

**Машиностроение и машиноведение**

УДК 621. 86

DOI: 10.12737/article\_5a02f9fb201191.00397278

П.В. Бословяк, Г.А. Емельянова, Е.П. Зуева

**ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ СТАЦИОНАРНОГО КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ**

Установлено влияние скорости распространения коррозии на снижение массы основных конструктивных узлов металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой. Получены зависимости для основных геометрических характеристик деталей металлоконструкции конвейера с

подвесной лентой с учетом коррозионного воздействия.

**Ключевые слова:** коррозия, металлоконструкция, оптимальное проектирование, конвейер с подвесной лентой, оптимальный результат, коррозионное ограничение.

P.V. Boslovyak, G.A. Yemeliyanova, E.P. Zueva

**CORROSION IMPACT UPON RESULT OF OPTIMUM DESIGN OF METAL WARE FOR STATIONARY CONVEYER WITH SUSPENSION BELT**

A modern and promising type of conveyer transport is a conveyer with a suspension load-carrying belt which had given a good account of itself at loose goods transportation under difficult conditions.

When designing a conveyer with a suspension belt a significant problem is mass decrease in basic units of the metal ware.

During the work of the conveyer with a suspension belt its metal ware may be subjected to corrosion impact. At that a destructive corrosion effect causes not only environment, but also a load moved by a conveyer belt which may have different physic-chemical properties.

In the course of time this corrosion action subjects elements of the metal ware to thinning their sur-

face which results in the decrease of a cross-sectional area and a moment of inertia of conveyer parts.

Corrosion limitations represent conditions of the excess with the cross-sectional area of the corroded element in the course of the conveyer metal ware specified life minimum allowable by the terms of cross-section strength and rigidity.

For the case of an metal ware even corrosive damage in stationary conveyers with a suspension belt by means of the formation of an even corrosion layer on the entire perimeter of the cross-section for an approximate assessment of its basic geometric characteristics decrease the dependences were formed.

**Key words:** corrosion, metal ware, optimum design, conveyer with suspension belt, optimum result, corrosion limitation.

Современным и перспективным типом конвейерного транспорта является конвейер с подвесной грузонесущей лентой (КПЛ), который хорошо зарекомендовал себя при транспортировке сыпучих грузов в сложных условиях: в пожаро- и взрывоопасных условиях, при большом угле наклона конвейерной трассы и повышенных экологических требованиях [1; 2].

Важной задачей при проектировании КПЛ является снижение массы основных узлов (рис. 1) металлоконструкции (МК) [4]. Процедура оптимального проектирования металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой приведена в работах [2; 3].

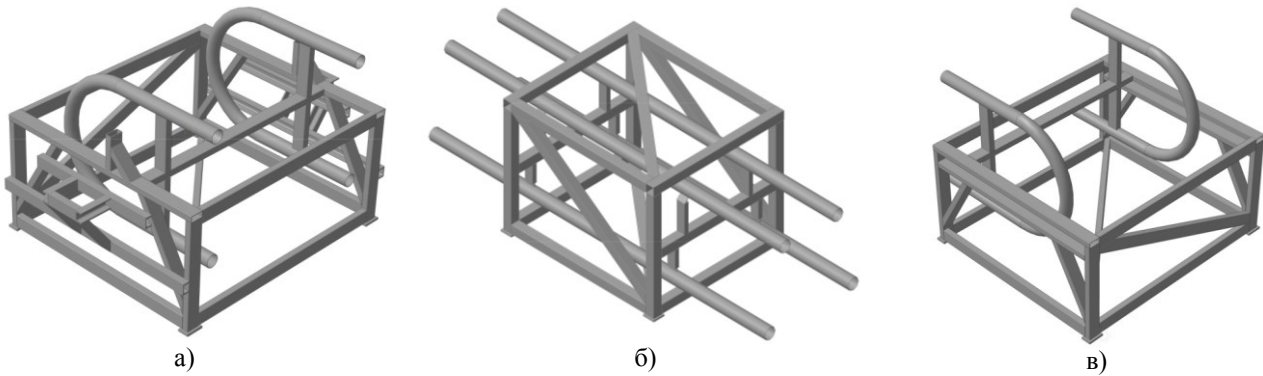


Рис. 1. Основные конструктивные узлы конвейера с подвесной лентой [2]:  
а – приводная станция; б – линейная секция; в – натяжная станция

Помимо указанных в работе [3] ограничений, накладываемых на разработанные математические модели, в процессе работы конвейера с подвесной лентой его металлоконструкция может подвергаться воздействию коррозии. Причем отрицательное коррозионное действие вызывает не только внешняя среда, но и перемещаемый конвейерной лентой груз, который может иметь различные физико-химические свойства.

