

# Конвейердің резеңке-трос таспасының ені бойынша тростардың орналасуын оңтайландыруды математикалық модельдеу

<sup>1</sup>\*БАЛАБАЕВ Оюм Темиргалиевич, т.ғ.к., профессор м.а., balabaev.ot@mail.ru,

<sup>1</sup>РОЖКОВ Александр Владимирович, т.ғ.к., доцент м.а., alexktpm@mail.ru,

<sup>1</sup>АСКАРОВ Бахтияр Шарापиденович, PhD, кафедра меңгерушісі, bahtiyar\_askarov@mail.ru,

<sup>1</sup>АКАШЕВ Арсен Закирович, т.ғ.к., доцент, akashev\_az@mail.ru,

<sup>1</sup>КОСБАРМАКОВ Самат Жаксимаевич, магистр, аға оқытушы, samat.130579@mail.ru,

<sup>1</sup>«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Мақалада конвейерлік көлік саласында орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстары ұсынылған. Илімді жіп теориясы бойынша есептеу үшін есептелген схемаға талдау жасалды. Конвейердің резеңке-трос таспаның ені бойынша тростардың орналасуын оңтайландыруды математикалық модельдеу жүзеге асырылды. Көлденең қиманың аудандарын анықтау үшін жобалық схема ұсынылады. Есептеу схемасынан бір тросқа түсетін таспаның көлденең қимасының ауданы трапеция ауданы ретінде анықталатынын көруге болады. Бір тросқа келетін таспаның бөлігіне жалпы сызықтық жүктеме анықталды. Ұсынылған теориялық зерттеулердің нәтижелері қолданбалы мәнге ие және таспалы конвейерлердің жұмысын жетілдіру саласында зерттеулермен айналысатын ғылыми және инженерлік-техникалық қызметкерлер үшін маңызды болады.

**Кілт сөздер:** өнеркәсіптік көлік, таспалы конвейерлер, аунақша-тіреулер, резеңке тростты таспасы, трос, қадам, жүктің көлденең қимасы, ілімді жіп теориясы, соққы жүктемесі, тростардың орналасуын оңтайландыру.

## Кіріспе

Конвейер таспасының тростары арасында жүктеменің біркелкі таралуын қамтамасыз ету мәселелеріне көптеген ғылыми зерттеулер арналды [1-4].

Сонымен қатар, зерттеулер жекелеген тростардың үзілуінен, таспаны дайындау процесінде тростардың біркелкі керілуін жеткіліксіз қамтамасыз етуден, тасымалдаушы органның геометриясы өзгерген кезде жүктемені қайта бөлуден (трасса профилінің сынуы, барабандардан науа профиліне шығу, жетек барабанының тозуы) туындаған тростар арасындағы жүктемені қайта бөлу процестерін зерттеуге бағытталған.

Науа профилін пайдаланған кезде, көлденең қимадағы таспадағы жүктің салмағынан түсетін жүктеме науа түріндегі тасымалдаушы органның профиліне және жүк тасымалдаушы таспада тасымалданатын материалдың ішкі үйкелісінің табиғи бұрышының бұрышында орналасуына байланысты әр түрлі болады.

Тросты және толтыратын резеңке құрамдас бөлікті қамтитын көтергіш органның жекелеген

учаскелеріне тік жүктеменің біркелкілігін қамтамасыз ету үшін таспаны дайындау кезінде көтергіш органның көлденең қимасының учаскелеріне тең тік жүктемені қамтамасыз ететін таспа тростарының арасындағы ауыспалы өлшемдерді көздеу қажет.

