{ тс/м}^3$$

конвейера

$$\sigma_n = R\gamma \cos \beta (\cos 2\varphi + \cos \alpha) \left(\frac{\sin^2 \alpha}{k_{\text{нод.}}} + \cos^2 \alpha \right), \text{ Н/м}^2 \quad (28)$$

Установлено, что для гладкой ленты при угле заполнения поперечного сечения $\varphi = 30 \div 15^\circ$ легкосыпучими материалами угол наклона конвейера может быть доведен до 30° , а для связных материалов, имеющих более высокие коэффициенты внутреннего и внешнего трения, в некоторых случаях даже до 40° . В работе [7] указывается угол 30° , в работе [9] - 40° , работе [3] - 30° - 45° .

Суммарное пассивное давление по поперечному сечению ленты [5]

$$\sigma_n^c = 2R^2\gamma \cos \beta \int_0^\alpha (\cos 2\varphi + \cos \alpha) \left(\frac{\sin^2 \alpha}{k_{\text{нод.}}} + \cos^2 \alpha \right) \cdot d\alpha$$

$\varphi = 37^\circ$ максимальное пассивное давление воздействует на наклонную площадку, расположено под углом $\alpha = 55^\circ$ (рис.1), что находит подтверждение в работах [7] и [8].

При размещении трассы конвейера под углом β к горизонту происходит некоторое перераспределение активных и пассивных давлений насыпного груза на трубчатую ленту.

Пассивное давление насыпного груза на наклонную площадку, расположенную под углом α для наклонного

После вычисления интеграла, подставив значение $\alpha = \pi - 2\varphi$, имеем

$$\sigma_n^c = 2R^2\gamma_H g \cos \beta \left\{ \frac{\cos 2\varphi}{2} \left[(\pi - 2\varphi) \left(1 + \frac{1}{k_{\text{нод.}}} \right) - \frac{1}{2} \sin 4\varphi \left(1 - \frac{1}{k_{\text{нод.}}} \right) \right] + \sin 2\varphi - \frac{1}{3} \sin^3 2\varphi (1 - k_{\text{нод.}}) \right\}, \text{ Н/м} \quad (29)$$

При транспортировании щебня известняка, камня, штыба, каменного угля с $f = 0,75$ коэффициент подвижности

$$k_{\text{нод.}} = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1+f^2} = 1 + 2 \cdot 0,75^2 - 2 \cdot 0,75\sqrt{1+0,75^2} = 0,25$$

Подставив значения $\varphi = 37^\circ$ и $k_{\text{нод.}} = 0,25$ в уравнение (29) имеем

$$\sigma_n^c = 4,247R^2\gamma_H g \cos \beta, \text{ Н/м} \quad (30)$$

Удельное пассивное давление на роликоопоре

$$\sigma_n^{y\partial} = \frac{4,247R^2\gamma_H g \cos \beta}{k_1 B} = \frac{4,247R^2\gamma_H g \cos \beta}{3,7R} = 1,15R\gamma_H g \cos \beta$$

$$\sigma_n^{y\partial} = 1,15R\gamma_H g \cos \beta, \text{ Н/м}^2 \quad (31)$$

С учетом коэффициентов динамичности k_∂ и участия во взаимодействии части груза k_y

$$\sigma_n^c = 4,247R^2\gamma_H g \cos \beta \cdot k_\partial k_y, \text{ Н/м} \quad (32)$$

3. *Определение энергии сжатия ленты транспортируемым грузом в зоне контакта с роликами на линейной части трубчатого конвейера.*

Общую энергию сжатия ленты на роликоопоре линейной части конвейера определим из выражения

$$\Pi_{л1} = \frac{1}{2} \xi E_l \varepsilon^2 V, \text{ Дж} \quad (33)$$

где $\varepsilon = \frac{\sigma_n^c}{E_l}$ – относительная деформация сжатия; $V = k_1 B h_l l_c$ – объем деформаций части ленты, м^3 ; h_l – толщина ленты; E_l – жесткость конвейерной ленты на сдавливание; l_c – величина зоны сжатия ленты грузом на ролике; ξ – коэффициент, характеризующий отношение

пассивной энергии сдавливания груза на роликоопоре к энергии его активного развала. Согласно работе [10] $\xi = 4 \div 5$.

Подставив в уравнение (33) уравнение (20) и выполнив преобразования получим

$$\begin{aligned} \Pi_{л1} &= \frac{1}{2} 3,7 \xi R h_l l_c E_l \left(\frac{4,247 R^2 \gamma_H g \cos \beta \cdot k_\partial k_y}{E_l} \right)^2, \text{ Дж} \\ \Pi_{л1} &= 33,368 \xi R h_l l_c E_l \left(\frac{R^2 \gamma_H g \cos \beta \cdot k_\partial k_y}{E_l} \right)^2, \text{ Дж} \end{aligned} \quad (34)$$

Величину зоны сжатия ленты грузом на ролике l_c приближенно можно вычислить по известной хорде сжатия ленты роликом $l_{сж}$. Исходя из принципа Сен-Венана, зона сжатия ленты грузом распределена вправо и влево от осевой линии хорды сжатия на расстоянии $(3-3,5)l_{сж}$, т. е. вся зона сжатия равна $(6-7)l_{сж}$, $l_c = 7l_{сж}$. Хорду сжатия определим по известной из теории упругости формуле для сжатия цилиндров:

$$\begin{aligned} l_{сж} &= 1,82 \sqrt{\frac{1,15 R \gamma_H g l_p d_p \cos \beta}{E_p}} = 1,95 d_p \sqrt{\frac{R \gamma_H g l_p \cos \beta}{E_p d_p}} \\ l_{сж} &= 1,95 d_p \sqrt{\frac{R \gamma_H g l_p \cos \beta}{E_p d_p}}, \text{ м} \end{aligned} \quad (35)$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \Pi_{л1} &= 33,368 \xi R h_l E_l \left(\frac{R \gamma_H g \cos \beta \cdot k_\partial k_y}{E_l} \right)^2 \cdot 7 \cdot 1,95 d_p \sqrt{\frac{R \gamma_H g l_p \cos \beta}{E_p d_p}} \\ \Pi_{л1} &= \frac{455,48 \xi R^5 h_l d_p}{E_l} \sqrt{\frac{R (\gamma_H g \cos \beta)^5 l_p}{E_p d_p}} (k_\partial k_y)^2, \text{ Дж} \end{aligned} \quad (36)$$

Коэффициент динамичности определяем из уравнения [1]

$$k_\partial g Q h_{сж} = g Q h_{сж} + \frac{1}{2} k_y Q v_{сж}^2 \quad (37)$$

где Q – масса некоторого количества груза; $h_{сж}$ и $v_{сж}$ – соответственно высота и скорость сжатия ленты; $g Q h_{сж}$ – работа силы статического сжатия, в которой участвует масса всего выделенного количества

груза Q ; последний член уравнения обозначает кинетическую энергию массы части груза Q , участвующей в динамическом взаимодействии.

Таким образом,

$$k_{\partial} = 1 + \frac{k_y v_{сж}^2}{2gh_{сж}} \quad (38)$$

Высоту сжатия легко найти при известной хорде сжатия $l_{сж}$, $h_{сж} = l_{сж}^2 / d_p$ [1]. Считая процесс сжатия ленты равноускоренным, запишем $v_{сж} \approx h_{сж} / 2t_{сж}$, где $t_{сж}$ – время сжатия участка ленты, $t_{сж} = l_{сж} / 2v$.

Отсюда

$$v_{сж} = v \frac{l_{сж}}{d_p}$$

Окончательно получаем

$$k_{\partial} = 1 + \frac{k_y v^2}{2gd_p} \quad (39)$$

Коэффициент участия массы груза k_y определяем следующим способом. При внезапном сжатии ленты вверх по слою груза движется волна возмущения со скоростью a_{rp} . Если за время сжатия ленты $t_{сж}$ волна не достигает поверхности слоя, то в динамическом взаимодействии будет участвовать лишь часть груза высотой h . Время прохождения волны возмущения до этой высоты равно времени сжатия ленты: $h / a_{rp} = t_{сж}$ или

$$h = \frac{a_{rp} l_{сж}}{2v}, \text{ м} \quad (40)$$

Средняя высота слоя материала

$$h_r = y = R(\cos \alpha + \cos 2\varphi), \text{ м} \quad (41)$$

Согласно экспериментальным исследованиям наибольшее давление груза на ленту приходится на наклонную площадку находящейся под углом $\alpha=55^{\circ}$ (рис.1)

$$h_r = y = R(\cos 55^{\circ} + \cos 2 \cdot 37^{\circ}) = 1,046R, \text{ м} \quad (42)$$

Отношение высоты возмущенной части груза h к полной h_r , и будет характеризовать ту часть груза, которая участвует во взаимо-

действию. Однак величина k_y зверху обмежена одиницею. Тому формула для k_y набуває вигляду

$$k_y = k'_y \sigma_0 (1 - k'_y) + \sigma_0 (k'_y - 1) \quad (43)$$

де $\sigma_0(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x \geq 0 \\ 0 & \text{при } x < 0 \end{cases}$

$$k'_y = \frac{h}{h_r} = \frac{1,95 d_p a_{rp}}{1,046 R \cdot 2v} \sqrt{\frac{R \gamma_H g l_p \cos \beta}{E_p d_p}}$$

$$k'_y = 0,932 \frac{d_p a_{rp}}{v} \sqrt{\frac{R \gamma_H g l_p \cos \beta}{E_p d_p}} \quad (44)$$

Однак цим не вичерпується фізична сутність поняття коефіцієнта участя вантажу в взаємодії. Мелкокусковою грунту має яскраво виражену пластичність, проявляючись тим сильніше, чим менше швидкість навантаження. Це означає, що швидкість розповсюдження порушення в вантажі — величина змінна, залежна від швидкості його деформації [1]

$$a_{rp} = a_{rp0} \frac{v^2}{\chi + v^2}, \text{ м/с} \quad (45)$$

Здесь a_{rp0} — максимальне значення швидкості деформації; χ — параметр, характеризуючий пластичність транспортуваного вантажу.

На основі спеціальних експериментів, проведених в ИГТМ АН УССР, можна прийняти: $a_{rp0} = 15$ м/с; $\chi = 2,3$ — для дуже вологої, пластичної глини; $\chi = 1,0$ — для рядової глини, вологого піску, ґрунту; $\chi = 0,7$ — для рядового піску і щебня, сухого ґрунту, вологої мелкокускової руди; $\chi = 0,4$ — для сухого піску, сухого щебня і т. п. [1].

$$k'_y = 0,932 \frac{d_p a_{rp0}}{v} \sqrt{\frac{R \gamma_H g l_p \cos \beta}{E_p d_p}} \frac{v^2}{\chi + v^2}$$

$$k'_y = 13,98 \frac{d_p v}{(\chi + v^2)} \sqrt{\frac{R \gamma_H g l_p \cos \beta}{E_p d_p}} \quad (46)$$

4. Выявление зависимости для определения срока службы ленты трубчатого конвейера

Эквивалентная энергия сдавливания ленты определяется из соотношения [1]

$$C = \Pi_{ni}^{1/m} n_{ni} + \Pi_{n1}^{1/m} n_{n1} + \Pi_{li}^{1/m} n_{li} + \Pi_{l1}^{1/m} n_{l1}, \text{ Дж} \quad (47)$$

где C – работоспособность конвейерной ленты, Дж; m – параметр, характеризующий угол наклона логарифмических характеристик усталости ленты на сжатие (для ленты ТА-300/60 $m = 6/11$ [1]); Π_{ni} – энергия сжатия ленты в пункте погрузки при ударе по ней куска груза i -й фракции; n_{ni} – число ударов кусков i -й фракции в одну и ту же зону поверхности ленты в пункте погрузки с учетом всех вероятностей случайных событий; Π_{n1} – энергия сжатия конвейерной ленты потоком мелкого груза, падающего с высоты в пункте погрузки; n_{n1} – количество циклов действия потока мелкокускового груза на один и тот же участок поверхности ленты в пункте погрузки; Π_{li} – энергия сжатия ленты кусками груза на роликах линейной части конвейера; n_{li} – число ударов кусков в одну и ту же зону поверхности ленты на линейной части конвейера с учетом всех вероятностей случайных событий; Π_{l1} – общая энергия сжатия ленты на роликоопоре линейной части конвейера; n_{l1} – количество циклов действия потока мелкокускового груза на один и тот же участок поверхности ленты на линейной части конвейера.

