

УДК 622.451:658.512.007

Т.В. Бунько, д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
І.Є. Кокоулін, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
М.М. Дуднік, інженер
(ІГТМ НАН України)
А.Ш. Жалілов, інженер
(ДП «Селідоввугілля»)

ОБГРУНТУВАННЯ ЕРГОНОМІЧНОГО БАЗИСА МАРШРУТІВ РУХУ ГІРНИЧИХ МАЙСТРІВ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ДАНИХ ПРО СТАН ШАХТНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ, ЯКА РЕКОНФІГУРУЄТЬСЯ

Т.В. Бунько, д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,
И.Е. Кокоулин, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
М.Н. Дудник, инженер
(ИГТМ НАН Украины)
А.Ш. Жалилов, инженер
(ГП «Селидовуголь»)

ОБОСНОВАНИЕ ЭРГОНОМИЧНОГО БАЗИСА МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ МАСТЕРОВ ПРИ СБОРЕ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ

T.V. Bunko, D. Sc. (Tech.), Senior Researcher,
I.Ye. Kokoulin, Ph. D.(Tech.), Senior Researcher,
M.N. Dudnik, M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)
A.Sh. Zhalilov, M.S. (Tech.)
(SE «Selidovugol»)

BACKGROUND OF ERGONOMIC BASE FOR THE ROUTES OF A MINING FOREMAN MOVING WHILE COLLECTING DATA ON THE STATE OF RE-CONFIGURABLE MINE VENTILATION NETWORK

Анотація: Вентиляційні системи вугільних шахт є складними динамічними об'єктами з тими, що змінюються, структурою і аеродинамічними параметрами. Як об'єкт контролю технічні системи з такими особливостями відносяться до класу реконфігуємих систем, які вимагають безперервного контролю за їх станом. В даний час такий контроль реалізується сумісним використанням стаціонарних і переносних приладів. Місця установки стаціонарних приладів визначаються вимогами Правил безпеки, а контроль переносними приладами виконується гірничими майстрами по заздалегідь вибраних маршрутах на підставі схеми гірничих робіт. На практиці це приводить до нерівномірності завантаження маршрутів і неврахування ергономічності руху по них. При цьому не враховується можливість скорочення трудомісткості руху гірничих майстрів по маршруту і збільшення достовірності первинних даних при оптимізації їх обсягу. Це обумовлює розробку сучасних чисельних комп'ютерних методів формування раціонального базису маршрутів і його

комплексування з розташуванням стаціонарних давачів вимірювання аеродинамічних параметрів шахтної вентиляційної мережі. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність праці гірничих майстрів під час руху їх по маршрутах з метою збирання первинної інформації про шахтну вентиляційну мережу, яка реконфігурується, і контролю стану стаціонарних приладів

Ключові слова: шахтні вентиляційні системи, об'єкт управління, який реконфігурується, раціональний базис маршрутів руху гірничих майстрів, комплексування стаціонарних і переносних засобів контролю.

Від вдосконалення шахтної вентиляції залежить зниження шкідливості виробничого процесу видобутку корисних копалин і безпека праці гірників. Існуючі розробки не враховують збільшення за останні роки кількості шахт зі складними шахтними вентиляційними мережами (ШВМ), які містять понад тисячу гірничих виробок, неконтрольовані зони обвалення і обводнення з порушеними аерогазодинамічними зв'язками і розподіленими витоками повітря. Важливою особливістю геотехнологічних процесів вугільної шахти є їх просторовий характер, що обумовлює необхідність одночасного ведення очисних, підготовчих та допоміжних робіт, які відбуваються у тримірному просторі, який має істотні розміри [1]. Основні виробничі ділянки, які розосереджені у просторі, з'єднуються між собою та з поверхнею системою підземних гірничих виробок, у якій здійснюється інтенсивний процес видобутку вугілля та метану. Основні технологічні процеси протікають в очисних та підготовчих ділянках, які переміщуються у просторі на декілька метрів на добу. Таке переміщення фронту гірничих робіт потребує постійного змінення, ремонтування обладнання і висуває підвищені вимоги до забезпечення безпеки праці, заснованій на безперервному контролі аеродинамічних параметрів ШВМ. Тому перспективним напрямом математичного моделювання ШВМ є розвиток теорії і методів розрахунку систем мереж, які реконфігуруються, із зонами з невизначеною структурою і аерогазодинамічними параметрами в умовах неповної інформації про об'єкт управління, які забезпечують коректність вентиляційних розрахунків. Цей підхід заснований на автоматизованій обробці даних стаціонарних і переносних приборів, призначених для вимірів аеродинамічних параметрів у ШВМ.

