

УДК 621. 86

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ СТАЦИОНАРНОГО КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ

П.В. Бословяк, Е.П. Зуева

Брянский государственный технический университет

Представлена методика и подробный алгоритм оптимального проектирования металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой. Разработаны универсальные целевые функции совместно с системой ограничений основных конструктивных узлов металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой.

Ключевые слова: металлоконструкция, конвейер с подвесной лентой, оптимальное проектирование, оптимизация, целевая функция, ограничение, основные конструктивные узлы, алгоритм, программный комплекс.

В настоящее время на промышленных предприятиях основным средством непрерывного транспорта является традиционный ленточный конвейер. Но он, как показывает многолетняя практика, имеет существенные недостатки. В связи с чем была разработана новая конструкция специального ленточного конвейера – конвейера с подвесной лентой (КПЛ), в которой отсутствуют многие недостатки ленточных конвейеров обычного типа [1-3]. Данный конвейер является перспективным инновационным средством непрерывного транспорта.

Стационарный конвейер с подвесной лентой фактически является гибридом обычного ленточного конвейера и рельсового транспорта (рис. 1).

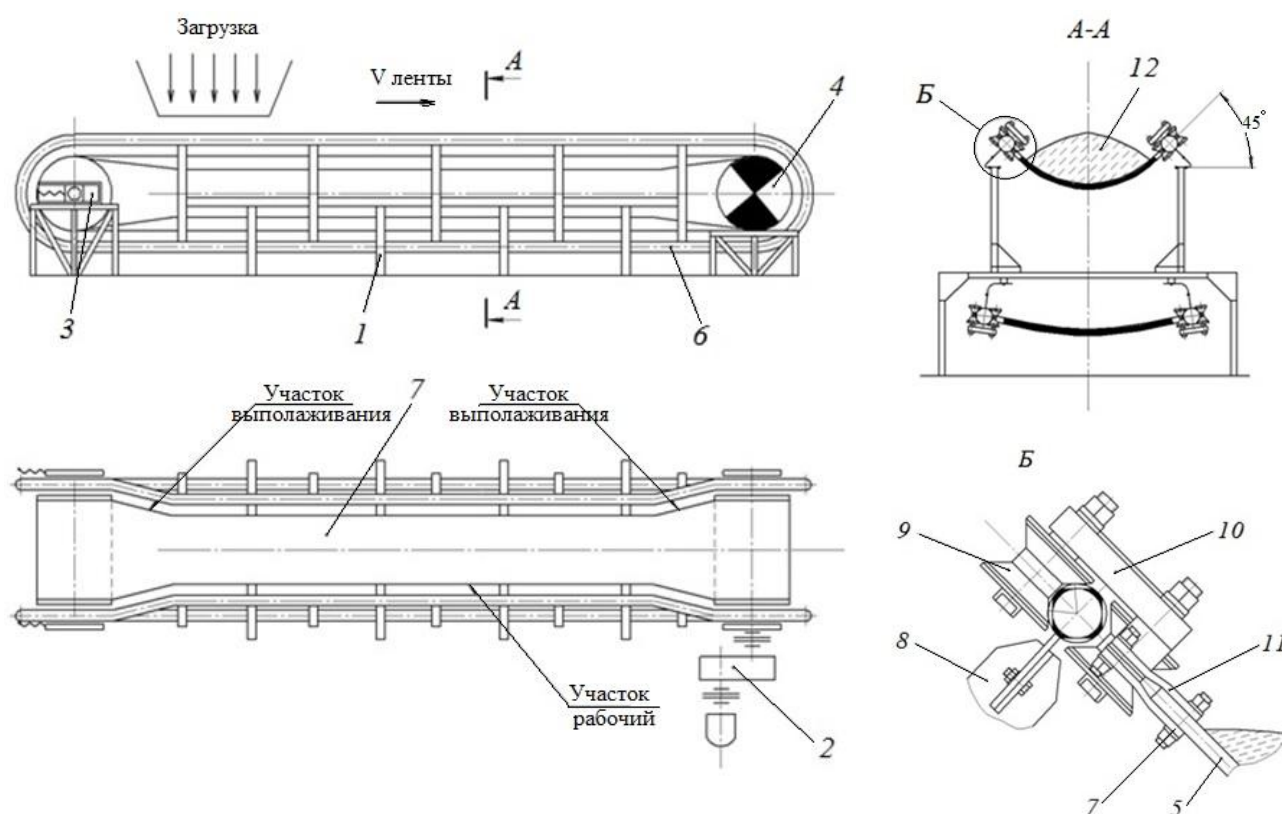


Рис. 1. Конвейер с подвесной лентой [1]: 1 – став; 2 – привод; 3 – натяжной барабан; 4 – приводной барабан; 5 – лента; 6 – направляющие; 7 – узел крепления; 8 – кронштейн; 9 – ролик; 10 – подвеска; 11 – ленточки; 12 – груз

Он состоит из сварного металлического става 1, привода 2, натяжного 3 и приводного 4 барабанов. Став состоит из стоек, к которым с помощью кронштейнов 8 крепятся направляющие элементы 6, выполненные в виде замкнутых, вытянутых вдоль конвейера труб, рас-