Таспалы конвейерде жүктің көлденең қимасының геометриялық пішіні ретінде белгілі бір шектікпен жоғарғы кескінін, табанына іргелес бұрыштары – тасымалданатын жүктің табиғи қиябет бұрыштары бар тең бүйірлі үшбұрыш деп санауға болатын фигура болып табылады. Берілген пішіннің төменгі кескіні таспалы конвейердің науашалы тіреуінің параметрлерімен және конструкцияларымен анықталады. Санақ нүктесі ретінде горизонталь бойымен «x» қашықтықта орталық тіреу ортасын қабылдай отырып, біз белгілі бір « $h=f(x)$ » функциясымен өрнектелген «h» түрлі жүк биіктігін аламыз [5]. Стандартты конструкциядағы конвейерлік таспаны, яғни тростардың таспа ені бойымен орналасуының бірдей адымымен қарастыра отырып және таспа ені бойынша жүктің ауыспалы биіктігі кезінде таспа-

ның әрбір тросына түсетін « $q$ » сызықтық жүктеме әртүрлі болады. Белгілі бір ұйғарымдармен конвейерлік таспаны иілімді жіп ретінде қарастыруға болатынын ескере отырып [6], бір тросы және аунақша-тіреулер арасына оған келетін таспа енінің бөлігі болатын конвейерлік таспа учаскесін қарастырамыз.

Иілімді жіпті есептеу теориясына сәйкес жіп иілімі мен оның тартымы (1-сурет) қатынасымен байланысқан [7]:

$$f = \frac{ql^2}{8H}, \quad (1)$$

мұнда  $q$  – сызықтық жүктеме, кг/м<sup>2</sup>;

$l$  – аунақша-тіреулер арасындағы қашықтық;

$H$  – тартымның горизонталь құраушысы.

(1) формуласында « $q$ » жүктемесі бір трос болатын таспаның әрбір бөлінген учаскесі үшін әртүрлі болатынын ескергенде, әрбір учаскеде иілім шамасы әртүрлі болады. Аунақша-тіреулер арасындағы иілім мен қашықтықтың белгілі бір геометриялық қатынасы болатындықтан, « $\beta$ » бұрышы (1-сурет) – аунақша-тіреуге жақындайтын таспа учаскесіне жанама арасындағы бұрыш әртүрлі болады. « $\beta$ » бұрышы неғұрлым үлкен болса, таспаға тікелей әсер ететін құбылыс соғұрлым анағұрлым қарқындырақ байқалатыны айқын: аунақша-тіреуге жақындаған кезде жүк кесектерінің соққысы; жүк бөлігінің таспаға қатысты тайғанақтауы.

Осы әсер ету деңгейі көбінесе таспаның тозу қарқындылығын анықтайды. Көптеген жағдайларда таспаны орталық бөлігіндегі жұмыс төсемесінің тозуы бойынша жарамсыздандыратыны белгілі. Осылайша, таспа ені бойынша бір тросқа келетін таспа учаскелері иілімдерінің теңдігін қамтамасыз ете отырып, барлық ені бойынша таспаның тозу бірқалыптылығына қол жеткізуге және осылайша оның қызмет ету мерзімін арттыруға болады.

### Негізгі бөлім

Резеңке-трос таспаның ені бойынша тростарды орналасуын оңтайландыру әдісі Ә. Сағынов атындағы ҚарТУ Өнеркәсіптік көлік кафедрасында әзірленген [8-9]. Бұл әдіс 2-суретте айқын көрсетілген, онда резеңке-тросың көлденең қимасы таспаның ортасынан шеттеріне қарай тростар арасындағы қадамның дискретті ұлғаюымен бей-

неленген. Ұсынылған өнертабыстың техникалық нәтижесі резеңке-трос таспаның тиімділігін арттыру болып табылады.