Для формалізації такого підходу до вирішення таких задач введемо ряд визначень, які характеризують динаміку (реконфігурацію) системи гірничих виробок.

Визначення 1. ШВМ $G(X, U)$, яка реконфігурується, відображує ШВМ із структурою і аеродинамічними параметрами, які змінюються, послідовністю квазістабільних періодів $G_k(X_k, U_k, t_k)$, тобто

$$G_1(X_1, U_1, t_1) \rightarrow G_2(X_2, U_2, t_2) \rightarrow \dots \rightarrow G_{n-1}(X_{n-1}, U_{n-1}, t_{n-1}) \rightarrow G_n(X_n, U_n, t_n) \quad (1)$$

де X_k - множина вузлів у k -тому розрахунковому періоді; U_k - множина дуг у k -тому розрахунковому періоді; t_k - тривалість k -того розрахункового періоду; N - кількість базових розрахункових станів.

Визначення 2. Під *квазістабільним періодом ШВМ, яка реконфігурується*, $G_k(X_k, U_k, t_k)$ мається на увазі період, протягом якого функціонування вугільної шахти виконується без зміни топології, тобто

$$X_k = \text{const}; U_k = \text{const}$$

Визначення 3. При переході від одного умовно постійного стану $G_{k-1}(X_{k-1}, U_{k-1}, t_{k-1})$ до іншого $G_k(X_k, U_k, t_k)$ до графа мережі додається підграф нових виробок $g_k'(X_k', U_k', t_k)$ і виключається підграф виробок, які погашуються $g_k''(X_k'', U_k'', t_k)$, тобто

$$G_k(X_k, U_k, t_k) = G_{k-1}(X_{k-1}, U_{k-1}, t_{k-1}) \cup g_k'(X_k', U_k', t_k) \setminus g_k''(X_k'', U_k'', t_k), \quad (4)$$

де X_k', X_k'' – відповідно підмножини вузлів ШВМ, що додаються і погашаються; U_k', U_k'' – відповідно підмножини гілок ШВМ, що додаються і погашаються.

Існування зон обвалення гірських порід і вироблених просторів суміжних виїмкових ділянок вугільної шахти призводить до виникнення неявних аерогазодинамічних зв'язків між горизонтами та невизначеності параметрів вентиляції виїмкових ділянок, що обумовлює необхідність урахування у розрахунках ШВМ зон з невизначеною топологією і параметрами, які складно або навіть неможливо виміряти. Для цього в роботі [2] запропоновано використовувати багатополюсні структури $M_k(X_k^M, U_k^M)$; деякі визначення і властивості цих структур приведені нижче.

Визначення 4. *Базисним багатополюсником* є базовий підграф, одержаний в результаті об'єднання гілок і вузлів умовно-послідовної підмережі основних об'єктів провітрювання, який відображає основні шляхи руху повітря у ШВМ.

Властивість 1. У k – тий багатополюсник $M_k(X_k^M, U_k^M)$ включаються гілки, початкові вузли яких оконтурюють зону з невизначеною структурою. Оконтурюючі вузли можуть входити до підмережі, яка транспортує свіже повітря, або в підмережу, що транспортує витікаюче повітря.