стояние между которыми выбрано таким, чтобы обеспечить требуемую желобчатость ленты на всей длине конвейера. Конвейерная лента 5 с помощью гибких элементов 11 и узлов крепления 7 подвешивается к подвеске 10, основным элементом которой являются ходовые ролики 9. Ходовые ролики катятся по поверхности трубчатой направляющей, обеспечивая плавное перемещение ленты с грузом 12. При этом вблизи барабанов трубчатые направляющие 6 имеют отгибы в горизонтальной плоскости (выполаживающие участки), позволяющие ленте в местах ее взаимодействия с барабаном принять плоскую форму [1].

Важной задачей при проектировании КПЛ является снижение металлоемкости. Оно может быть достигнуто как путем оптимизации существующих машин, так и на предварительном этапе проектирования конвейеров.

Цель оптимального проектирования металлоконструкции (МК) конвейера заключается в максимальном использовании запаса работоспособности конструкции. Она достигается путем создания металлоконструкции, имеющей минимальную массу при выполнении требуемых конструктивных, прочностных, жесткостных, коррозионных и монтажных ограничений, что приводит к снижению себестоимости конвейера в целом [4-6].

Типичная структурная схема стационарного конвейера с подвесной лентой состоит из трех основных конструктивных узлов (рис. 2), которые подразделяются на детали (стержни, раскосы, стойки). Анализ каждого из характерных элементов металлоконструкции КПЛ заключается в рассмотрении их с учетом наличия избыточных стержней и раскосов. В зависимости от технического задания на проектирование стационарного конвейера с подвесной лентой металлоконструкция основных конструктивных узлов (рис. 3) будет многообразной, т.е. они будут иметь разное количество, длину и профиль поперечного сечения деталей.

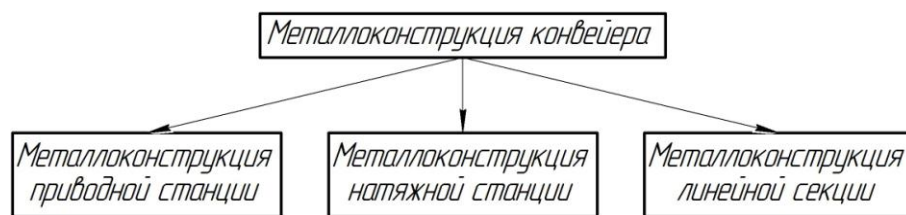


Рис. 2. Структурная схема металлоконструкции конвейера с подвесной лентой

Детали основных конструктивных узлов металлоконструкции КПЛ имеют поперечные сечения различной геометрической конфигурации. Оптимальными с точки зрения минимальной массы деталей при выполнении требуемых прочностных и жесткостных условий являются такие профили, как прямоугольная и круглая трубы, швеллер и уголок.