Конвейердің резеңке-трос таспаның ені бойынша тростардың орналасуын оңтайландырудың математикалық модельдеуін қарастырамыз. Таспа бөліктерінің иілу теңдігін келесідей жазуға болады:

$$\begin{cases} f_1 = f_2 \\ \dots\dots\dots \\ f_i = f_{i+1} \\ \dots\dots\dots \\ f_{n-1} = f_n \end{cases} \quad (2)$$

(1)-ны (2)-ге қойып және айқын қысқартулар жүргізіп, сонымен қатар бір тросқа келетін таспа учаскелерінің горизонталь проекцияларының сомасы таспа енінің горизонталь проекциясына тең болуы керек екенін назарға ұстай отырып, келесі теңдеу жүйесін аламыз:

$$\begin{cases} q_1 = q_2 \\ \dots\dots\dots \\ q_i = q_{i+1} \\ \dots\dots\dots \\ q_{n-1} = q_n \\ \sum_{i=1}^n S_i = B' \end{cases}, \quad (3)$$

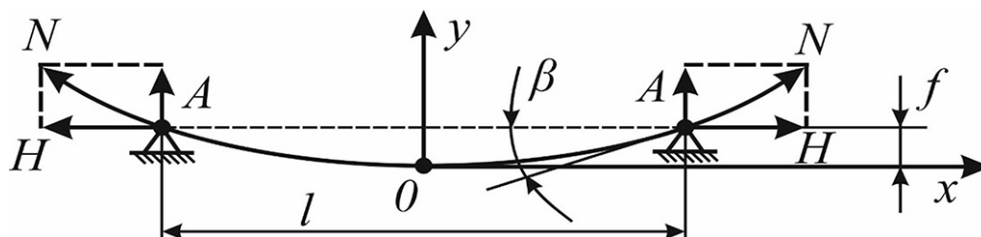
мұнда  $q_i$  – « $i$ » тросқа келетін таспа мен жүктің өз салмағынан түсетін сызықтық жүктеме;  
 $S_i$  – бір тросқа келетін таспа учаскесінің ені;  
 $B'$  – таспа енінің горизонталь проекциясы;  
 $n$  – таспада тростар саны.

Таспаның көлденең қимасы симметриялы болғандықтан, таспаның көлденең қимасының жартысын қарастырамыз және осыған сәйкес « $B'$ » және « $n$ » параметрлері ретінде таспа енінің горизонталь проекциясының жартысын және таспада тростар санының жартысын санаймыз.

Бір тросқа келетін таспа учаскесіне түсетін жалпы сызықтық жүктеме былай анықталады:

$$q_i = q_i^{\text{тр}} + q_i^n, \quad (4)$$

мұнда,  $q_i^{\text{тр}}$  – жүк салмағынан болатын сызықтық жүктеме;  
 $q_i^n$  – мына қатынастармен анықталатын таспа-



1-сурет – Иілімді жіп теориясы бойынша есептеу үшін есептік сұлба

дан болатын сызықтық жүктеме:

$$q_i^{\text{пр}} = \gamma \cdot F_i, \quad (5)$$

$$q_i^n = \rho_n \cdot S_i, \quad (6)$$

мұнда  $\gamma$  – жүк тығыздығы т/м<sup>3</sup>;

$\rho_n$  – таспаның меншікті салмағы кг/м<sup>2</sup>;

$F_i$  – бір тросқа келетін таспа ені учаскесінің үстінде жүктің көлденең қимасының ауданы.

$F_i$  анықтау үшін таспаның көлденең қимасының жартысының есептік сұлбасын қарастырамыз (2-сурет).

Есептік сұлбадан, бір тросқа келетін таспа учаскесінің көлденең қимасының ауданы трапеция ауданы ретінде анықталатыны көрінеді:

$$F_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \cdot S_i, \quad (7)$$

(7), (6), (5)-ны (4)-ға қойып мынаны аламыз:

$$q_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \cdot S_i + \rho_n \cdot S_i, \quad (8)$$

мұнда  $h_i, h_{i+1}$  – жүк учаскесі жақтарының биіктігі (2-сурет).