Визначення 5. Базис стаціонарних датчиків контролю D^k задається згідно Правил безпеки [3] і відображується множиною гілок, які належать графу $G_k(X_k, U_k, t_k)$, який відображає k -тий расчетный період.

$$D^k \subset U_k$$

Визначення 6. Точки вимірів аеродинамічного контролю переносними приборами D^k визначаються методами, викладеними у [4], і відображуються множиною гілок, які належать графу $G_k(X_k, U_k, t_k)$, який відображає k -тий розрахунковий період.

$$D^k \subset U_k$$

Визначення 7. Кожна гірнича виробка, яка відображується гілкою ШВМ (i,j) і функціонує в періоді k , має свій ваговий коефіцієнт $W(i,j, k)$, який визначається як сума працевитрат на проведення виміру $W^{cont}(i,j, k)$ аеродинамічних параметрів у цій виробці і пересування $W^{mot}(i,j, k)$ вздовж неї з початкового вузла i до кінцевого вузла j .

$$W(i,j, k) = W^{cont}(i,j, k) + W^{mot}(i,j, k)$$

Визначення 8. Маршрут $MR(m,l,k)$ - множина гілок, що зв'язують початкові вузли маршруту $MR(m_{init}, m_{event}, k)$ та включаючих обов'язково хоча би один пункт контролю показання стаціонарного приладу або точку контролю, визначену для переносних приладів. У ряді випадків початковий вузол маршрута пересування гірничого майстра m_{init} збігається з кінцевим m_{event} .

Визначення 9. Базис маршрутів руху гірничих майстрів MR в періоді k являє собою множину гілок, які є об'єднанням цих маршрутів

$$MR_k = \bigcup MR(m_{init}, m_{event})$$

Визначення 10. Вага маршрута $MR(m,l,k)$ визначається як сумарна вага усіх гірничих виробок, які входять до нього.

Властивість 2. Маршрути можуть мати спільні гілки. На сумарну вартість робіт маршрута це не впливає.

Властивість 3. Під час багатократного проходження точки контролю як стаціонарним, так і переносним прибором під час визначення ваги цієї гілки вона враховується лише один раз. Під час повторного проходження виробки вага гілки становитиме тільки її проходження без урахування роботи по вимірам.

Властивість 4. Маршрути не проходять через зони обвалення, які відображуються багатополюсними структурами.

На підставі сформульованих визначень і встановлених властивостей ШВМ, що реконфігурується, у даній роботі пропонуються наступна постановка задачі комплексування базису маршрутів руху гірничих майстрів, які охоплюють стаціонарні пункти контролю і заздалегідь вибрані пункти контролю аеродинамічних параметрів ШВМ переносними приладами.

Визначити базис маршрутів руху гірничих майстрів MR_k у k -тому розрахунковому періоді, які забезпечують мінімальну працевіткість збирання даних за умови їх повноти і достовірності. Оскільки подальше викладення відноситься тільки до одного розрахункового періода, то індекс k у подальшому використовується не буде.

Математични ця задача зводиться до послідовної мінімізації двох функціоналів. Перший з них характеризує працевитрати на проходження маршрутів контролю і проведення вимірів у точках вимірів

$$W(MR) \rightarrow \min$$

а другий - мінімізує сумарне середньоквадратичне відхилення вимірних і розрахункових аеродинамічних параметрів ШВМ:

$$F = \sum_{(i,j) \in U} \left[\frac{1}{(\delta_{(j,i)}^q)^2} (Q(i,j) - Q^*(i,j))^2 + \frac{1}{(\delta_{(j,i)}^h)^2} (H(i,j) - H^*(i,j))^2 \right] \rightarrow \min \quad (1)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{(i,j) \in U_l} \text{sign}(Q(i,j))Q(i,j) = 0, \quad l = 1, m, \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j) \in U_\mu} (\text{sign}(Q(i,j))R(i,j)Q^2(i,j) \pm h_e) - \sum_{(i,j) \in (U_\mu \cap U_b)} H(i,j) = 0, \quad \mu = 1, n - m + 1, \quad (3)$$

$$H(i,j) = a(i,j) - b(i,j)Q^2(i,j), \quad (i,j) \in U_b, \quad (4)$$

$$H(i,j) \leq H_{\text{норм}}, \quad (i,j) \in U_b, \quad (5)$$

$$R(i,j) = \frac{\alpha(i,j)L(i,j)P(i,j)}{S^{2,5}(i,j)}, \quad (i,j) \in U_x, \quad (6)$$