Работоспособность конвейерной ленты C , для лент типа ТА-300/60 может быть определена по формуле [1]

$$C = 10^9 \frac{\left(1 + \sqrt[3]{A_k d_p}\right)^4}{A_k^2 \sqrt[3]{\left(A_k d_p\right)^4}} E_l h_l^5, \text{ Дж} \quad (48)$$

где $A_k = 1/d_k$ – кривизна асимметричной поверхности куска груза, м^{-1} ; d_k – диаметр выступа куска, м; d_p – диаметр ролика, м; E_l – жесткость конвейерной ленты (для лент с тканями типа 2К-300, 1ТА-300, применяемых для скальных грузов $E_l = E_p [1 + i / (3,706 + 0,118i)]$, [1]); $E_p = (0,5 \div 0,7) 10^7 \text{ Па}$ – модуль упругости резины; h_l – толщина кон-

вейерной ленты (для лент с тканями типа 2К-300, 1ТА-300 $h_l = 0,0063 + 0,0019i$, [1]); i – число прокладок в ленте.

Энергия сжатия ленты в пункте погрузки при ударе по ней куска груза i -й фракции определяется по формуле [1]

$$\Pi_{ni} = \frac{gG_{ki}H}{1 + \frac{G_{ki}}{G_p}}, \text{ Дж} \quad (49)$$

где H – высота падения куска на ленту в зоне погрузки, м; $G_{ki} = 0,22\gamma_{\text{ц}} a_{ki}^3$ – масса куска i – фракции, кГ; G_p – масса роlikоопоры, кГ (для жестких роlikоопор $G_p = \infty$).

Число ударов кусков острой кромкой по поверхности ленты на роlikоопоре в месте погрузки определяется по формуле (7)

$$n_{ni} = \frac{0,67vT_l d_p}{A_k B L_k (2l_{pn} - d_p)}$$

где a_{ki} – длина наибольшего куска i -й фракции в объеме горной массы, м; $B = 2\pi R + 2\delta_{\text{неп.}} = 8,28R$ – ширина ленты трубчатого конвейера, м; $\delta_{\text{неп.}} = R$ – величина зоны перекрытия слоев ленты при формировании трубы [2]; l_p – расстояние между роlikоопорами; l_{pn} – расстояние между роlikоопорами в зоне погрузки конвейера, м; L_k – длина конвейера, м; v – скорость движения ленты, м/ч; T_l – чистое время работы ленты, ч; q – погонная масса транспортируемого груза, м.

Выразив B через R имеем

$$n_{ni} = \frac{0,081vT_l d_p}{R A_k L_k (2l_{pn} - d_p)} \quad (50)$$

Энергия сжатия конвейерной ленты потоком мелкого груза, падающего с высоты H в пункте погрузки определяется по формуле [1]

$$\Pi_{n1} = 4k_{\text{исн.}} \frac{(g\gamma_H H)^3 B^2 d_p h_l}{\left(S_n + \frac{2D_{\bar{6}}}{d_p l_{pn}} \right) E_l}, \text{ Дж} \quad (51)$$

где $k_{\text{исн.}} \approx 0,75$ – коэффициент использования ширины ленты в пункте погрузки; l_{pn} – расстояние между роlikоопорами в зоне погрузки кон-

вейера, м; $S_n = 10^4 B^2 (L_k / 100)$ - натяжением ленты в пункте погрузки [1]; $D_{\sigma} = 1,47 \cdot 10^{-4} e_n B^3 i \cdot \sin^2 \beta_p$ - балочная жесткость ленты характеризующая сопротивляемость изгибу ее желоба, H/m^2 ; $e_n = 10^6 H / m$ - агрегатная жесткость 1 прокладки на растяжение; β_p - угол наклона роликов установленных на роликоопоре ($D_{\sigma} = 220,5 B^3$ [1]).

Выразив B через R и выполнив преобразования в уравнении (51) имеем

$$\Pi_{n1} = 4 \cdot 0,75 \frac{(g\gamma_H H)^3 (8,28R)^2 d_p h_l}{\left(10^4 (8,28R)^2 \frac{L_k}{100} + \frac{2 \cdot 220,5 \cdot (8,28R)^3}{d_p l_{pn}} \right) E_l}, \text{ Дж}$$

$$\Pi_{n1} = \frac{0,0003 (g\gamma_H H)^3 d_p h_l}{\left(\frac{L_k}{100} + \frac{0,365R}{d_p l_{pn}} \right) E_l}, \text{ Дж} \quad (52)$$

Количество циклов действия потока мелкокускового груза на один и тот же участок поверхности ленты в пункте погрузки определяется по формуле (2) [1]

$$n_{n1} = \frac{vT_l}{2L_k}$$

Энергия сжатия ленты кусками груза на роликах линейной части конвейера импульсное. До подхода куска груза к ролик его вес передается на корпус ролика через ленту в виде распределенной нагрузки. В момент входа на ролик нагрузка концентрируется на малой площадке выступа куска. Концентрация происходит кратковременно, вызывая динамический эффект из-за опускания центра тяжести куска при резком изменении сдавливания ленты [1]. Согласно исследованиям [1] энергия сжатия ленты кусками груза на роликах линейной части конвейера

$$\Pi_{ли} = \frac{32}{45} E_l h^5 \frac{A_k^2}{\left(1 + \sqrt[3]{A_p / A_k} \right)^4} \varphi_k^5 \quad (53)$$

где φ_k – степень сжатия ленты куском груза

На создание динамического эффекта затрачивается энергия, определяемая разностью энергий динамического и статического сжатия упругого слоя ленты [1]

$$\Pi_{ли} = \frac{32}{45} E_l h^5 \frac{A_k^2}{\left(1 + \sqrt[3]{A_p / A_k}\right)^4} \left(\varphi_{кд}^5 - \varphi_{кс}^5\right) \quad (54)$$

$$\varphi_{кд} / \varphi_{кс} = \sqrt[3]{2} \quad (55)$$

где $\varphi_{кд}$ – степень динамического сжатия ленты куском груза; $\varphi_{кс}$ – степень статического сжатия ленты куском груза

$$\varphi_{кд} = \left[\frac{45 \left(1 + \sqrt[3]{A_k d_p}\right)^2}{64 A_k d_p} \frac{v^2}{E_l h^3} \frac{G_{ki} \frac{a_{ki} + d_p}{2a_{ki}}}{1 + \frac{G_{ki} \frac{a_{ki} + d_p}{2a_{ki}}}{G_p \frac{2a_{ki}}{2a_{ki}}}} \right] \quad (56)$$

Подставив уравнение (55), (56) в уравнение (54) и выполнив преобразования получим

$$\Pi_{ли} = 4,558 \cdot 10^{-3} \frac{v^{10}}{E_l^4} \frac{\left(1 + \sqrt[3]{A_k d_p}\right)^6}{A_k^3 d_p^5} \left[\frac{G_{ki} \frac{a_{ki} + d_p}{2a_{ki}}}{1 + \frac{G_{ki} \frac{a_{ki} + d_p}{2a_{ki}}}{G_p \frac{2a_{ki}}{2a_{ki}}}} \right]^5 \quad (57)$$

В работе [1] в зависимости (54) предлагается значение $\varphi_{кс}$ заменить на $\varphi_{кд}$ при этом допущена некоторая неточность в выводе зависимости $\Pi_{ли}$ приведенной в таблице 5.

Число ударов кусков острой кромкой по поверхности ленты на роликоопоре на линейной роликоопоре определяется по формуле (21)

$$n_{ли} = \frac{0,135 v T_l}{A_k l_p R}$$

Общая энергия сжатия ленты на роликоопоре линейной части конвейера определяется по формуле (36)

$$\Pi_{л1} = \frac{455,48 \xi R^5 h_l d_p}{E_l} \sqrt{\frac{R(\gamma_H g \cos \beta)^5 l_p}{E_p d_p}} (k_d k_y)^2, \text{ Дж}$$

Количество циклов действия потока мелкокусового груза на один и тот же участок поверхности ленты на линейной части конвей-

ера определяется по формуле (3) [1]

$$n_{л1} = \frac{vT_{л}}{2l_p}$$

Подставив уравнения (48 - 57), (2), (3), (21), (36) в уравнение (47) и выполнив преобразования определим срок службы ленты трубчатого конвейера

$$C = \Pi_{ni}^{1/m} \frac{0,081vT_{л}d_p}{RA_{к}L_{к}(2l_{pn} - d_p)} + \Pi_{n1}^{1/m} \frac{vT_{л}}{2L_{к}} + \Pi_{ли}^{1/m} \frac{0,135vT_{л}}{A_{к}l_p R} + \Pi_{л1}^{1/m} \frac{vT_{л}}{2l_p}$$

$$C = \frac{vT_{л}}{2L_{к}} \left[\Pi_{ni}^{1/m} \frac{2 \cdot 0,081d_p}{RA_{к}(2l_{pn} - d_p)} + \Pi_{n1}^{1/m} + \Pi_{ли}^{1/m} \frac{2 \cdot 0,135 L_{к}}{A_{к}R l_p} + \Pi_{л1}^{1/m} \frac{L_{к}}{l_p} \right]$$

$$T_{л} = \frac{2CL_{к}}{v} \left[\left(\Pi_{n1}^{1/m} + \Pi_{л1}^{1/m} \frac{L_{к}}{l_p} \right) + \frac{0,27}{A_{к}R} \left(\Pi_{ni}^{1/m} \frac{0,3d_p}{(2l_{pn} - d_p)} + \Pi_{ли}^{1/m} \frac{L_{к}}{l_p} \right) \right]^{-1} \quad (58)$$

5. Влияние параметров груза и конвейера на срок службы ленты при транспортировании рыхлых грузов

Проанализируем влияние основных параметров установки (длины, скорости и ширины ленты) на срок ее службы при транспортировании мелкокусковых рыхлых грузов.

Для рыхлых грузов составляющие Π_{ni} и $\Pi_{ли}$ не учитывались. Составляющими $q = 2,114\gamma_H R^2$; $D_{\bar{\sigma}} = 220,5B^3 = 220,5 \cdot (8,28R)^3$, $S_n = 10^4 B^2 (L_{к} / 100) = 10^3 (8,28R)^2 (L_{к} / 100)$ и т. д. учитывалось возрастание повсеместного (предварительного) натяжения ленты с увеличением нагрузки на конвейер, пропорциональной B^2 и $L_{к}$, для обеспечения нормального сцепления с приводным барабаном.

$$T_{л} = \frac{2CL_{к}}{v} \left[\Pi_{n1}^{1/m} + \Pi_{л1}^{1/m} \frac{L_{к}}{l_p} \right]^{-1}, \text{ ч} \quad (55)$$

Согласно формуле (55) и принятым данным построены графики изменения срока службы трубчатой ленты при $C = 0,6 \cdot 10^4$ в программном обеспечении Matcad.