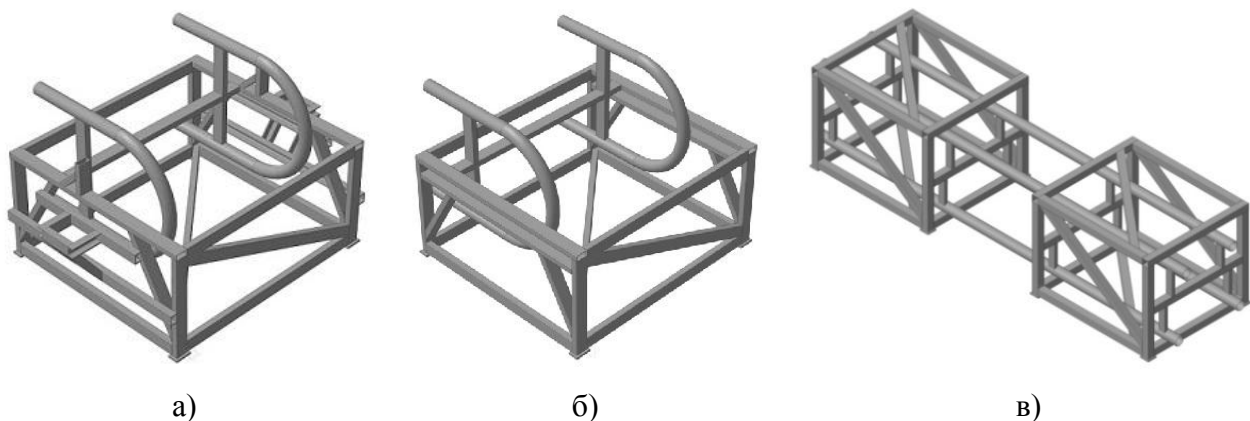


Рис. 3. Схемы основных конструктивных узлов металлоконструкций стационарного КПЛ: а – приводной станции; б – натяжной станции; в – линейных секций

В общем виде масса металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой составляет

$$M = m_{nc} + m_{нс} + m_{лс},$$

где m_{nc} , $m_{нс}$, $m_{лс}$ – масса МК приводной станции, натяжной станции и линейной секции соответственно.

Металлоконструкция КПЛ характеризуется совокупностью значений – геометрическими характеристиками его отдельных конструктивных элементов (размерами поперечного сечения и длинами участков МК). Часть из них не подвергается изменению (варьированию) в ходе отыскания оптимального результата, т.е. в процессе оптимизации этими параметрами либо невозможно, либо нецелесообразно управлять. К их числу относятся те, которые явно зависят от других параметров металлоконструкции, или уже определены на ранних этапах расчета. К числу параметров, которые необходимо учитывать при расчете и проектировании металлоконструкции и которыми невозможно управлять, относятся также эксплуатационные нагрузки, определяемые техническим заданием на проектирование конвейера.

Помимо неуправляемых параметров также есть управляемые параметры МК, которые варьируются для поиска оптимального результата. Из этих параметров составляется вектор неизвестных размеров $\{x\}$, подлежащих определению. Определенный в процессе оптимизации вектор управляемых $\{x\}$ и вектор неуправляемых $\{z\}$ параметров целиком определяют геометрические характеристики оптимальной металлоконструкции конвейера. Повышенного эффекта от процедуры оптимизации возможно добиться при наличии максимально возможного числа управляемых параметров, в результате чего можно ожидать существенного уменьшения металлоемкости оптимизируемой конструкции стационарного конвейера с подвесной лентой.

Задача оптимального проектирования металлоконструкции КПЛ в общем виде сформулирована следующим образом: для конкретного варианта МК требуется найти такое сочетание ее варьируемых размеров, при котором достигался минимум веса с учетом конструктивных, прочностных, жесткостных, коррозионных и монтажных ограничений

$$\begin{aligned} &C(\{x\}, \{z\}) \rightarrow \min; \\ &e_m(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (m = 1, \dots, M); \\ &f_n(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (n = 1, \dots, N); \\ &g_p(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (p = 1, \dots, P); \\ &j_s(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (s = 1, \dots, S); \\ &k_u(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (u = 1, \dots, U), \end{aligned}$$

где C – целевая функция (вес металлоконструкции конвейера); e_m , f_n , g_p , j_s , k_u – системы конструктивных, прочностных, жесткостных, коррозионных и монтажных ограничений соответственно.