Коррозионное воздействие со временем подвергает элементы металлоконструкции утонению их поверхности, что приводит к снижению площади поперечного сечения и моментов инерции деталей конвейера. По данной причине возникает необходимость включения в процедуру

оптимального проектирования математических моделей МК ограничений по коррозии материала, позволяющих учитывать уменьшение геометрических размеров деталей и прогнозировать их значения на момент окончания срока эксплуатации металлоконструкции конвейера с подвесной лентой.

В ходе работы было установлено, как скорость распространения коррозии влияет на снижение массы основных конструктивных узлов металлоконструкции КПЛ (рис. 2). Из полученных графиков следует, что с увеличением скорости коррозии массы основных конструктивных узлов металлоконструкции возрастают по линейной зависимости.

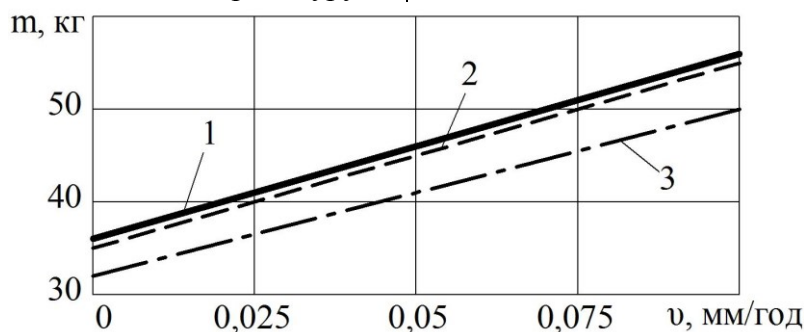


Рис. 2. Графики зависимости массы узлов КПЛ от скорости коррозии МК:  
1 – линейная секция; 2 – приводная станция; 3 – натяжная станция

При учете коррозионного ограничения (при скорости общей равномерной коррозии до 0,1 мм/год) в математических моделях полученный в ходе оптимального проектирования металлоконструкции КПЛ результат будет увеличен на 50...60%.

Коррозионное ограничение представляет собой условие превышения площадью поперечного сечения корродированного элемента в течение заданного срока службы МК конвейера  $\tau_{cc}$  минимально допустимого по условиям прочности и жесткости поперечного сечения [2]:

$$A(\tau = 0) - \int_0^{\tau_{cc}} v_A(\tau) d\tau - A_{\min} \geq 0, \quad (1)$$

где  $A(\tau = 0)$  – начальная площадь поперечного сечения конструктивного элемента;  $V_A$  – скорость уменьшения площади конструктивного элемента в процессе коррозии;  $\tau_{cc}$  – заданный срок службы металлоконструкции КПУ;  $A_{\min}$  – минимально допустимая площадь поперечного сечения конструктивного элемента.

Для случая равномерного коррозионного повреждения МК стационарных кон-

вейеров с подвесной лентой путем образования равномерного слоя продуктов коррозии по всему периметру поперечного сечения для приближенной оценки уменьшения его основных геометрических характеристик можно использовать следующие зависимости [2]:

- для круглой трубы при коррозии наружной поверхности (рис. 3а):

$$A(\tau_{cc}) = \pi \left[ \frac{(D(0) - 2\Delta_{\kappa 1})^2 - d^2(0)}{4} \right] = \pi \left[ \frac{(D(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})^2 - d^2(0)}{4} \right];$$

$$W_x(\tau_{cc}) = \pi \frac{(D(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})^3}{32} \left[ 1 - \left( \frac{d(0)}{D(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc}} \right)^4 \right];$$

- для круглой трубы при коррозии внутренней поверхности (рис. 3б):

$$A(\tau_{cc}) = \pi \left[ \frac{D^2(0) - (d(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})^2}{4} \right];$$

$$W_x(\tau_{cc}) = \pi \frac{D^3(0)}{32} \left[ 1 - \left( \frac{d(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc}}{D(0)} \right)^4 \right];$$