При расчете срока службы ленты транспортирующей рыхлый груз обозначим T_n как T_1

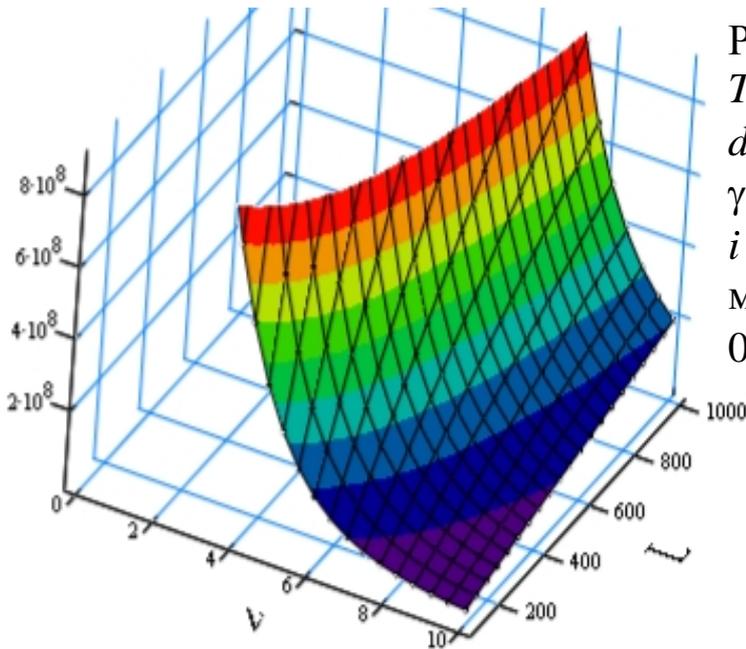


Рис. 6. Графік изменения $T_1 = f(v, L)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,3$ м

Рис. 7. Графік изменения $T_1 = f(v, L)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,4$ м

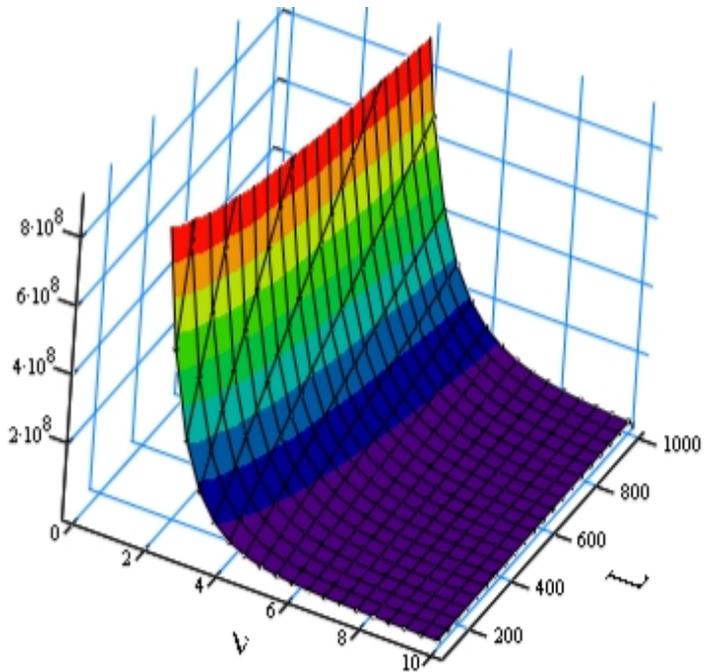
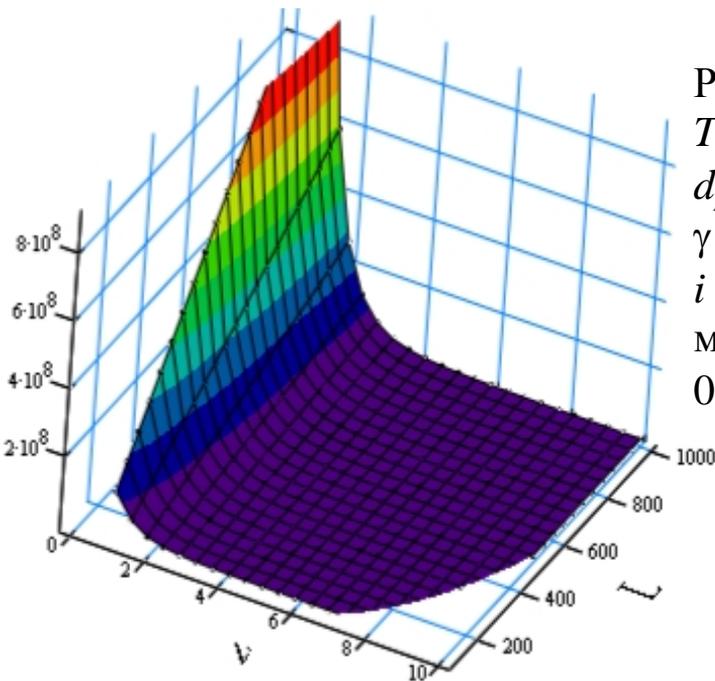


Рис. 8. Графік изменения $T_1 = f(v, L)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,6$ м



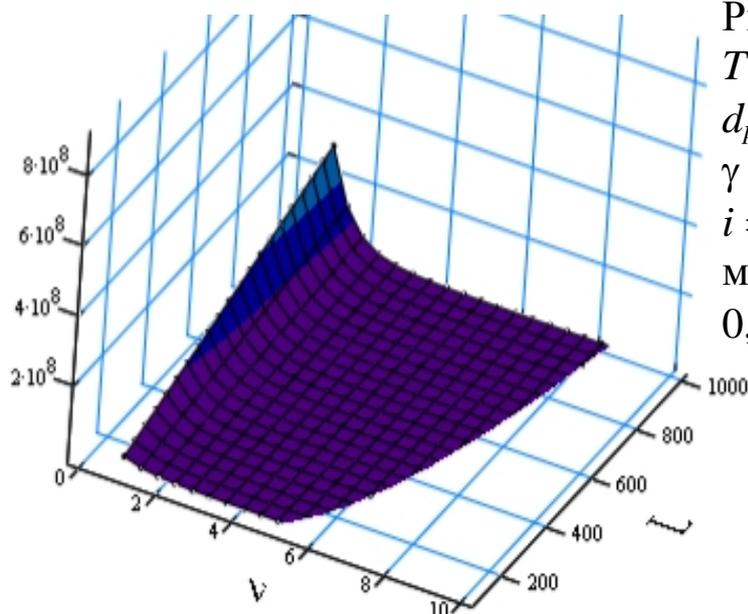


Рис. 9. График изменения $T_1 = f(v, L)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,7$ м

Рис. 10. График изменения $T_1 = f(v, l_p)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $m = 6/11$, $L = 500$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,2$ м

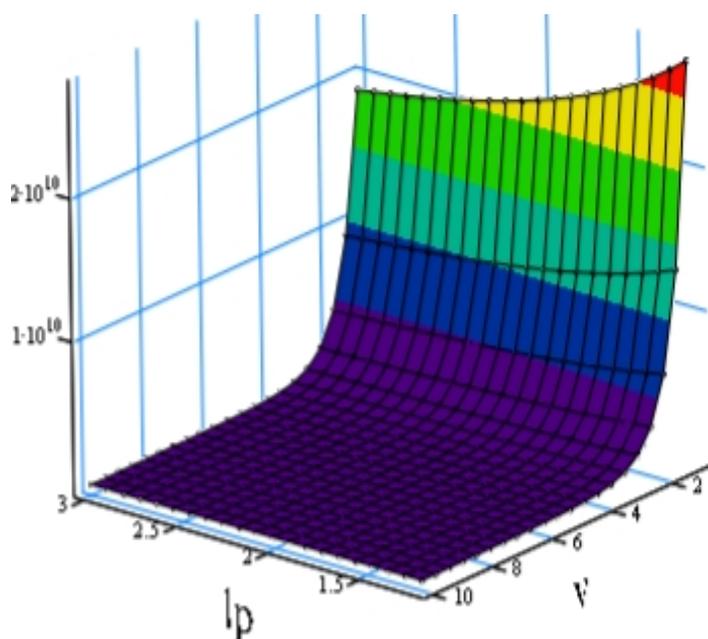
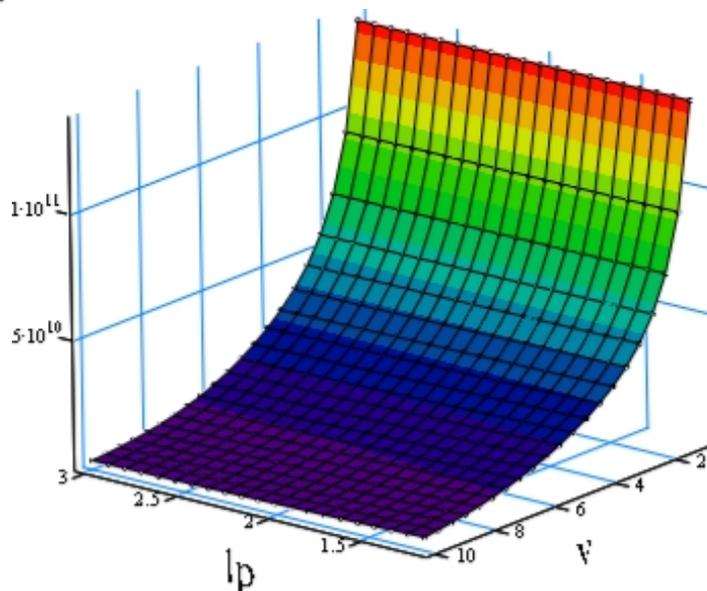


Рис. 11. График изменения $T_1 = f(v, l_p)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $m = 6/11$, $L = 500$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,4$ м

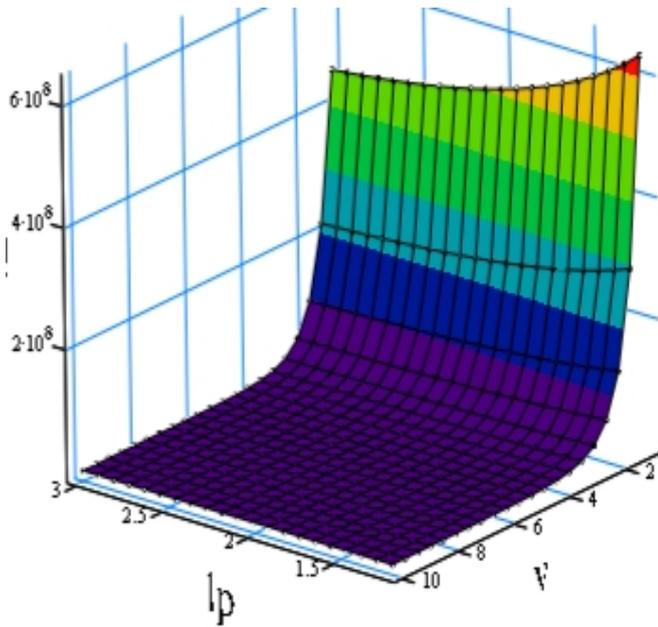


Рис. 12. Графік изменения $T_1 = f(v, l_p)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $m = 6/11$, $L = 500$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,6$ м

Рис. 13. Графік изменения $T_1 = f(v, R)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $L = 500$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