$\xi$  параметрлерін былай белгілеп:

$$\xi = \frac{\rho_n}{\gamma}. \quad (9)$$

(8)-ші формуладан мынаны аламыз:

$$q_i = \gamma S_i \left( \frac{h_i + h_{i+1}}{2} + \xi \right). \quad (10)$$

(10)-ны (3)-ке қойып және қажетті қысқарту-

ларды жүргізіп, келесі теңдеу жүйесін аламыз:

$$\begin{cases} \left( \frac{h_1 + h_2}{2} + \xi \right) \cdot S_1 = \left( \frac{h_2 + h_3}{2} + \xi \right) \cdot S_2 \\ \dots \\ \left( \frac{h_i + h_{i+1}}{2} + \xi \right) \cdot S_i = \left( \frac{h_{i+1} + h_{i+2}}{2} + \xi \right) \cdot S_{i+1} \\ \dots \\ \left( \frac{h_{n-2} + h_{n-1}}{2} + \xi \right) \cdot S_{n-1} = \left( \frac{h_{n-1} + h_n}{2} + \xi \right) \cdot S_n \\ \sum_{i=1}^n S_i = B' \end{cases}, \quad (11)$$

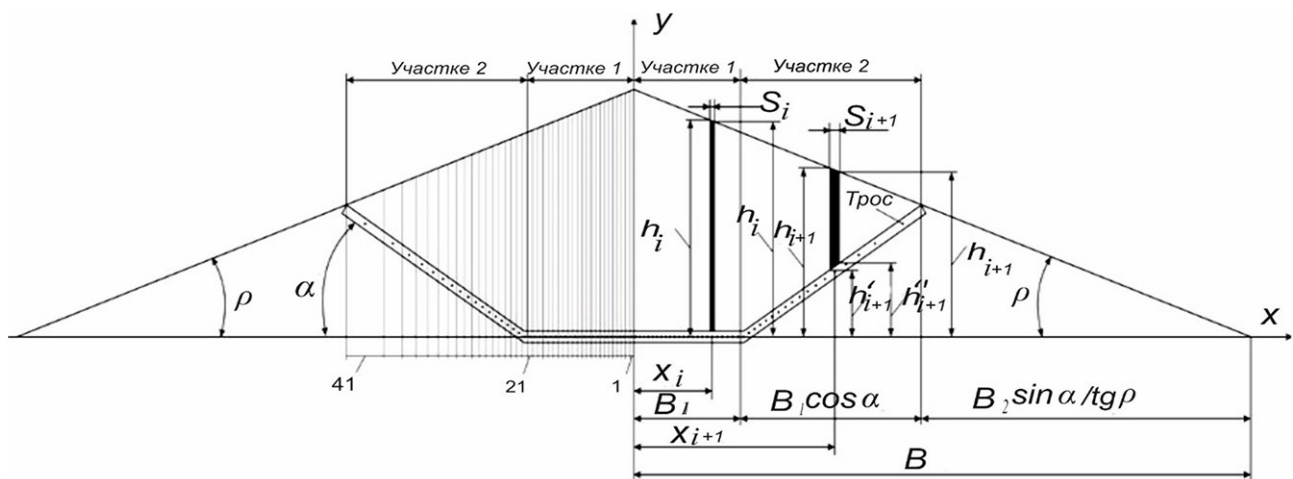
мұнда  $n$  – таспа жартысында тростар саны.

Бір мысал үшін жүктемелері бар диаграммаларды, мүмкін болса тростар арасындағы қашықтықты нақты есептеулермен беру керек.

### Қорытынды

Жұмыстың практикалық мәні мынада таспаны жасау кезінде тростардың таспаның көлденең қимасында орналасуын бір-бірінен бірдей қашықтықта емес, жоғарыда келтірілген есептеу әдісіне сәйкес қамтамасыз ету қажет, бұл жүк көтергіш органға тік жүктемені біркелкі бөлуге мүмкіндік береді, сондықтан конвейер таспаның (тростардың) құрылымдық элементтеріне жүктеменің біркелкі бөлінбеуін азайтады.