$$Q(i,j) = S(i,j)V(i,j), \quad (i,j) \in U \setminus U_b, \quad (7)$$

$$V^{\min}(i,j) \leq V(i,j) \leq V^{\max}(i,j), \quad (i,j) \in U \setminus U_b, \quad (8)$$

$$R^{\min}(i,j) \leq R(i,j) \leq R^{\max}(i,j), \quad (i,j) \in U \setminus U_b \quad (9)$$

$$Q^{\min}(i,j) \leq Q(i,j) \leq Q^{\max}(i,j), \quad (i,j) \in U \setminus U_b, \quad (10)$$

$$H^{\min}(i,j) \leq H(i,j) \leq H^{\max}(i,j), \quad (i,j) \in U \setminus U_b, \quad (11)$$

де U_l - множина гілок, інцидентних l -тому вузлу; U_μ - множина гілок, що належать μ -тому незалежному контуру; U_b - множина гілок, що відображають ВГП; h_e - величина природної тяги, що діє в μ -тому незалежному контурі; $L(i,j)$ -

довжина виробки, м; $S(i,j)$, $S^{min}(i,j)$, $S^{max}(i,j)$ - відповідно площа поперечного перетину виробки, його мінімально і максимально припустимі значення, m^2 ; $Q(i,j)$, $Q^{min}(i,j)$, $Q^{max}(i,j)$ - відповідно витрата повітря у виробці, її мінімально і максимально припустимі значення, m^3/z ; $H(i,j)$, $H^{min}(i,j)$, $H^{max}(i,j)$ - відповідно депресія виробки, її мінімально і максимально припустимі значення, Па; H_{norm} - обмеження на величину загальношахтної депресії, Па; $V(i,j)$, $V^{min}(i,j)$, $V^{max}(i,j)$ - відповідно швидкість руху повітря у виробці, її мінімально і максимально припустимі значення, м/с; $R(i,j)$, $R^{min}(i,j)$, $R^{max}(i,j)$ - відповідно аеродинамічний опір виробки, його мінімально і максимально припустимі значення, одиниць СІ; α – коефіцієнт аеродинамічного опору виробки; $\delta^q(i,j)$, $\delta^h(i,j)$ - відповідно значення вірогідності завдання величин $Q(i,j)$, $H(i,j)$ у виробці; $a(i,j)$ $b(i,j)$ – коефіцієнти апроксимації характеристик ВГП, $Q^*(i,j)$, $H^*(i,j)$ – вимірювані значення витрат повітря і депресій гірничих виробок відповідно.

Мінімізація функціонала (1) є завданням нелінійного математичного програмування, при цьому враховуються наступні обмеження у вигляді рівнянь і нерівностей: закони розподілу повітря у ШВМ (2), (3), залежності між аеродинамічним опором і перетином гірничих виробок.

У постановці задачі враховуються:

- *фізичні обмеження*: закони розподілу повітря в ШВМ (2), (3), залежності (6) між аеродинамічними опорами виробки, її перетином, довжиною і формою;
- *технологічні обмеження*: робоча ділянка вентиляторів головного провітрювання (ВГП) описується характеристикою (4) та обмеження на аеродинамічний опір гірничої виробки (9);
- *режимні обмеження*, що регламентують максимально та мінімальні значення припустимих швидкостей повітря та витрата повітря у гілках, які підводять і відводять повітря (8), продуктивність та напір ВГП (12), максимально можливий розмір загальношахтної депресії (5).

Вирішення задачі виконується у три етапи.

1. Методами, викладеними у [4], визначаються мінімально необхідні точки вимірів аеродинамічних параметрів у ШВМ.

2. Для кожного розрахункового періода з використанням методів потокового програмування [5] формується базис маршрутів руху гірничих майстрів, які забезпечують повноту збору інформації про ШВМ.

3. Методами, викладеними у [4], ведеться обробка даних вимірів аеродинамічних параметрів про стан ШВМ в умовах інформаційної невизначеності.

Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність праці гірничих майстрів під час руху їх по маршрутах з метою збирання первинної інформації про ШВМ, яка реконфігурується, і контролю стану стаціонарних приладів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пономаренко, Т.В. Метод оптимизации параметров развивающихся вентиляционных сетей // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / НАН Украины ИГТМ. – Днепропетровск, 1999. – Вып.13. – С. 84-89.
2. Бокий, Б.В. О формализованном инвариантном способе описания нелинейными многополюсниками зон шахтной вентиляционной сети с неопределенными структурой и аэродинамическими параметрами / Б.В. Бокий, Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 92. – С. 264-274.
3. НПАОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки у вугільних шахтах: затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62. – Київ: 2010 – 2154 (Нормативний документ Мінвуглепрому України).
4. Бунько, Т.В. Метод идентификации вентиляционных сетей с неопределенными аэродинамическими параметрами / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2005. - вып.57. - С. 233-238.
5. Йенсен, П. Потокоевое программирование. Пер. с англ. / П. Йенсен, Д. Барнес. – М.: Радио и связь, 1984. – 392с.

REFERENCES

1. Ponomarenko, T.V. (1999), "Method optimizations of parameters of developing **ventilation networks**", *Geo-technical mechanics*, no.13, pp 84-89.
2. Bokiyy, B.V. and Bunko, T.V. (2011), "About the **formalized invariant method** of description by nonlinear many-polar **areas** of mine **ventilation network** with indefinite by a structure and aerodynamic parameters", *Geo-technical mechanics*, no.92, pp 264-274.
3. State committee of Ukraine on industrial safety, labour protection and **mining** supervision (2010), *NPAOP 10.0-1.01-10: Pravila bezpeki u vugilnirh shakhtakh* [NPAOP 10.0-1.01-10 Rules of safety in coal mines], Kiev, Ukraine
4. Bunko, T.V.(2005), «Method authentications of ventilation networks with indefinite aerodynamic parameters», *Geo-Technical Mechanics*, no. 57, pp 233-238
5. Yensen, P. and Barnes, D. (1984), *Potokovoye programmirovaniye* [Stream programming], Radio i svyaz, Moscow, SU.

Про авторів

Бунько Тетяна Вікторівна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, bunko2007@mail.ru

Кокоулін Іван Євгенович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, bunko2007@mail.ru

Дуднік Михайл Миколайович, інженер у відділі гірничої термоаеродинаміки і автоматизованих систем Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, dudnik1953@gmail.com

Жалілов Олександр Шамільєвич, інженер, головний механік ДП «Селідоввугілля», Селідове, Україна, alnat01@mail.ru

About the authors

Bunko Tatyana Viktorovna, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, bunko2007@mail.ru

Kokoulin Ivan Yevgenyevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, bunko2007@mail.ru

Dudnik Michail Nikolayevich, ingeneer in the Department of Rock Thermoatrodynamics and Automated Systems N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine,

Zhalilov Alexandr Shamilyevich, Master of Science, Chief mechanical engineer of the state enterprise «Selidovugol», Selidovo, Ukraine.

Аннотация: Вентиляционные системы угольных шахт являются сложными динамическими объектами с изменяющейся структурой и аэродинамическими параметрами. В качестве объекта контроля технические системы с такими особенностями относятся к классу реконфигурируемых систем, которые требуют непрерывного контроля за их состоянием. В настоящее время такой контроль реализуется совместным использованием стационарных и переносных приборов. Места установки стационарных приборов определяются требованиями Правил безопасности, а контроль переносными приборами выполняется горными мастерами по предварительно выбранным маршрутам на основании схемы горных работ. На практике это приводит к неравномерности загрузки маршрутов и неучету эргономичности движения по ним. При этом не учитывается возможность сокращения трудоемкости движения горных мастеров по маршруту и увеличения достоверности первичных данных при оптимизации их объема. Это обуславливает разработку современных численных компьютерных методов формирования рационального базиса маршрутов и его комплексирование с расположением стационарных датчиков измерения аэродинамических параметров ШВС. Такой подход позволяет повысить производительность труда горных мастеров при движении их по маршрутам с целью сбора первичной информации о реконфигурируемой ШВС и контроле состояния стационарных приборов