- для круглой трубы при совместной коррозии наружной и внутренней поверхностей (рис. 3в):

$$A(\tau_{cc}) = \pi \left[ \frac{(D(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})^2 - (d(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})^2}{4} \right];$$

$$W_x(\tau_{cc}) = \pi \frac{(D(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})^3}{32} \left[ 1 - \left( \frac{d(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc}}{D(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc}} \right)^4 \right];$$

- для прямоугольной трубы при коррозии наружной поверхности (рис. 3г):

$$A(\tau_{cc}) = (H(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})(B(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc}) - (h(0)b(0));$$

$$W_x(\tau_{cc}) = \frac{(B(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})(H(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})^3 - (b(0)h^3(0))}{6(H(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})};$$

- для прямоугольной трубы при коррозии внутренней поверхности (рис. 3д):

$$A(\tau_{cc}) = (H(0)B(0)) - (h(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})(b(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc});$$

$$W_x(\tau_{cc}) = \frac{B(0)H^3(0) - (b(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})(h(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})^3}{6H(0)};$$

- для прямоугольной трубы при совместной коррозии наружной и внутренней поверхностей (рис. 3е):

$$A(\tau_{cc}) = (H(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})(B(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc}) - (h(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})(b(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc});$$

$$W_x(\tau_{cc}) = \frac{(B(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})(H(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})^3 - (b(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})(h(0) + 2\nu_{\kappa 2}\tau_{cc})^3}{6(H(0) - 2\nu_{\kappa 1}\tau_{cc})};$$

- для швеллера при коррозии всей поверхности (рис. 3ж):

$$A(\tau_{cc}) = A_H^u - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc} [b(0) - s(0) + H(0) - t(0) + \nu_{\kappa}\tau_{cc}];$$

$$W_x(\tau_{cc}) = \frac{J_{xuu} - 2 \left[ b(0)v_k\tau_{cc} \left( \frac{H(0)}{2} - \frac{v_k\tau_{cc}}{2} \right)^2 \right] - 2v_k\tau_{cc}(b(0) - s(0)) \left( \frac{H(0)}{2} - t(0) + \frac{v_k\tau_{cc}}{2} \right)^2}{\frac{H(0)}{2} - v_k\tau_{cc}} - \frac{v_k\tau_{cc}(H(0) - 2v_k\tau_{cc})^3 - v_k\tau_{cc}(H(0) - 2t(0) + 2v_k\tau_{cc})^3}{\frac{H(0)}{2} - v_k\tau_{cc}};$$