Ұсынылған теориялық зерттеулердің нәтижелері қолданбалы мәнге ие және таспалы конвейерлердің жұмысын жетілдіру саласында зерттеулермен айналысатын ғылыми және инженерлік-техникалық қызметкерлер үшін маңызды болады.



2-сурет – Көлденең қима аудандарын анықтауға арналған есептік сұлбасы

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бельмас И.В. Научные основы теории и расчета резинотросовой ленты конвейера с учетом его пространственной формы: Дис. ... доктора технических наук: 05.05.06. – Днепропетровск, 1993. – 235 с.
2. Ропай В.А., Колосов Д.Л. Исследование перераспределения усилий в двухслойной резинотросовой транспортной ленте при разрушении отдельных тросов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Днепропетровск, 2015. С. 30-39.
3. [https://static.freereferats.ru/\\_avtoreferats/01003297335.pdf](https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01003297335.pdf)

4. <https://dprom.online/unsolution/lenty-konvejernye>
5. Акашев З.Т., Малыбаев С.К., Акашев А.З. Поиск и реализация наукоемких продуктов в промышленности и транспорте: Монография. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2006. – 197 с.
6. Паранин А.В., Ефимов А.В. Механика гибкой нити в задачах электроэнергетики. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013. – 74 с.
7. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев: Изд-во «Будівельник», 1982. – 308 с.
8. Акашев З.Т., Акашев А.З., Балабаев О.Т. Способ выравнивания максимальных деформаций в поперечных сечениях конвейерных лент. Инновационный патент. Инновационный патент на изобретение № 30895. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан 18.01.2016 г.
9. Акашев З.Т., Акашев А.З., Балабаев О.Т., Косбармаков С.Ж. Разработка способа выравнивания максимальных деформаций в поперечных сечениях конвейерных лент // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований (Российская Федерация – РИНЦ 0,764). № 5 (часть 2). – Москва: ИД «Академия естествознания», 2017. – С. 197-200.

### **Математическое моделирование оптимизации расположения тросов по ширине резинотросовой ленты конвейера**

<sup>1\*</sup>**БАЛАБАЕВ Оюм Темиргалиевич**, к.т.н., и.о. профессора, [balabaev.ot@mail.ru](mailto:balabaev.ot@mail.ru),

<sup>1</sup>**РОЖКОВ Александр Владимирович**, к.т.н., и.о. доцента, [alexktpm@mail.ru](mailto:alexktpm@mail.ru),

<sup>1</sup>**АСКАРОВ Бахтияр Шарипиденович**, PhD, зав. кафедрой, [bahtiyar\\_askarov@mail.ru](mailto:bahtiyar_askarov@mail.ru),

<sup>1</sup>**АКАШЕВ Арсен Закирович**, к.т.н., доцент, [akashev\\_az@mail.ru](mailto:akashev_az@mail.ru),

<sup>1</sup>**КОСБАРМАКОВ Самат Жаксимаевич**, магистр, старший преподаватель, [samat.130579@mail.ru](mailto:samat.130579@mail.ru),

<sup>1</sup>НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** В статье представлена научно-исследовательская работа, выполненная в области конвейерного транспорта. Проведен анализ расчетной схемы для расчета по теории гибкой нити. Осуществлено математическое моделирование оптимизации расположения тросов по ширине резинотросовой ленты конвейера. Предложена расчетная схема для определения площадей поперечного сечения. Из расчетной схемы видно, что площадь поперечного сечения участка ленты, приходящегося на один трос, определяется как площадь трапеции. Определена общая погонная нагрузка на участок ленты, приходящейся на один трос. Представленные результаты теоретических исследований, имеют прикладное значение, и будут интересны для научных и инженерно-технических работников, занимающихся исследованиями в области совершенствования работы ленточных конвейеров.

**Ключевые слова:** промышленный транспорт, ленточные конвейеры, роlikоопоры, резинотросовая лента, трос, шаг, поперечное сечение груза, теория гибкой нити, ударная нагрузка, оптимизация расположения тросов.

