

Проведенные расчеты показали, что прочность барабана сотовой конструкции выше на 24 %, чем барабана традиционной. В ходе исследований было установлено, что меньшую на 15–20 % массу имеют барабаны сотовой конструкции, у которых необходимая прочность достигается за счет увеличения толщины обечайки, а не элементов сотового наполнителя при прочих равных условиях.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО БАРАБАНОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ USING THE METHOD OF THE LEAST QUADRATES TO REDUCE COSTS ON PRODUCTION OF DRUM CONVEYORS BARABANS

О. Л. Миранович

O. Miranovich

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
mir-oleg@tut.by*

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Используется метод наименьших квадратов для оценки параметров барабана ленточного конвейера с целью минимизации затрат на его производство. Проведена оценка параметров регрессионной модели напряженного состояния элементов барабана, показывающая возможность увеличения прочности сварных швов барабана, коэффициента запаса обечайек барабана и, как следствие, приводит к увеличению срока службы его элементов.

The paper uses the method of least squares to estimate the parameters of the drum of a belt conveyor in order to minimize the costs of its production. The parameters of the regression model of the stressed state of the drum elements were evaluated, showing the possibility of increasing the strength of the welded seams of the drum, the margin of the shells of the drum, and, as a result, leads to an increase in the service life of its elements.

Ключевые слова: ленточный конвейер, метод наименьших квадратов, регрессионная модель напряженного состояния, коэффициент регрессии, коэффициент запаса обечайек барабана, срок службы элементов барабана.

Keywords: belt conveyor, least-squares method, regression model of stress state, regression coefficient, stock factor of drum shells, lifetime of drum elements.

Метод наименьших квадратов (МНК) используем для получения точечных оценок параметров регрессионной модели напряженного состояния элементов барабана ленточного конвейера сотовой конструкции. Для этого применяется линейная модель вида $\varphi(X_1, X_2, \dots, X_n) = B_0 + B_1 X_1 + \dots + B_n X_n$.

Исходным материалом для получения точечных оценок параметров регрессионной модели является набор из N наблюдений над значениями факторов X_1, X_2, \dots, X_n и отклика Y .

Оценим неизвестные коэффициенты регрессии $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ то есть соответствующие значения оценок этих коэффициентов b_0, b_1, \dots, b_n . Система базисных функций $f_j(X), j=0, \dots, d$, выбирается заранее.

Согласно МНК, значения b находятся из условия минимизации суммы квадратов отклонений, измеренных значений отклика от получаемых с помощью регрессионной модели, то есть путем минимизации суммы:

$$\sum_{g=1}^N [Y_g - (b_0 f_{g0} + b_1 f_{g1} + \dots + b_d f_{gd})]^2 = \min. \quad (1)$$

Величины b_j , при которых указанная сумма квадратов достигает минимума, и принимаются за оценки коэффициентов регрессии. Минимизация суммы квадратов производится с помощью дифференциального исчисления путем приравнивания к нулю первых частных производных (1) по b_0, b_1, \dots, b_d .

После преобразований получим систему линейных алгебраических уравнений, решая которую можно получить искомые оценки b_0, b_1, \dots, b_d :

$$\begin{aligned} b_0 \sum_{g=1}^N f_{g0}^2 + b_1 \sum_{g=1}^N f_{g0} f_{g1} + \dots + b_d \sum_{g=1}^N f_{g0} f_{gd} &= \sum_{g=1}^N Y_g f_{g0}; \\ b_0 \sum_{g=1}^N f_{g0} f_{g1} + b_1 \sum_{g=1}^N f_{g1}^2 + \dots + b_d \sum_{g=1}^N f_{g1} f_{gd} &= \sum_{g=1}^N Y_g f_{g1}; \end{aligned} \quad (2)$$

$$b_0 \sum_{g=1}^N f_{g0} f_{gd} + b_1 \sum_{g=1}^N f_{g1} f_{gd} + K + b_d \sum_{g=1}^N f_{gd}^2 = \sum_{g=1}^N Y_g f_{gd},$$

В уравнении $Y = \sum_{j=0}^d b_j f_j(X)$ (3)

значения функции f_j можно рассчитать для любых значений X_i и, следовательно, можно получить значения Y , то есть наибольшие напряжения на валу, в обечайке и элементах сотового каркаса барабана ленточного конвейера.