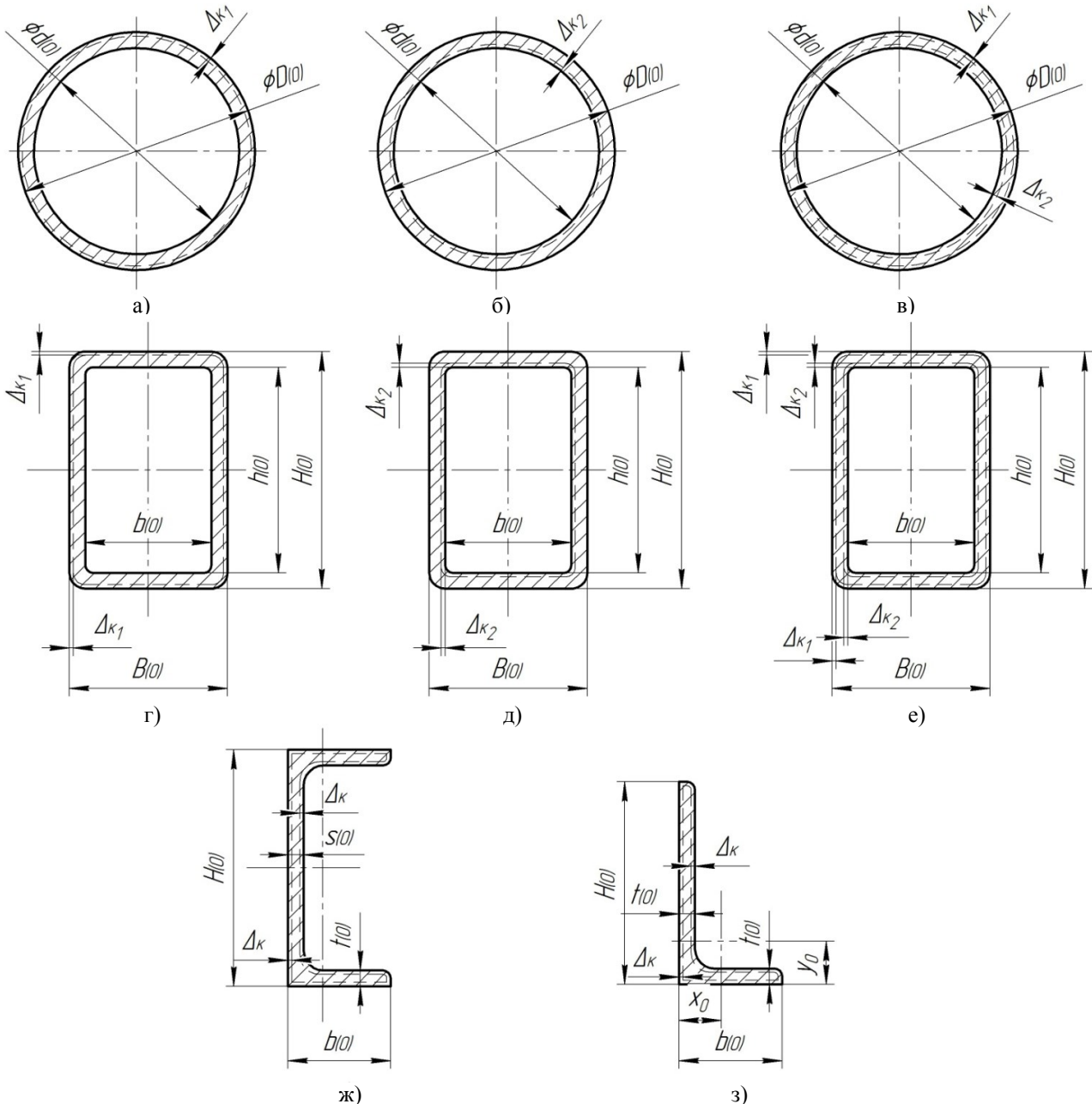


Рис. 3. Расчетные схемы поперечных сечений элементов МК стационарного конвейера с подвесной лентой при учете равномерного коррозионного воздействия окружающей среды [2]: а – круглая труба при коррозии наружной поверхности; б – круглая труба при коррозии внутренней поверхности; в – круглая труба при совместной коррозии наружной и внутренней поверхностей; г – прямоугольная труба при коррозии наружной поверхности; д – прямоугольная труба при коррозии внутренней поверхности; е – прямоугольная труба при совместной коррозии наружной и внутренней поверхностей; ж – швеллер при коррозии всей поверхности; з – уголок при коррозии всей поверхности

- для уголка при коррозии всей поверхности (рис. 3з):