### **Mathematical Modeling of the Optimization of the Cables Arrangement on the Width of the Conveyor Belt**

<sup>1\*</sup>**BALABAYEV Oyum**, Cand. of Tech. Sci., Acting Professor, [balabaev.ot@mail.ru](mailto:balabaev.ot@mail.ru),

<sup>1</sup>**ROZHKOV Alexander**, Cand. of Tech. Sci., Acting Associate Professor, [alexktpm@mail.ru](mailto:alexktpm@mail.ru),

<sup>1</sup>**ASKAROV Bakhtiyar**, PhD, Head of Department, [bahtiyar\\_askarov@mail.ru](mailto:bahtiyar_askarov@mail.ru),

<sup>1</sup>**AKASHEV Arsen**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, [akashev\\_az@mail.ru](mailto:akashev_az@mail.ru),

<sup>1</sup>**KOSBARMAKOV Samat**, Master, Senior Lecturer, [samat.130579@mail.ru](mailto:samat.130579@mail.ru),

<sup>1</sup>NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

\*corresponding author.

**Abstract.** The article presents the research work carried out in the field of conveyor transport. The analysis of the calculation scheme for the calculation has been carried out according to the theory of flexible thread. The width of the conveyor rubber-tether belt has been implemented in mathematical modeling of optimization of cable arrangement. The calculation scheme for determining the cross-sectional area has been offered. It is evident from the calculated scheme that the area of the cross area of the belt section falling for one wire is determined as a trapezium area. The total linear load is determined per rope on the belt section. The presented results of theoretical research, have an applied value, and will be interesting for scientific and engineering workers engaged in research in the field of improvement of belt conveyors operation.

**Keywords:** industrial transport, conveyor belts, roller supports, rubber-rope tape, cable, step, the cross-section of the load, the theory of flexible thread, shock load, optimization of the location of cables.

## REFERENCES

1. Belmas I.V. Scientific foundations of the theory and calculation of the rubber conveyor belt taking into account its spatial shape: Dis. ... Doctor of Technical Sciences: 05.05.06. – Dnepropetrovsk, 1993. – 235 p.
2. Ropai V.A., Kolosov D.L. Study of the redistribution of efforts in a two-layer rubber conveyor belt during the destruction of individual cables // Mining information-analytical bulletin. Dnepropetrovsk, 2015. Pp. 30-39.
3. [https://static.freereferats.ru/\\_avtoreferats/01003297335.pdf](https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01003297335.pdf)
4. <https://dprom.online/unsolution/lenty-konvejernye>
5. Akashev Z.T., Malybaev S.K., Akashev A.Z. Poisk i realizacija naukoemkih produkcij v promyshlennosti i transporte: Monografija. – Karaganda: Publ. KarGTU, 2006. – 197 p.
6. Parani A.V., Efimov A.V. Mehanika gibkoj niti v zadachah jelektroenergetiki. – Ekaterinburg: Publ. UrGUPS, 2013. – 74 p.
7. Fesik S.P. Spravochnik po soprotivleniju materialov. – Kiev: Publ. «Budivel'nik», 1982. – 308 p.
8. Akashev Z.T., Akashev A.Z., Balabayev O.T. Sposob vyravnivaniya maksimal'nyh deformacij v poperechnyh sechenijah konvejernyh lent. Innovacionnyj patent. Innovacionnyj patent na izobretenie No. 30895. Zaregistrirovan v Gosudarstvennom reestre izobretenij Respubliki Kazahstan 18.01.2016 g.
9. Akashev Z.T., Akashev A.Z., Balabayev O.T., Kosbarmakov S.Zh. Razrabotka sposoba vyravnivaniya maksimal'nyh deformacij v poperechnyh sechenijah konvejernyh lent // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij (Rossijskaja Federacija – RINC 0,764). No. 5 (chast' 2). – Moscow: ID «Akademija estestvoznaniya», 2017. – Pp. 197-200.