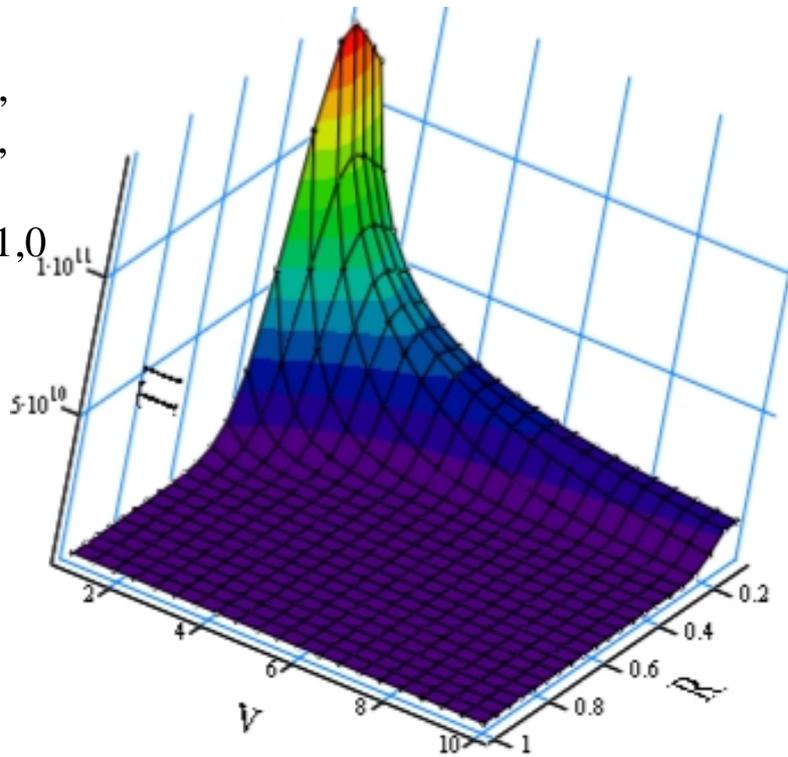


Рис. 14. Графік изменения $T_1 = f(L, \alpha)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $R = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $v = 4$ м/с

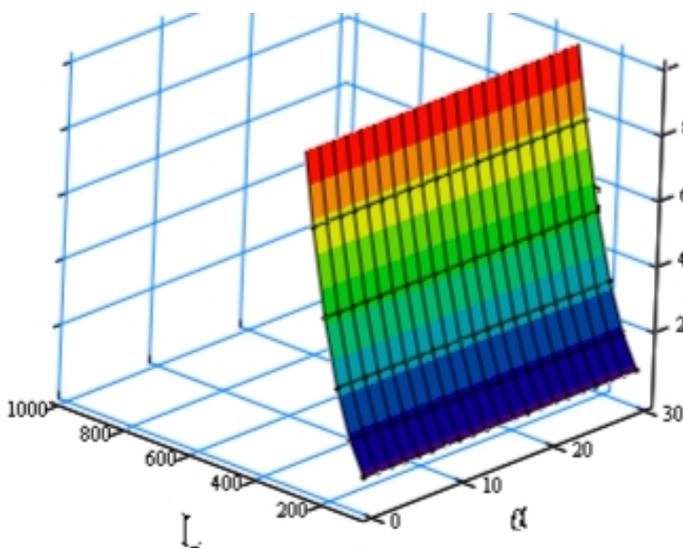


Рис. 15. График изменения $T_1 = f(L, \alpha)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $R = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $v = 2$ м/с

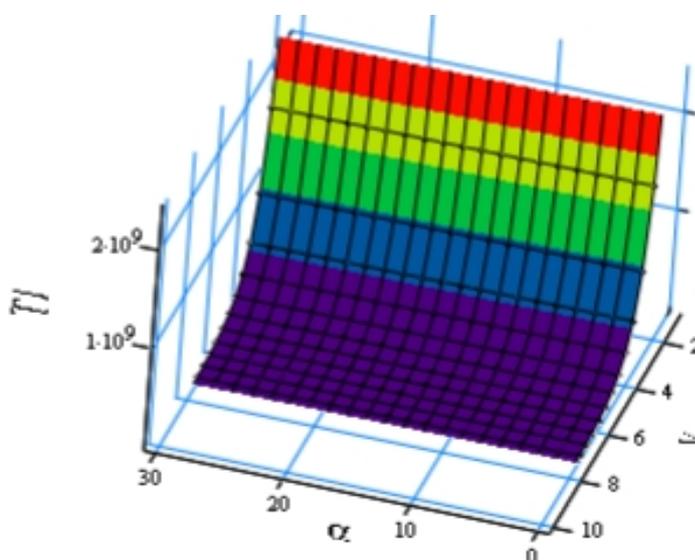
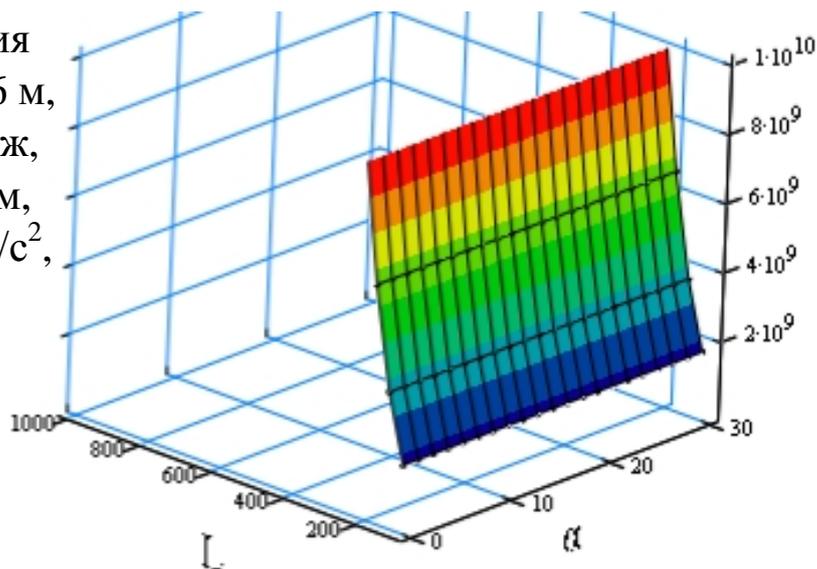


Рис. 16. График изменения $T_1 = f(v, \alpha)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $R = 0,4$ м, $L = 500$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

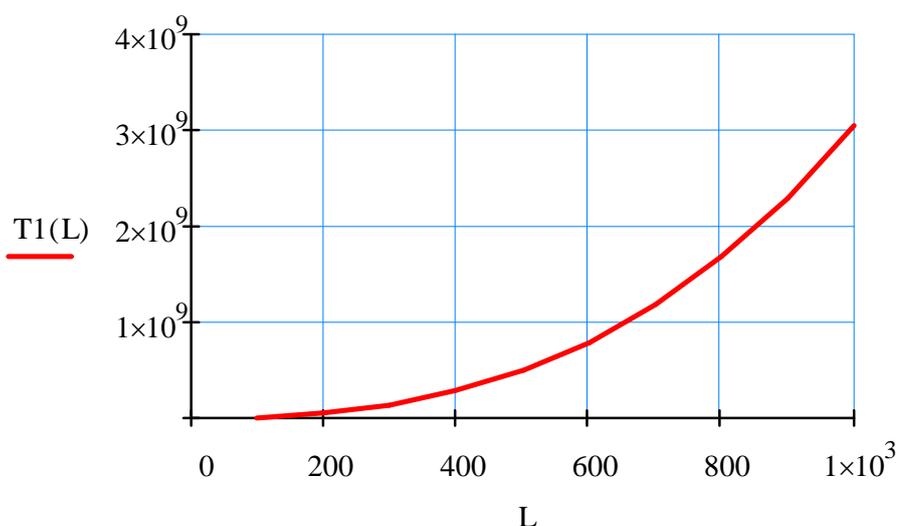


Рис. 17. График изменения $T_1 = f(L)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $R = 0,2$ м, $v = 4$ м/с, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

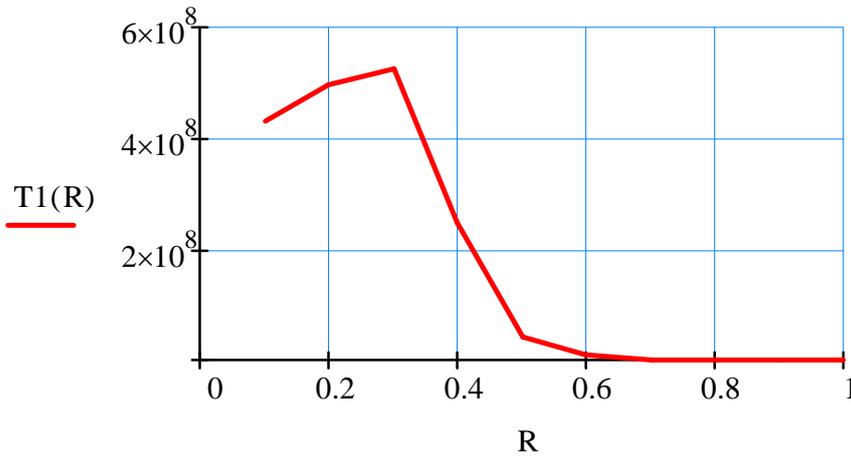


Рис. 18. Графік изменения $T_1 = f(R)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $v = 4$ м/с

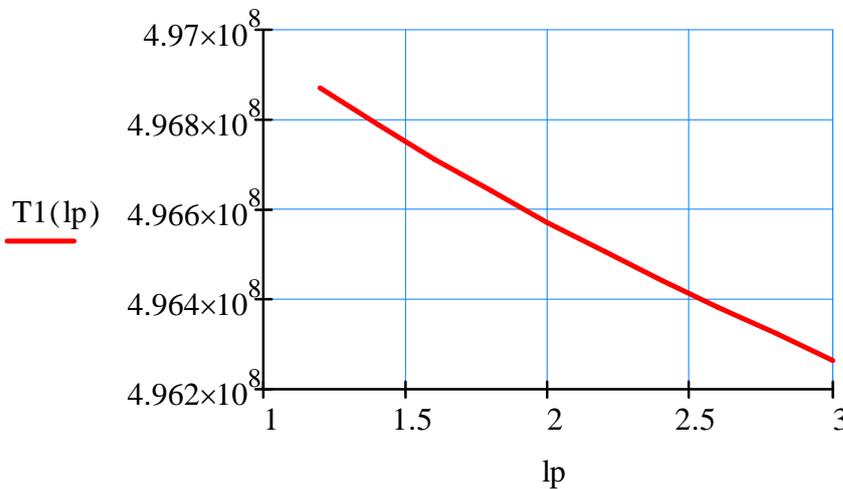


Рис. 19. Графік изменения $T_1 = f(l_p)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $m = 6/11$, $L = 500$ м, $R = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $v = 4$ м/с

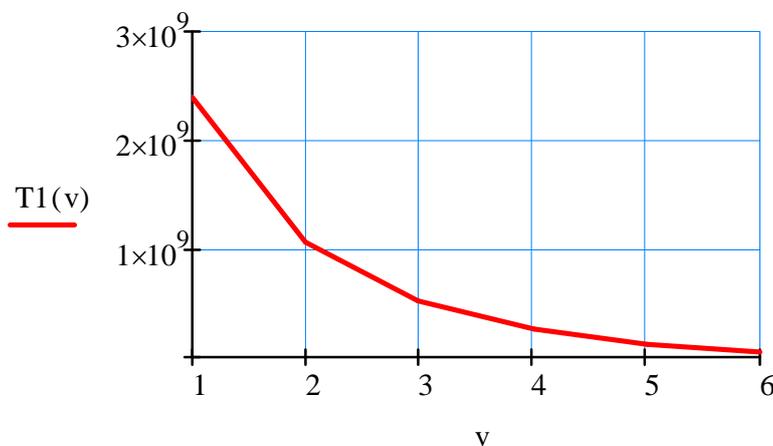


Рис. 20. Графік изменения $T_1 = f(v)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,4$ м, $l_p = 1,2$ м, $L = 500$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