Расчеты, выполненные по приведенной методике, показывают, что коэффициент запаса прочности сварных швов барабана сотовой конструкции увеличен до 3,5 по сравнению с барабаном традиционной конструкции, который составляет 2,8; коэффициент запаса обечаек барабана сотовой конструкции составляет 3,1 по сравнению с барабаном традиционной конструкции, равном 2,7, что увеличит срок службы элементов барабана, а это снизит затраты на производство барабанов машин непрерывного действия на 20–30 %.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ БАРАБАНА МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY BASED ON THE CALCULATION OF ELEMENTS OF THE DRUM MACHINE OF CONTINUOUS ACTION

О. Л. Миранович
O. Miranovich

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
mir-oleg@tut.by*

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Использована методика определения наибольшего эквивалентного напряжения, вычисленная по IV теории прочности, которое возникает в элементах барабана ленточного конвейера сотовой конструкции. Приведенная методика расчета показывает снижение трудоемкости производства и обслуживания ленточных конвейеров, снижение материалоемкости барабана и затрат на ремонт, уменьшение потребления электрической и тепловой энергии при производстве, снижение себестоимости барабана.

The technique for determining the maximum equivalent voltage, calculated according to the IV theory of strength, is used, which arises in the elements of a drum of a belt conveyor of honeycomb structure. The above calculation technique shows a reduction in the labor intensity of production and maintenance of belt conveyors, a decrease in the material consumption of the drum and repair costs, a reduction in the consumption of electrical and heat energy during production, and a reduction in the cost of the drum.

Ключевые слова: барабан ленточного конвейера, наибольшие эквивалентные напряжения, IV теория прочности, коэффициент регрессии, регрессионная модель, материалоемкость.

Keywords: drum of the belt conveyor, the largest equivalent stresses, IV strength theory, regression coefficient, regression model, material consumption.

Для анализа энергетической эффективности элементов барабана машин непрерывного действия применим оценку наибольших эквивалентных напряжений, рассчитанных по IV теории прочности, которые возникают в элементах барабана ленточного конвейера сотовой конструкции, необходимо произвести расчет в несколько этапов.

На начальном этапе рассчитываются значения функций f_j . Значения функций f_j зависят от параметров самого барабана и от условий его нагружения. Значения этих функций, представленные в векторном виде, запишутся так:

$$f^T(X) = [1, B, D, T_0, T_K, \alpha_0, S_{CB}, T_\Phi, B^2, D^2, T_0^2, T_K^2, \alpha_0^2, S_{CB}^2, T_\Phi^2, DB, T_0 B, T_K B, \alpha_0 B, S_{CB} B, T_\Phi B, T_0 D, T_K D, \alpha_0 D, S_{CB} D, T_\Phi D, T_K T_0, \alpha_0 T_0, S_{CB} T_0, T_\Phi T_0, \alpha_0 T_K, S_{CB} T_K, T_\Phi T_K, S_{CB} \alpha_0, T_\Phi \alpha_0, S_{CB} T_\Phi],$$

где B – ширина ленты, D – диаметр барабана, T_0 – толщина обечайки, T_K – толщина элементов каркаса, α_0 – угол обхвата барабана лентой, S_{CB} – натяжение сбегающей ветви ленты, T_Φ – тяговый фактор.

На втором этапе производится перемножение соответствующих коэффициентов регрессии b_j и базисных функций f_j , полученных при выполнении первого этапа. И, наконец, на третьем этапе полученные числа сум-