$$\begin{aligned}
& A(\tau_{cc}) = A_H^y - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc} [b(0) + H(0) - t(0)] \\
W(\tau_{cc}) = & \frac{1}{2} \frac{\left\{ J_x^y - \nu_{\kappa}\tau_{cc} (b(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) \left( y_0 - \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2} \right)^2 - (b(0) - t(0) + \nu_{\kappa}\tau_{cc}) \nu_{\kappa}\tau_{cc} (y_0 - \right. \\
& \left. - t(0) + \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2})^2 - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (H(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc})^3}{12} + (H(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{H(0)}{2} - y_0 \right)^2 \right] - \right. \\
& \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \\
& \left. - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (H(0) - t(0))^3}{12} + (H(0) - t(0)) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{H(0) + t(0)}{2} - \nu_{\kappa}\tau_{cc} - y_0 \right)^2 \right] \right\} + \\
& \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \\
& + \left\{ J_y^y - \nu_{\kappa}\tau_{cc} (H(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) \left( x_0 - \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2} \right)^2 - (H(0) - t(0)) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( x_0 - t(0) + \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2} \right)^2 - \right. \\
& \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \\
& \left. - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (b(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc})^3}{12} + (b(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{b(0)}{2} - x_0 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (b(0) - t(0))^3}{12} + \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \right. \\
& \left. \left. + (b(0) - t(0)) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{b(0) + t(0)}{2} - \nu_{\kappa}\tau_{cc} - x_0 \right)^2 \right] \right\} + \left\{ \left\{ J_x^y - \nu_{\kappa}\tau_{cc} (b(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) (y_0 - \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \right. \\
& \left. \left. - \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2} \right)^2 - (b(0) - t(0) + \nu_{\kappa}\tau_{cc}) \nu_{\kappa}\tau_{cc} (y_0 - t(0) + \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2})^2 - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (H(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc})^3}{12} + \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \right. \\
& \left. \left. + (H(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{H(0)}{2} - y_0 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (H(0) - t(0))^3}{12} + (H(0) - \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \right. \\
& \left. \left. - t(0)) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{H(0) + t(0)}{2} - \nu_{\kappa}\tau_{cc} - y_0 \right)^2 \right] \right\} - \left\{ J_y^y - \nu_{\kappa}\tau_{cc} (H(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) \left( x_0 - \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2} \right)^2 - \right. \\
& \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \\
& \left. - (H(0) - t(0)) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( x_0 - t(0) + \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc}}{2} \right)^2 - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (b(0) - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc})^3}{12} + (b(0) - \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \right. \\
& \left. \left. - 2\nu_{\kappa}\tau_{cc}) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{b(0)}{2} - x_0 \right)^2 \right] - \left[ \frac{\nu_{\kappa}\tau_{cc} (b(0) - t(0))^3}{12} + (b(0) - t(0)) \nu_{\kappa}\tau_{cc} \left( \frac{b(0) + t(0)}{2} - \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - \nu_{\kappa}\tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -v_k \tau_{cc} - x_0)^2 \Big] \Big]^2 + 4 \left\{ J_{xy}^y - v_k \tau_{cc} (b(0) - 2v_k \tau_{cc}) \left[ - \left( y_0 - \frac{v_k \tau_{cc}}{2} \right) \right]^2 \left( \frac{b(0)}{2} - x_0 \right) - \right. \\
& \left. \frac{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \\
& \left. - (b(0) - t(0)) v_k \tau_{cc} \left[ - \left( y_0 - t(0) + \frac{v_k \tau_{cc}}{2} \right) \right]^2 \left( \frac{b(0) - t(0)}{2} - v_k \tau_{cc} - x_0 \right) - \right. \\
& \left. \frac{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \\
& \left. - (H(0) - 2v_k \tau_{cc}) v_k \tau_{cc} \left( \frac{H(0)}{2} - y_0 \right) \left[ - \left( x_0 - \frac{v_k \tau_{cc}}{2} \right) \right] - \right. \\
& \left. \frac{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha} \right. \\
& \left. - (H(0) - t(0)) v_k \tau_{cc} \left( \frac{H(0) + t(0)}{2} - v_k \tau_{cc} - y_0 \right) \left[ - \left( x_0 - t(0) + \frac{v_k \tau_{cc}}{2} \right) \right] \right]^2 \Big\}^{\frac{1}{2}} \\
& \frac{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha}{[H(0) - y_0 - v_k \tau_{cc}] \cos \alpha + [x_0 - v_k \tau_{cc}] \sin \alpha} ,
\end{aligned}$$

где  $A(\tau_{cc})$  – площадь поперечного сечения конструктивного элемента после коррозионного воздействия;  $W_x(\tau_{cc})$  – момент сопротивления конструктивного элемента после коррозионного воздействия;  $v_k$  – скорость распространения коррозии;  $\Delta_{ki}$  – величина утонения поперечного сечения в результате коррозионного воздействия;  $x_0, y_0$  – координаты центра тяжести уголка;  $\alpha$  – угол наклона оси уголка.

Учитывая полученные зависимости для основных геометрических характеристик в ограничении (1), получим оптимальный вариант металлоконструкции КПЛ с учетом коррозионного воздействия.

В результате проведенных в работе исследований можно сделать следующие выводы:

1. В ходе оптимального проектирования металлоконструкции конвейера с подвесной лентой необходимо включать в

математические модели коррозионные ограничения.