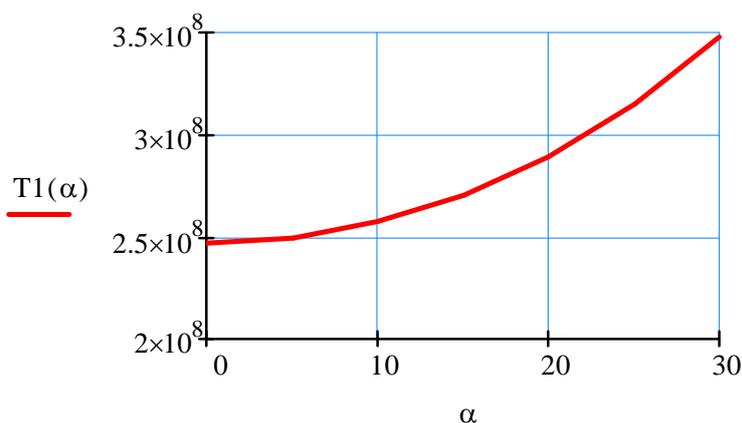


Рис. 21. График изменения $T_1 = f(\alpha)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 1,0$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,4$ м, $l_p = 1,2$ м, $v = 4$ м/с, $L = 500$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

6. Влияние параметров груза и конвейера на срок службы ленты при транспортировании кусковых грузов

Проведем анализ влияния на срок службы ленты гранулометрического состава горной массы при ее подготовке грохочением. При расчетах по формуле (58) гранулометрический состав исходной горной массы взят с учетом данных приведенных в работе [1] табл. 6.

Согласно формуле (58) и принятым данным построены графики изменения срока службы трубчатой ленты при $C = 0,6 \cdot 10^4$ в программном обеспечении Matcad.

При расчете срока службы ленты транспортирующей кусковой груз обозначим T_n как T_2

Выводы и направления дальнейших исследований.

1. Выявлены зависимости срока службы ленты с неполным заполнением сечения трубы для конвейера транспортирующего сыпучий и кусковой груз без подсыпки.

2. Полученные зависимости позволяют оценить долговечность трубчатой ленты по таким параметрам как: длина конвейера, высота падения груза в месте загрузки, расстояние между роlikоопорами, скорость движения ленты, диаметр трубы ленты, размер груза по кусковатости, размер роlikоопор, вес кусков транспортируемых фракций, угол установки конвейера, остроконечность транспортируемых кусков, параметры и работоспособность ленты.

3. Из полученных графиков рис. 6÷ 44 установлено, что:

- долговечность ленты транспортирующей рыхлые материалы несколько ниже долговечности ленты транспортирующей кусковые

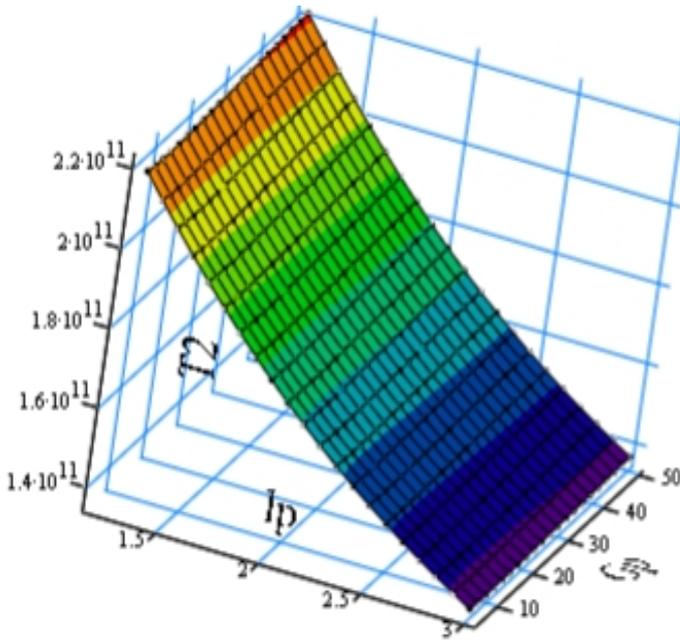


Рис. 22. График изменения $T_2 = f(l_p, G_p)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,2$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $A_\kappa = 100$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $v = 2$ м/с.

Рис. 23. График изменения $T_2 = f(l_p, G_p)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,2$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i = 6$, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $A_\kappa = 100$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $v = 4$ м/с.

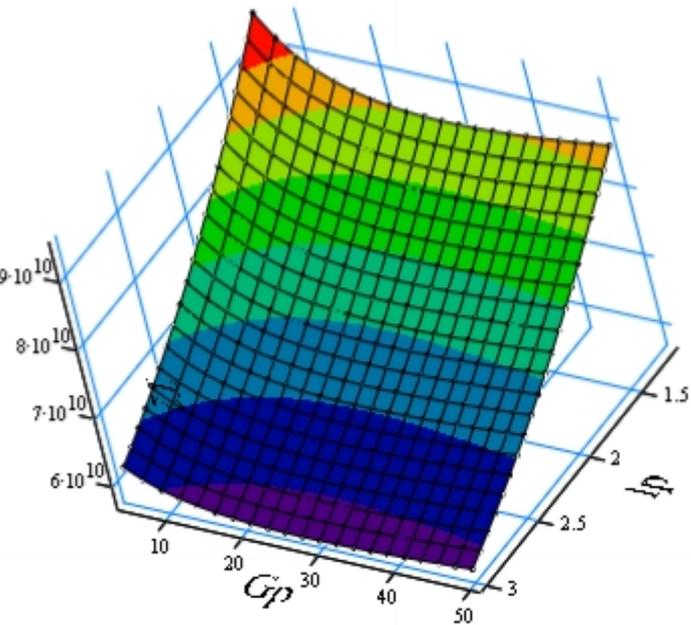
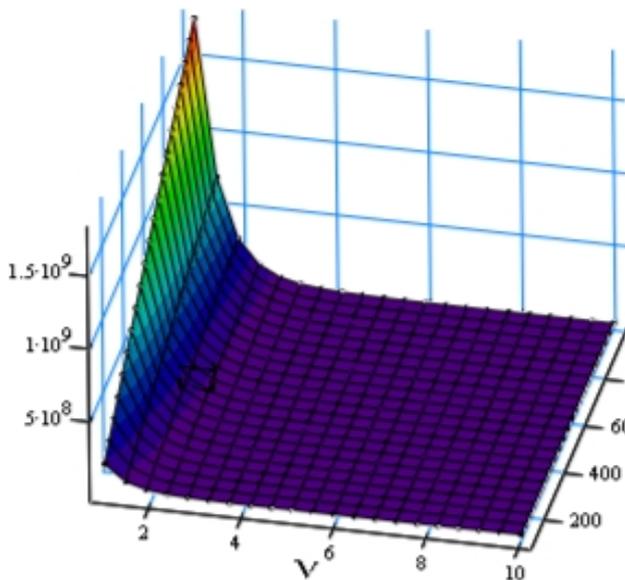


Рис. 24. График изменения $T_2 = f(L, v)$ при $h = 0,0176$ м, $i = 6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,6$ м, $G_p = 50$ кГ, $A_\kappa = 50$ м⁻¹



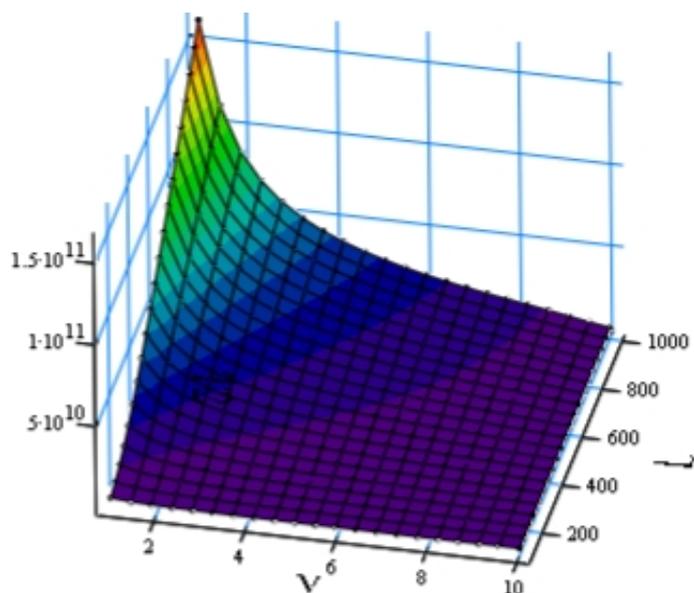


Рис. 25. График изменения $T_2 = f(L, v)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $R = 0,6$ м, $G_p = 50$ кГ, $A_\kappa = 50$ м⁻¹

Рис. 26. График изменения $T_2 = f(l_p, v)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,5$ м, $G_p = 50$ кГ, $G_{ki} = 21$ кГ, $l_{ki} = 0,795$ м, $a_{ki} = 0,3$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $A_\kappa = 100$ м⁻¹

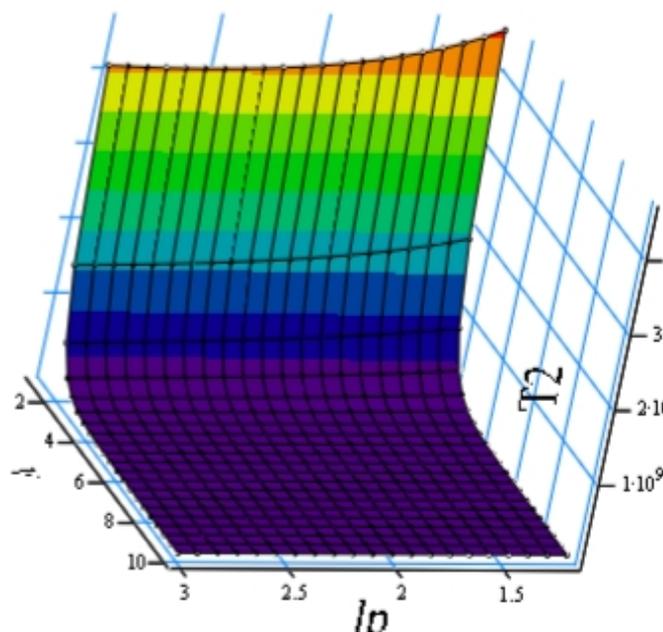
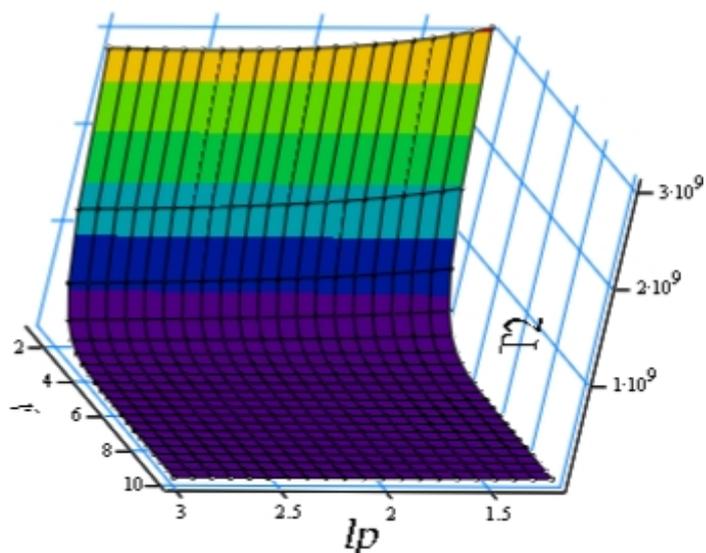