Для создания универсальной целевой функции каждый элемент МК рассматривается в отдельности. Проводится анализ возможного профиля поперечного сечения для каждой детали элемента, определяется число управляемых $\{x\}$ и неуправляемых $\{z\}$ параметров. После выполнения данной процедуры анализа для каждого элемента металлоконструкции стационарного КПЛ составляется целевая функция, представленная ниже для каждого из трех элементов:

- целевая функция приводной станции

$$\begin{aligned} C_1(\{x_i^r\}, \{z_i^r\}) = &\{j_1^n 8\rho_1 z_1^n x_1^n (x_2^n + x_3^n - 2x_1^n) + j_1^m 4\rho_1 z_1^m [x_1^m (x_2^m - 2x_3^m) + 2x_4^m x_3^m] + \\ &+ j_1^y 4\rho_1 z_1^y x_1^y (x_2^y + x_3^y - x_1^y) + j_1^k 4\pi \rho_1 z_1^k x_1^k (x_2^k - x_1^k)\} + \dots + \{j_{17}^n 2\rho_{17} x_{58}^n x_{59}^n (x_{60}^n + x_{61}^n - 2x_{59}^n) + \\ &+ j_{17}^m \rho_{17} x_{69}^m [x_{70}^m (x_{71}^m - 2x_{72}^m) + 2x_{73}^m x_{72}^m] + j_{17}^y \rho_{17} x_{45}^y x_{46}^y (x_{47}^y + x_{48}^y - x_{46}^y) + j_{17}^k \pi \rho_{17} x_{26}^k x_{27}^k (x_{28}^k - x_{27}^k)\}; \end{aligned}$$

- целевая функция натяжной станции

$$\begin{aligned} C_2(\{x_i^r\}, \{z_i^r\}) = &\{j_1^n 8\rho_1 z_1^n x_1^n (x_2^n + x_3^n - 2x_1^n) + j_1^m 4\rho_1 z_1^m [x_1^m (x_2^m - 2x_3^m) + 2x_4^m x_3^m] + \\ &+ j_1^y 4\rho_1 z_1^y x_1^y (x_2^y + x_3^y - x_1^y) + j_1^k 4\pi \rho_1 z_1^k x_1^k (x_2^k - x_1^k)\} + \dots + \{j_{11}^n 2\rho_{11} x_{33}^n x_{34}^n (x_{35}^n + x_{36}^n - 2x_{34}^n) + \end{aligned}$$

$$+ j_{11}^u \rho_{11} x_{43}^u [x_{44}^u (x_{45}^u - 2x_{46}^u) + 2x_{47}^u x_{46}^u] + j_{11}^y \rho_{11} x_{33}^y x_{34}^y (x_{35}^y + x_{36}^y - x_{34}^y) + j_{11}^k \rho_{11} x_{13}^k x_{14}^k (x_{15}^k - x_{14}^k));$$

- целевая функция линейной секции

$$U_3(\{x_i^r\}, \{z_i^r\}) = \{j_1^n 8\rho_1 z_1^n x_1^n (x_2^n + x_3^n - 2x_1^n) + j_1^u 4\rho_1 x_1^u [x_2^u (x_3^u - 2x_4^u) + 2x_5^u x_4^u] +$$

$$+ j_1^y 4\rho_1 x_1^y x_2^y (x_3^y + x_4^y - x_2^y)\} + \dots + \{j_9^n 2\rho_9 x_{31}^n x_{32}^n (x_{33}^n + x_{34}^n - 2x_{32}^n) +$$

$$+ j_9^u \rho_9 x_{39}^u [x_{40}^u (x_{41}^u - 2x_{42}^u) + 2x_{43}^u x_{42}^u] + j_9^y \rho_9 x_{31}^y x_{32}^y (x_{33}^y + x_{34}^y - x_{32}^y) + j_9^k \rho_9 x_{11}^k x_{12}^k (x_{13}^k - x_{12}^k)\},$$

где j_i^r – признак наличия i -го элемента в конструкции ($j_i^r = 1$ – элемент имеется; $j_i^r = 0$ – элемент отсутствует); i – i -ый элемент конструкции; r – показатель формы поперечного сечения ($r=n$ – прямоугольная труба; $r=u$ – швеллер; $r=y$ – уголок; $r=k$ – круглая труба); ρ_i – плотность материала элемента; x_a^c, z_b^c – варьируемый и не варьируемый параметры МК; a, b – геометрический размер варьируемого и не варьируемого параметров МК.