Ключевые слова: шахтные вентиляционные системы, реконфигурируемый объект управления, рациональный базис маршрутов движения горных мастеров, комплексирование стационарных и переносных средств контроля

Abstract. Ventilation systems in the coal mines are complicated dynamic objects with variable structure and aerodynamic parameters. As an object of control, such technical systems with such features are referred to the class of re-configurable systems whose state requires continuous control. Today such control is realized by combination of stationary and portable devices. Location for stationary device installation is determined by safety regulations, and portable devices are used by mining foremen to control the system state on the preliminary chosen routes basing on a plan of mining operations. In practice, it results in uneven load of the routes and no traffic ergonomics. However, labour intensiveness of the mining foreman motions along the routes could be reduced and basic data could be more truthful if to optimize their content. These aspects should be in the focus of designing of new up-to-date computer methods for forming rational routes and their inter-connecting with stationary sensors which measure aerodynamic parameters of the mine ventilation systems. Such approach allows to improve labour productivity of the mining foremen when they move along the routes and collect primary information on a re-configurable ventilation system and control state of stationary devices.

Keywords: mine vent systems, re-configurable object of control, rational base for routes of mining foreman motion, combination of stationary and portable control devices

Статья поступила в редакцию 15.01.2014

Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук С.П. Минеевым

УДК 622.647.2

Р. В. Кирия, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
Н. Г. Ларионов, аспирант
(ИГТМ НАН Украины)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛОТКА КОНВЕЙЕРА С ЛЕНТОЙ ГЛУБОКОЙ ЖЕЛОБЧАТОСТИ

Р. В. Кірія, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
М. Г. Ларіонов, аспірант
(ІГТМ НАН України)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОТКА КОНВЕЄРА ЗІ СТРІЧКОЮ ГЛИБОКОЇ ЖОЛОБЧАТОСТІ

R.V. Kiriya, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
N. G. Larionov, Doctoral Student
(IGTM NAS of Ukraine)

DETERMINING OF OPTIMAL PARAMETERS FOR THE TRAYS ON THE CONVEYOR BELT WITH DEEP FLUTING

Аннотация. Из теории расчета ленточных конвейеров известно, что при увеличении угла наклона боковых роликов увеличивается производительность конвейера. При этом увеличивается сопротивление движению ленты по роликоопорам конвейера. В связи с этим возникает задача определения оптимальных параметров желоба ленты конвейера, при которых погонная нагрузка была бы максимальной. В статье на основании установленной зависимости величины силы сопротивления движению ленты по роликоопорам ленточного конвейера с лентой глубокой желобчатости от параметров лотка ленты и свойств груза поставлена и решена задача оптимального проектирования става конвейера с трехроликовыми и пятироликовыми опорами. При этом за критерий эффективности принималась максимальная погонная нагрузка, а ограничением являлся коэффициент сопротивления движению ленты по роликоопорам конвейера от деформации груза. Варьируемыми параметрами в этой задаче оптимизации являлись углы наклона боковых роликов и ширина дна лотка ленты конвейера. Задача решалась методом зондирования варьируемых параметров. При этом для каждого значения варьируемых параметров определялась максимальная погонная нагрузка и соответственно коэффициент сопротивления движению ленты по роликоопорам ленточного конвейера от деформации груза, которые заносились в таблицу. Затем из этой таблицы определялось наибольшее значение погонной нагрузки и соответственно ей минимальный коэффициент сопротивления движению ленты от деформации груза. На основании исследований установлено, что оптимальные углы наклона боковых роликов ленточных конвейеров с лентой глубокой желобчатости, обеспечивающие максимальную производительность конвейера, принимают значения: 40° для трехроликовой опоры и 24° , 40° – для пятироликовой опоры. Кроме того, для конвейеров с трехроликовыми и пятироликовыми опорами оптимальный наклон боковых роликов с лентой глубокой желобчатости в два раза больше оптимальных углов наклона боковых роликов для обычных конвейеров.

Ключевые слова: конвейер с лентой глубокой желобчатости, роликоопоры, критерий эффективности, сопротивление движению, оптимальные параметры.