Рис. 27. График изменения $T_2 = f(l_p, v)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,5$ м, $G_p = 50$ кГ, $G_{ki} = 6$ кГ, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $A_\kappa = 100$ м⁻¹

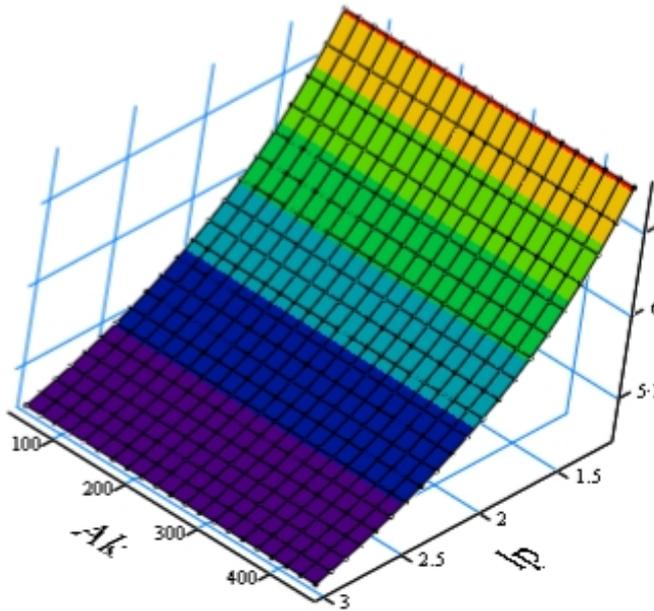


Рис.28. Графік изменения $T_2 = f(l_p, A_k)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,6$ м, $G_p = 50$ кГ, $G_{ki} = 6$ кГ, $a_{ki} = 0,2$ м, $v = 4,0$ м/с, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

Рис. 29. Графік изменения $T_2 = f(l_p, A_k)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,6$ м, $G_p = 50$ кГ, $G_{ki} = 21$ кГ, $a_{ki} = 0,3$ м, $v = 4,0$ м/с, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

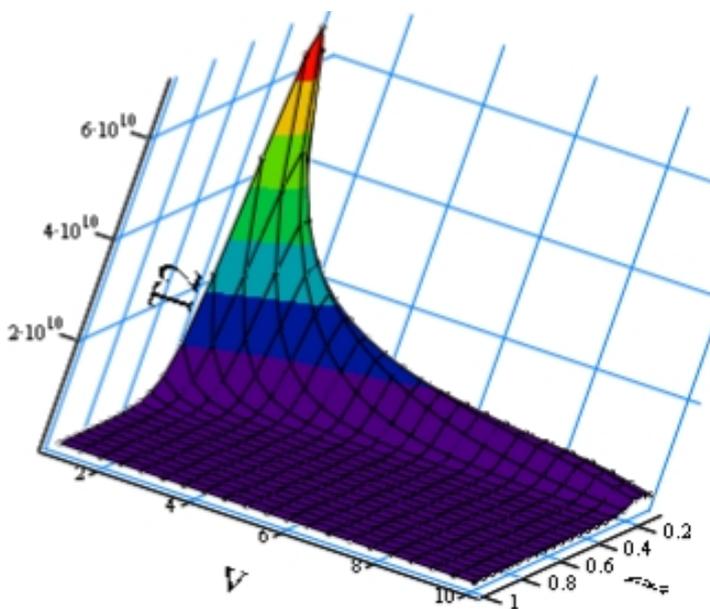
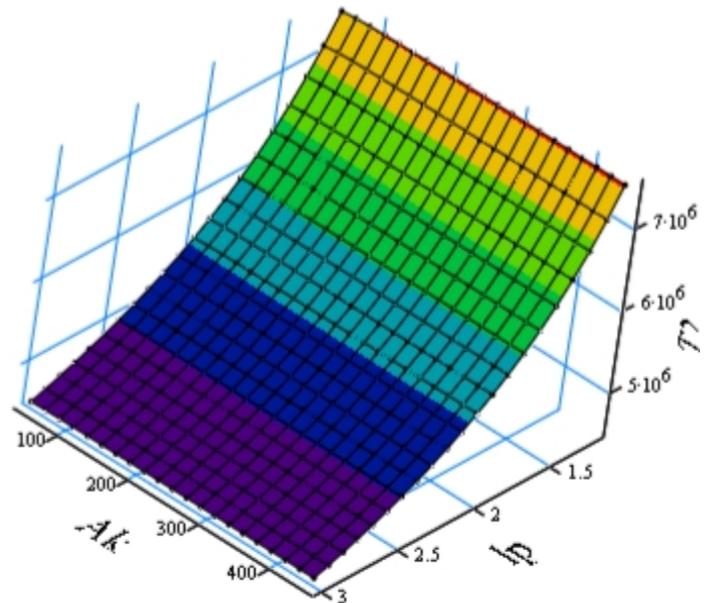


Рис. 30. Графік изменения $T_2 = f(R, v)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_p = 5$ кГ, $l_p = 1,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $G_{ki} = 6$ кГ, $A_k = 150$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м,

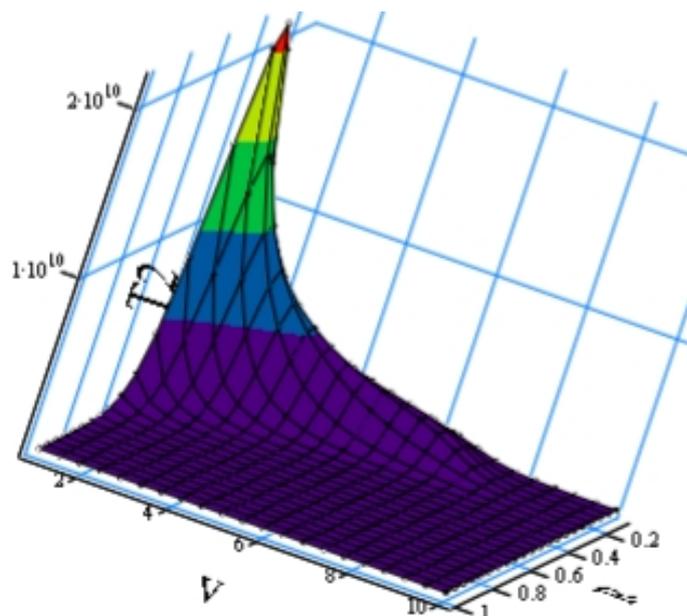


Рис. 31. График изменения $T_2 = f(R, v)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_p = 5$ кг, $l_p = 1,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $G_{ki} = 21$ кг, $A_k = 50$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,3$ м,

Рис. 32. График изменения $T_2 = f(R, v)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_p = 5$ кг, $l_p = 1,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $G_{ki} = 21$ кг, $A_k = 150$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,3$ м,

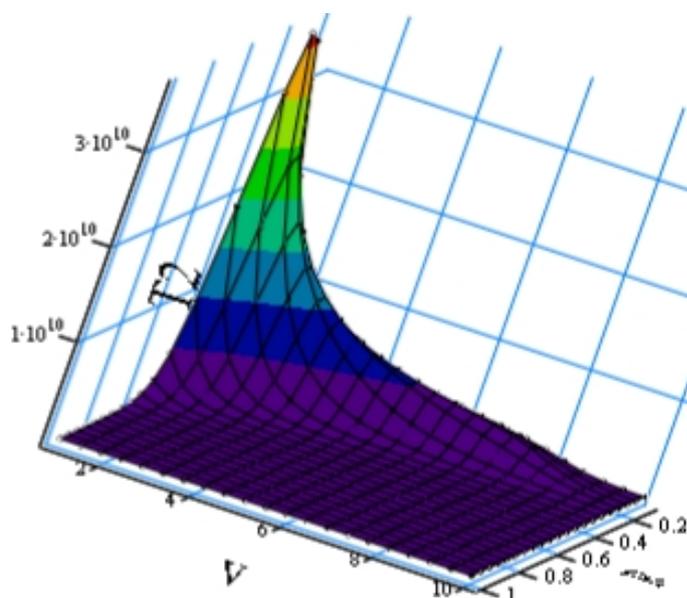
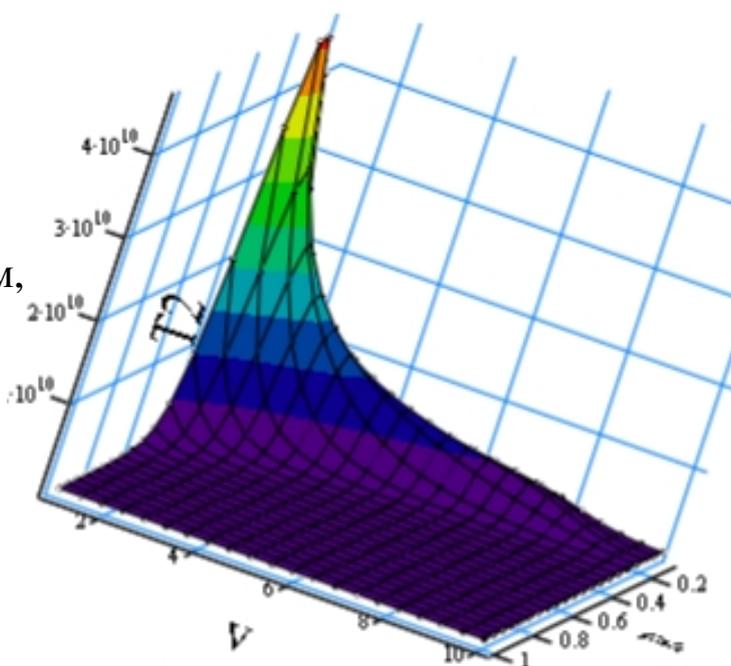


Рис. 33. График изменения $T_2 = f(R, v)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_p = 5$ кг, $l_p = 1,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $G_{ki} = 6$ кг, $A_k = 50$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м,

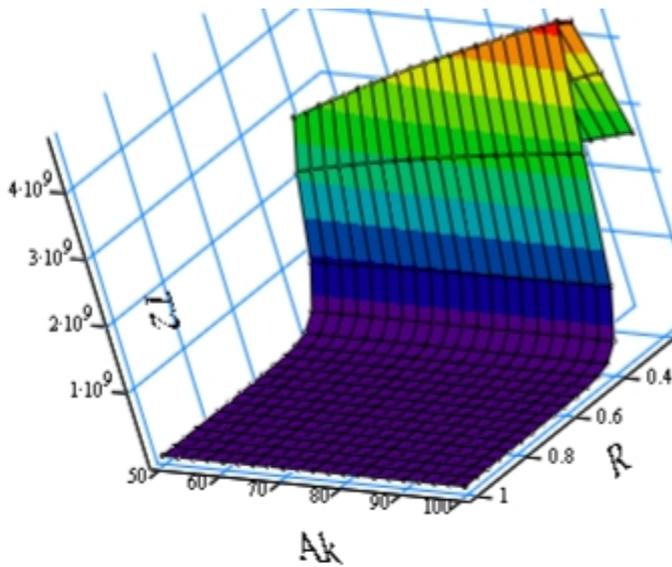


Рис. 34. Графік изменения $T_2 = f(R, A_k)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_p = 15$ кГ, $l_p = 1,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $G_{ki} = 6$ кГ, $a_{ki} = 0,2$ м, $v = 5,0$ м/с

Рис. 35. Графік изменения $T_2 = f(R, A_k)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $G_p = 15$ кГ, $l_p = 1,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $G_{ki} = 6$ кГ, $a_{ki} = 0,2$ м, $v = 3,0$ м/с