Целевая функция металлоконструкции конвейера с подвесной лентой в общем виде

$$U(\{x\}, \{z\}) = U_1(\{x_i^r\}, \{z_i^r\}) + U_2(\{x_i^r\}, \{z_i^r\}) + U_3(\{x_i^r\}, \{z_i^r\}).$$

С учетом целевых функций всех основных конструктивных узлов сформирована система конструктивных, прочностных, жесткостных, коррозионных и монтажных ограничений. Для каждого элемента конструкции они будут различные.

Конструктивные ограничения:

- для приводной и натяжной станций: длины поперечных стержней больше длины обечайки приводного (натяжного) барабана; длины вертикальных стержней обеспечивают огибание конвейерной ленты на приводном (натяжном) барабане по криволинейной направляющей; длина натяжной станции выбирается с учетом натяжения ленты для обеспечения необходимого перемещения натяжного барабана вдоль станции;

- для линейной секции: вертикальные стойки не рекомендуется устанавливать с шагом более 4 м, так как при его увеличении возрастают динамические усилия со стороны подвески (от массы ленты с грузом) на направляющие.

К прочностным ограничениям относятся [7]:

- не превышение продольной силой N в стержнях и раскосах, подверженных центральному растяжению или сжатию, предела текучести материала при расчете на статическую прочность

$$\frac{AR_{yn}}{\gamma_m} \gamma_c - k_\sigma N \geq 0; \quad (1)$$

- не превышение продольной силой N в стержнях и раскосах, эксплуатация которых возможна и после достижения материалом предела текучести, временного сопротивления материала разрыву при расчете на статическую прочность

$$\frac{AR_{un} \gamma_c}{\gamma_m \gamma_u} - k_\sigma N \geq 0; \quad (2)$$

- не превышение продольной силой N в стержнях и раскосах, подверженных центральному сжатию, предела текучести материала при расчете на устойчивость

$$\frac{\phi AR_{yn}}{\gamma_m} \gamma_c - k_\sigma N \geq 0; \quad (3)$$

- не превышение изгибающими моментами M_y и M_z в стержнях и раскосах предела текучести материала при расчете на статическую прочность

$$\frac{R_{yn}}{\gamma_m} \gamma_c - k_\sigma \left(\frac{M_y}{I_y} z + \frac{M_z}{I_z} y \pm \frac{B\omega}{I_\omega} \right) \geq 0; \quad (4)$$

- не превышение продольной силой N и моментами M_y и M_z в стержнях и раскосах предела текучести материала при расчете на статическую прочность

$$\frac{R_{yn}}{\gamma_m} \gamma_c - k_\sigma \left(\frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{I_y} z \pm \frac{M_z}{I_z} y \pm \frac{B\omega}{I_\omega} \right) \geq 0, \quad (5)$$

где A – площадь сечения; γ_c – коэффициент условий работы; R_{yn} – предел текучести материала; γ_m – коэффициент надежности по материалу; γ_u – коэффициент надежности в расчетах по временному сопротивлению; R_{un} – временное сопротивление материала разрыву; φ – коэффициент продольного изгиба центрально-сжатых стержней; M_y, M_z, B – изгибающий момент относительно оси y - y и z - z и бимомент соответственно; I_y, I_z, I_ω – момент сопротивления сечения относительно оси x - x и y - y и секториальный соответственно; y, z, ω – координаты рассматриваемой точки сечения относительно главных осей; E – модуль упругости.

Динамические нагрузки, возникающие от движения конвейерной ленты и действующие через подвески на направляющие, учитываются введением коэффициента динамичности k_d в левые части неравенств (1)-(5).

К жесткостному ограничению относится не превышение прогибом f в стержнях и раскосах предельного прогиба f_u элемента конструкции [8]:

$$f_u - f \geq 0.$$

В процессе эксплуатации на металлоконструкцию стационарного конвейера с подвесной лентой возможно негативное коррозионное воздействие со стороны окружающей среды, обусловленное наличием атмосферной влаги, образованием пленок жидкого конденсата, воздействием твердых и газообразных агрессивных веществ, наличием производственных загрязнений. Негативное коррозионное воздействие приводит к постепенному во времени удалению материала с поверхности элементов металлоконструкции, приводящего к уменьшению площади сечения стержней и раскосов

$$A - \frac{dA(I\tau)}{d\tau} \tau_{cc} - A_{\min} \geq 0,$$

где $A, A_{\min}$ – площадь поперечного сечения детали до коррозионного воздействия и после него соответственно; dA – скорость коррозионного изнашивания площади сечения элемента МК; τ_{cc} – нормативный срок службы металлоконструкции КПЛ.