2. Применение деталей с замкнутым контуром профиля поперечного сечения (прямоугольная и круглая трубы) способствует меньшему развитию коррозии внутренней поверхности деталей со стороны окружающей среды и транспортируемого материала (при полной изоляции внутренней поверхности детали), чем у деталей с незамкнутым контуром (швеллер, уголок).

3. Выявлено, что с изменением скорости равномерного коррозионного воздействия от 0 до 0,1 мм/год масса металлоконструкции КПЛ, полученная в ходе процедуры оптимального проектирования, возрастает на 60% по сравнению с массой МК, полученной при оптимизации без учета влияния коррозии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверченков, В.И. Конвейеры с подвесной лентой / В.И. Аверченков, С.В. Давыдов, В.П. Дунаев, В.Н. Ивченко, С.В. Куров, М.Ю. Рытов, В.И. Сакало; под общ. ред. В.И. Аверченкова, В.Н. Ивченко. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 256 с.
2. Бословяк, П.В. Оптимальное проектирование металлоконструкций стационарных конвейеров с подвесной лентой: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / П.В. Бословяк. – М., 2015. – 160 с.
3. Бословяк, П.В. Универсальная методика оптимального проектирования основных конструктивных узлов металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой / П.В. Бословяк, Е.П. Зуева // Науч.-техн. вестн. Брян. гос. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 32-42. – URL: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N1/2015-01-07.pdf>.
4. Вершинский, А.В. Численный анализ металлических конструкций подъемно-транспортных

машин / А.В. Вершинский, И.А. Лагереv, А.Н. Шубин, А.В. Лагереv. – Брянск: БГУ, 2014. –

186 с.

1. Averchenkov, V.I. *Conveyers with Suspension Belt* / V.I. Averchenkov, S.V. Davydov, V.P. Dunaev, V.N. Ivchenko, S.V. Kurov, M.Yu. Rytov, V.I. Sakalo; under the general editorship of V.I. Averchenkov, V.N. Ivchenko. – M.: Mechanical Engineering – 1, 2004. – pp. 256.
2. Boslovyak, P.V. Metal ware optimum design for stationary conveyers with suspension belt: *Can. Eng. thesis*: 05.05.04. / P.V. Boslovyak. – M., 2015. – pp. 160.
3. Boslovyak, P.V. Universal procedure for optimum design of basic design units of metal ware of stationary conveyer with suspension belt / P.V. Boslovyak, E.P. Zueva // *Scientific-Tech. Bulletin of Bryansk State University*. – 2015. – No.1. – pp. 32-42. - URL: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N1/2015-01-07.pdf>.
4. Vershinsky, A.V. *Numerical Analysis of Lifting-Handling Machinery Metal Ware* / A.V. Vershinsky, I.A. Lagerev, A.N. Shubin, A.V. Lagerev. – Bryansk:BSU, 2014. – pp. 186.

Статья поступила в редколлегию 14.03.17.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета  
Сакало В.И

#### Сведения об авторах:

**Бословяк Павел Валерьевич**, к.т.н., доцент кафедры «Подъемно-транспортные системы» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, e-mail: [boslovyak89@mail.ru](mailto:boslovyak89@mail.ru).

**Емельянова Галина Александровна**, д.т.н., доцент кафедры «Высшая математика и строительная механика» Московского архитектурного института

(государственная академия) (МАРХИ), e-mail: [ga\\_emel@mail.ru](mailto:ga_emel@mail.ru).

**Зуева Елена Павловна**, к.т.н., доцент кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» Брянского государственного технического университета, e-mail: [epzyeva@bk.ru](mailto:epzyeva@bk.ru).

**Boslovyak Pavel Valerievich**, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Lifting-Handling Systems”, Bauman State Technical University of Moscow, e-mail: [boslovyak89@mail.ru](mailto:boslovyak89@mail.ru).

**Yemeliyanova Galina Alexandrovna**, D. Eng. Assistant Prof. of the Dep. “Higher Mathematics and Struc-

tural Mechanics”, Moscow Architectural Institute (State Academy), e-mail: [ga\\_emel@mail.ru](mailto:ga_emel@mail.ru).

**Zueva Elena Pavlovna**, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Lifting-Handling Machines and Equipment”, Bryansk State Technical University, e-mail: [epzyeva@bk.ru](mailto:epzyeva@bk.ru).