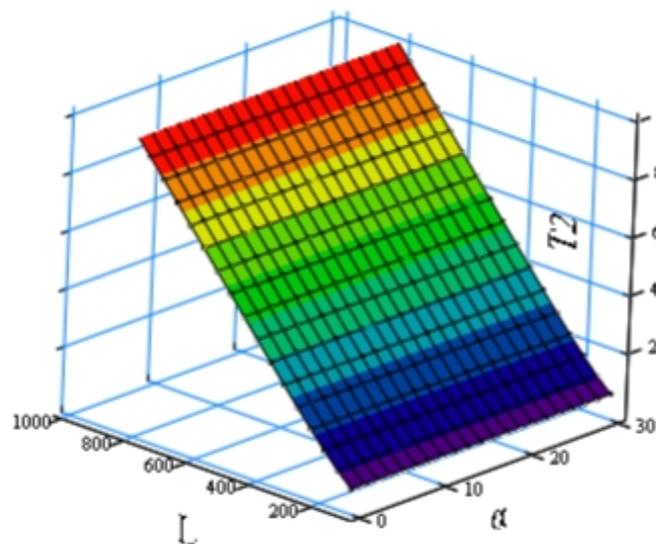
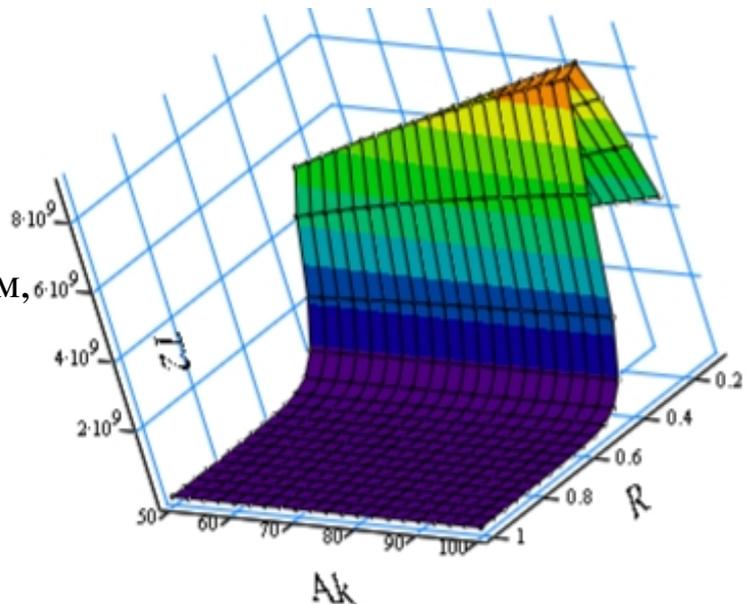


Рис. 36. Графік изменения $T_2 = f(L, \alpha)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,2$ м, $G_p = 50$ кГ, $l_p = 1,2$ м, $G_{ki} = 6$ кГ, $v = 3,0$ м/с, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $A_k = 100$ м⁻¹

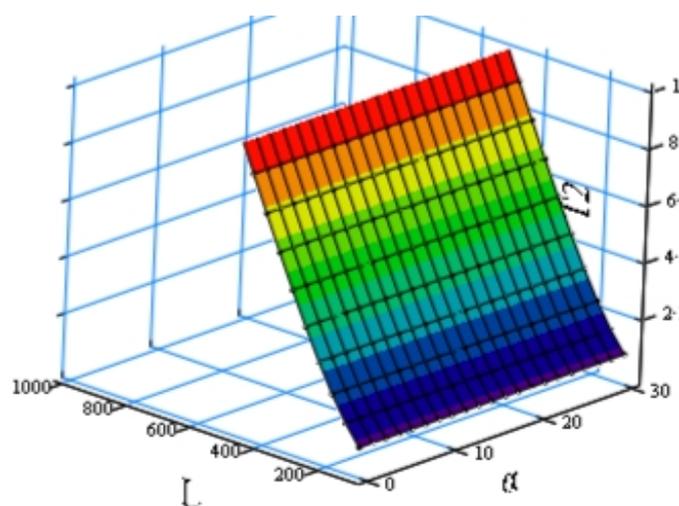


Рис. 37. График изменения $T_2 = f(L, \alpha)$ при $h = 0,0176$ м, $i=6$, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $m = 6/11$, $R = 0,2$ м, $G_p = 50$ кг, $l_p = 1,2$ м, $G_{ki} = 6$ кг, $v = 3,0$ м/с, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $A_\kappa = 200$ м⁻¹

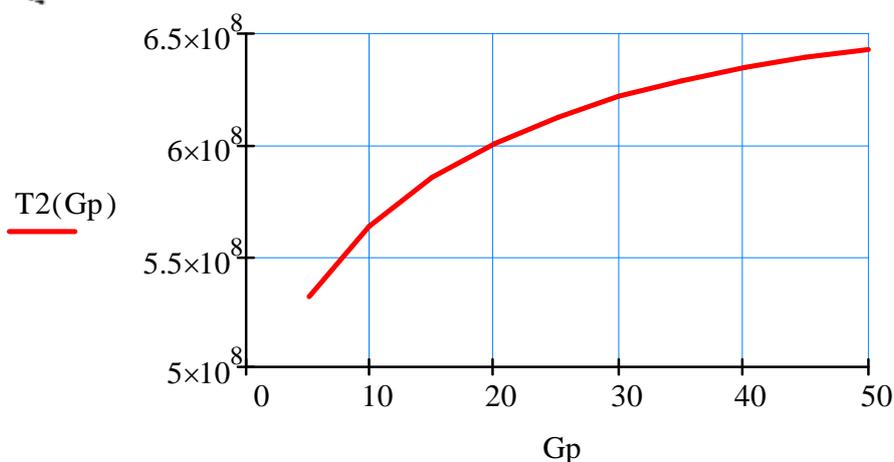


Рис. 38. График изменения $T_2 = f(G_p)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,2$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $\alpha = 0^\circ$, $L = 500$ м, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $v = 4,0$ м/с, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кг, $A_\kappa = 100$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па,

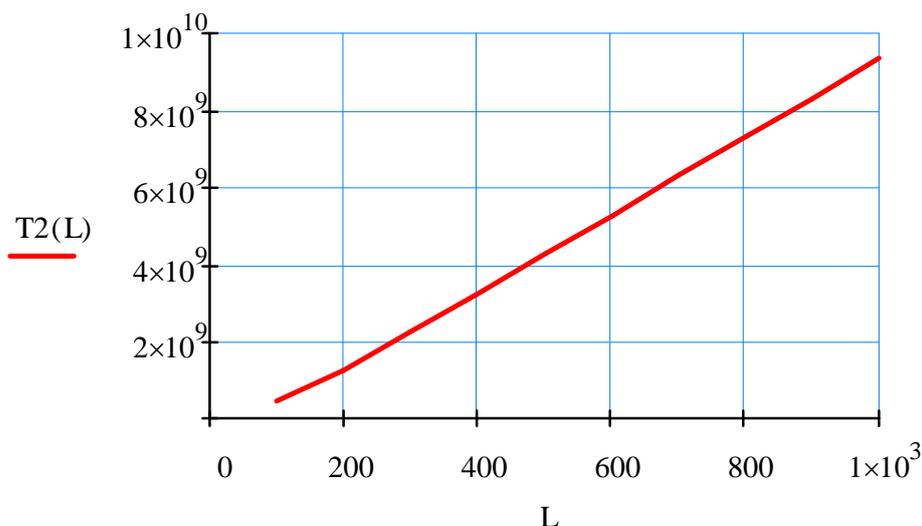


Рис. 39. График изменения $T_2 = f(L)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,2$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $\alpha = 0^\circ$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $v = 4,0$ м/с, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кг, $A_\kappa = 100$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $G_p = 50$ кг, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па,

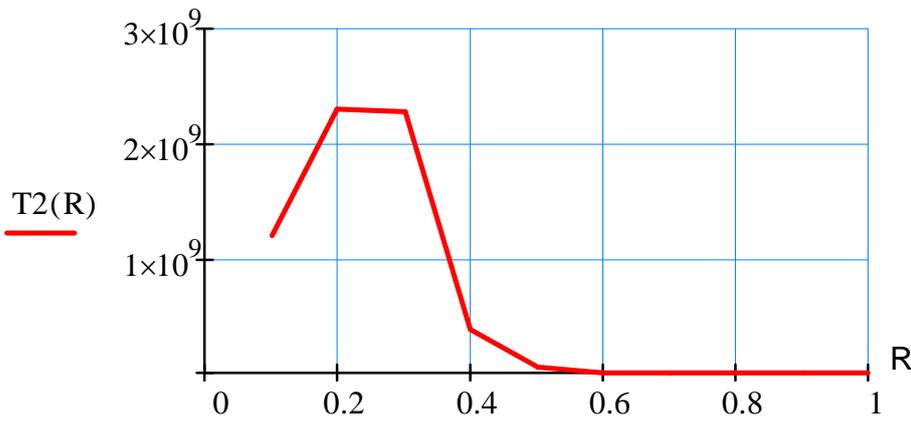


Рис. 38. Графік зміни $T_2 = f(R)$ при $h = 0,0176$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $\alpha_0=0$, $l_n = 0,5$ м, $L=500$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $v = 4,0$ м/с, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $A_\kappa = 50$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $G_p = 50$ кГ, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па

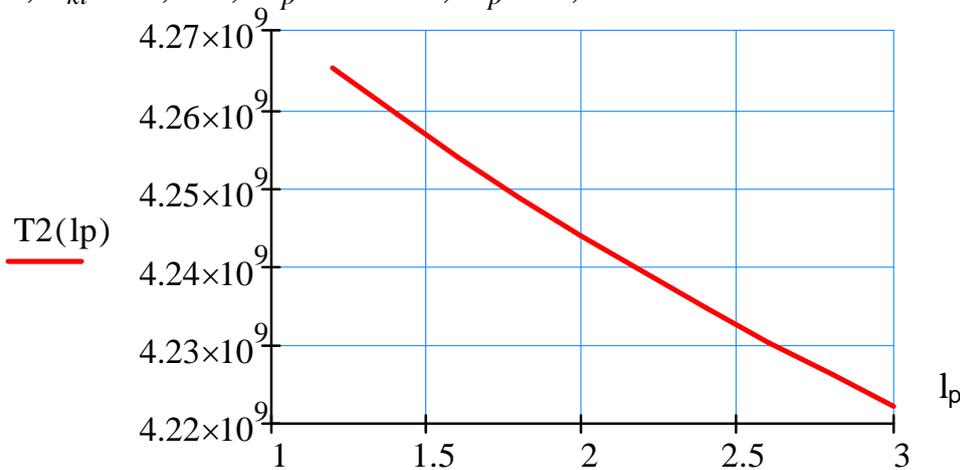


Рис. 41. Графік зміни $T_2 = f(l_p)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,2$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $\alpha_0=0$, $l_n = 0,5$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $v = 4,0$ м/с, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $A_\kappa = 100$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $G_p = 50$ кГ, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па, $L = 500$ м

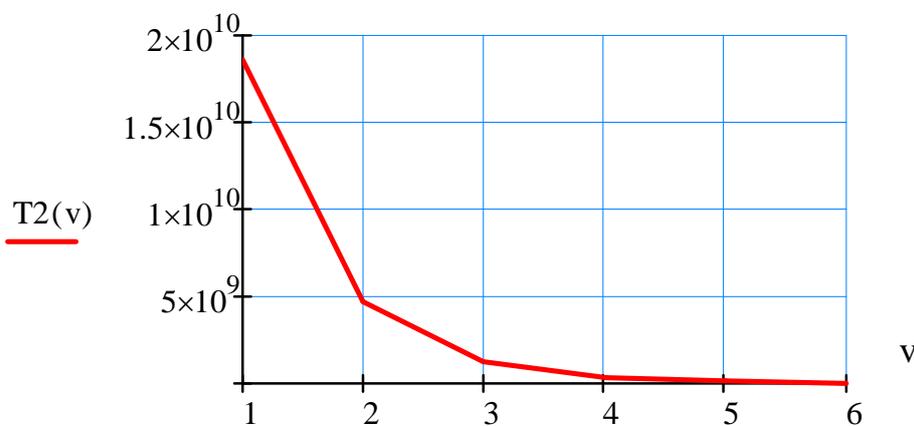


Рис. 42. Графік зміни $T_2 = f(v)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,4$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $\alpha_0=0$, $l_n = 0,5$ м, $L = 500$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $A_\kappa = 100$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $G_p = 50$ кГ, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па,

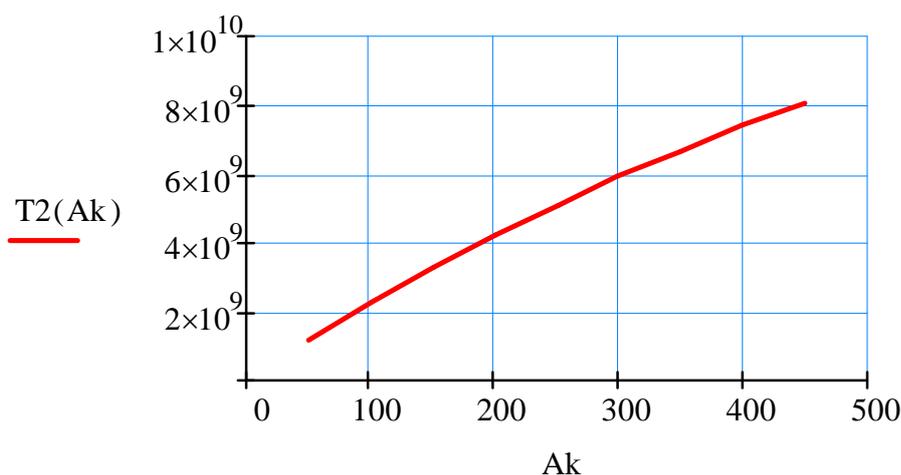


Рис. 43. График изменения $T_2 = f(A_k)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,1$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $\alpha_0=0$, $l_n = 0,5$ м, $L = 500$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $v = 4,0$ м/с, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $a_{ki} = 0,2$ м, $G_p = 50$ кГ, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па,

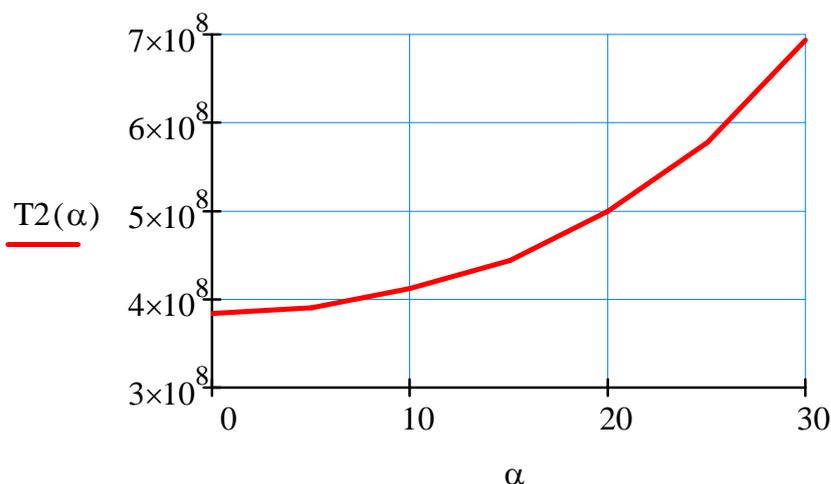


Рис. 44. График изменения $T_2 = f(\alpha)$ при $h = 0,0176$ м, $R = 0,4$ м, $d_p = 0,159$ м, $C = 0,6 \cdot 10^4$ Дж, $\gamma = 2,4 \cdot 10^3$ кГ/м³, $H = 1,0$ м, $i=6$, $l_n = 0,5$ м, $L = 500$ м, $\chi = 0,4$ м²/с², $l_p = 1,2$ м, $v = 4,0$ м/с, $m = 6/11$, $G_{ki} = 6$ кГ, $A_k = 100$ м⁻¹, $a_{ki} = 0,2$ м, $G_p = 50$ кГ, $E_p = 0,5 \cdot 10^7$ Па,

материалы и может колебаться в зависимости от параметров груза и конвейера;

- при скорости движения ленты $v > 4$ м/с срок службы трубчатой ленты транспортирующей рыхлые материалы на порядок меньше срока службы трубчатой ленты транспортирующей кусковатые материалы;

- при скорости движения ленты $v < 4$ м/с срок службы трубчатой ленты транспортирующей груз растет достаточно интенсивно;

- при радиусе $R = 0,2 м$ и скорости движения $v = 1 м / с$ трубчатой ленты транспортирующей кусковые материалы долговечность ленты максимальна;
- при радиусе трубчатой ленты $R > 0,4 м$ долговечность практически неизменна;
- с увеличением скорости, расстояния между роlikоопорами и диаметра трубчатой ленты срок ее службы уменьшается;
- с увеличением дальности транспортирования и угла установки конвейера срок службы ленты увеличивается;
- на срок службы ленты транспортирующей кусковатые материалы влияет масса роlikоопор. Чем меньше масса роlikоопор тем, меньше срок службы ленты;
- кривизна ассиметричной поверхности куска груза A_k практически не влияет на долговечность ленты транспортирующей кусковатые материалы. Вместе с тем при радиусе трубчатой ленты $R = 0,2 м$ с увеличением кривизны ассиметричной поверхности куска груза A_k срок службы ленты растет;
- длина наибольшего куска i -й фракции транспортируемой трубчатой лентой a_{ki} на долговечность практически не влияет. С увеличением значения a_{ki} долговечность ленты не значительно увеличивается.

4. В дальнейших исследованиях следует:

- провести теоретические исследования долговечности трубчатой ленты с полным заполнением сечения трубы грузом;
- провести теоретические исследования долговечности трубчатой ленты транспортирующей груз с подсыпкой;
- провести статистические и экспериментальные исследования срока службы трубчатой ленты для конвейеров различных конструкции и условий эксплуатации.

Список литературы

1. Новиков Е. Е. Теория ленточных конвейеров для крупнокусовых горных пород / Е.Е. Новиков, В.К. Смирнов.– К: Наукова думка, 1983.– 184 с.
2. Галкин В.И. Особенности эксплуатации трубчатых ленточных конвейеров / В.И. Галкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – №1. – С. 7 - 12.
3. Васильев К.А. Трубчатые ленточные конвейеры и перспективы их использования в горной промышленности / К.А. Васильев // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – №3.– С. 33-36.
4. Гуцин В.М. Определение параметров грузонесущего полотна крутонаклонного конвейера с лентой глубокой желобчатости / В.М. Гуцин // Шахтный и карьерный транспорт. Вып. 1. Сб. научных трудов. – М.: Недра, 1974. – С 164-167.

5. Шешко Е.Е. Крутонаклонный конвейер с лентой, имеющей форму глубокого желоба / Е.Е.Шешко, В.М. Гуцин // Развитие и совершенствование шахтного и карьерного транспорта. – М: Недра, 1973. – С. 120-125.
6. Зенков Р.Л. Механика насыпных грунтов / Р.Л. Зенков. – М.: «Машиностроение», 1966. – 250 с.
7. Дьяченко А. В. Обоснование метода расчета напряженного состояния сыпучего груза и нагрузок на опорные элементы при формировании желоба трубчатого ленточного конвейера: дисс...канд. техн. наук: 05.05.06 / Дьяченко Антон Вячеславович. – М., 2006.– 172 с.
8. Ефимов М.С. Обоснование способа снижения угловых отклонений при вращательном движении ленты трубчатого конвейера для горных предприятий: дисс... канд. техн. наук: 05.05.06. / Ефимов Максим Сергеевич.– М., 2008. –119 с.
9. Картавый А.Н. Крутонаклонные ленточные конвейеры для горной промышленности /А.Н. Картавый // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – №10. – С. 22-26.
10. Смирнов В.К. Экспериментальное определение коэффициента удельных потерь энергии на шевеление насыпного груза / В.К. Смирнов, И.А. Шпакунов, А.С. Овсянников, П.С. Приставка // Вопр. рудн. трансп. – Киев : Наук. думка, 1972. – Вып. 12. – С. 16-24.

Стаття надійшла до редакції 27.09.2013

О.В. Гаврюков. Донбаська національна академія будівництва та архітектури, м. Макіївка

Визначення довговічності трубчастої стрічки при транспортуванні насипних вантажів

У роботі наведені результати теоретичних досліджень довговічності трубчастої стрічки конвеєра з неповним заповненням перетину труби вантажем. Кут установки такого конвеєра перебуває в межах $30-40^{\circ}$. Визначені кількість циклів дії потоку вантажу й імовірність ударів по стрічці гострою кромкою шматків, що транспортуються. Виявлений оптимальний параметр кута, що характеризує ступінь заповнення поперечного переріза трубчастої стрічки. Розглянута фізична сутність взаємодії поперечного переріза стрічки з вантажем, що минає лінійну роликкоопору. Наведені залежності виникаючого на лінійній роликкоопорі активного й пасивного тиску вантажу на стрічку, питомого пасивного тиску. Визначена енергія стиску стрічки вантажем, що транспортується у зоні контакту з роликами на лінійній частині трубчастого конвеєра. З урахуванням параметрів вантажу, що транспортується, і конвеєра отримані залежності для визначення терміну служби стрічки. Досліджений вплив довжини конвеєра, висоти падіння вантажу в місці завантаження, відстані між роликкоопорами, швидкості руху стрічки, діаметра труби стрічки, розміру вантажу, розміру роликкоопор, ваги шматків фракцій, що транспортуються, кута установки конвеєра, параметрів і працездатності стрічки на її довговічність.

Ключові слова: термін служби, стрічка, вантаж, кількість ударів, кут заповнення, довжина, радіус, швидкість, тиск, кривизна шматка, енергія стиску.

O. Gavriukov. Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makiivka

Determination of Tubing Belt Durability when Conveying Bulky Loads

The paper presents the results of theoretical research of conveyer tubing belt durability when pipe section area is underfilled with load. The conveyer's setting angle is within the range of 30-40°. Both the quantity of load flow cycles and the probability of impact with sharpened edges of conveying parts have been determined. The angle's optimal parametre specifying the degree of tubing belt cross-section area filling-in has been defined. The physics of interaction between belt cross-section and load conveying through linear roller has been considered. The relations of load-to-belt active and passive pressure at the linear roller as well as specific passive pressure have been given. The energy of belt compression by the load conveyed at contact with rollers in tubing conveyer's linear section has been determined. Based upon the parametres of the conveyed load and the conveyer, the relations for defining belt's operational capability have been obtained. The influence of the conveyer's length, the load fall height at loading area, the distance between rollers, the speed of belt's movement, the diametre of belt's pipe, the size of load in lumpiness, the size of rollers, the weight of the conveyed elements, the conveyer's setting angle, the peakedness of elements, the parametres and operatonal capability of the belt on its durability has been analysed.

Keywords: working service, belt, load, number of impacts, filling-in angle, length, radius, speed, pressure, degree of curve, compression energy.