Монтажные ограничения должны соответствовать технологии сборочных операций.

После получения целевой функции металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой и систем ограничений, стал возможен процесс оптимизации. В качестве программного комплекса, в котором выполняется оптимальное проектирование металлоконструкции, используется продукт системы CAD/CAM/CAE NX [9], предназначенный для автоматизированного проектирования, изготовления и расчетов конструкций. Данный комплекс относится к системам высокого уровня и обладает широким набором инструментальных средств.

Общий алгоритм оптимального проектирования (рис. 4) осуществляется во взаимосвязанных средах NX NASTRAN и Altair HyperOpt программного комплекса NX.

На первоначальном этапе формируется оптимальная расчетная схема МК, последовательность получения которой состоит из ниже представленных действий.

Проверка исходного варианта МК по первому и второму предельным состояниям. Здесь осуществляется создание геометрической каркасной модели металлоконструкции КПЛ (рис. 5), дальнейшее ее преобразование в конечноэлементную модель, выбор материала из библиотеки данных, предварительный выбор профилей поперечных сечений стержней и раскосов, а также их размеров, введение жестких заделок и сил, действующих на металлоконструкцию стационарного КПЛ.

Геометрическая каркасная модель представляет собой сборку, включающую три основных конструктивных узла металлоконструкции в качестве компонентов: приводную станцию, натяжную станцию и линейную секцию. Построение данной модели осуществляется в CAD-подсистеме NX.

В конечноэлементной расчетной схеме стержни конструкции разделены по группам, в разной степени участвующим в процессе оптимизации. Каждый стержень группы в дальнейшем разбивается на заданное число элементов для расчета металлоконструкции методом конечных элементов.

Расчетная схема исходного варианта МК представлена на рис. 6-9.



Рис. 4. Этапы оптимального проектирования металлоконструкции стационарного КПЛ

Получив численные результаты напряжений, выполняется *анализ исходного варианта металлоконструкции*. Эта операция осуществлялась в следующей последовательности:

1. По полученным из расчета результатам производится оценка напряженно-деформированного состояния каждого стержня и раскоса.
2. Элементы, имеющие несущественные напряжения (до 10...20 МПа), исключаются из металлоконструкции. В случаях, когда в стержнях или раскосах возникают минимальные напряжения, но по конструктивным соображениям исключение их невозможно, тогда они остаются в металлоконструкции.

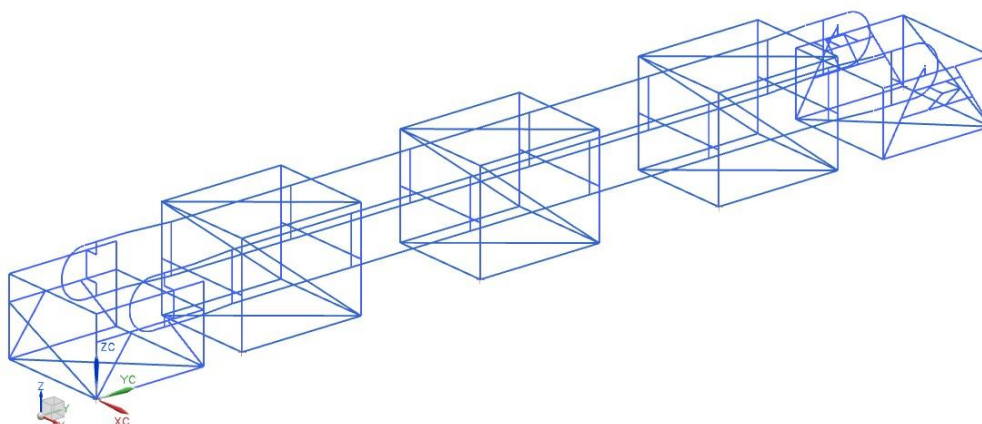


Рис. 5. Геометрическая каркасная модель металлоконструкции КПЛ

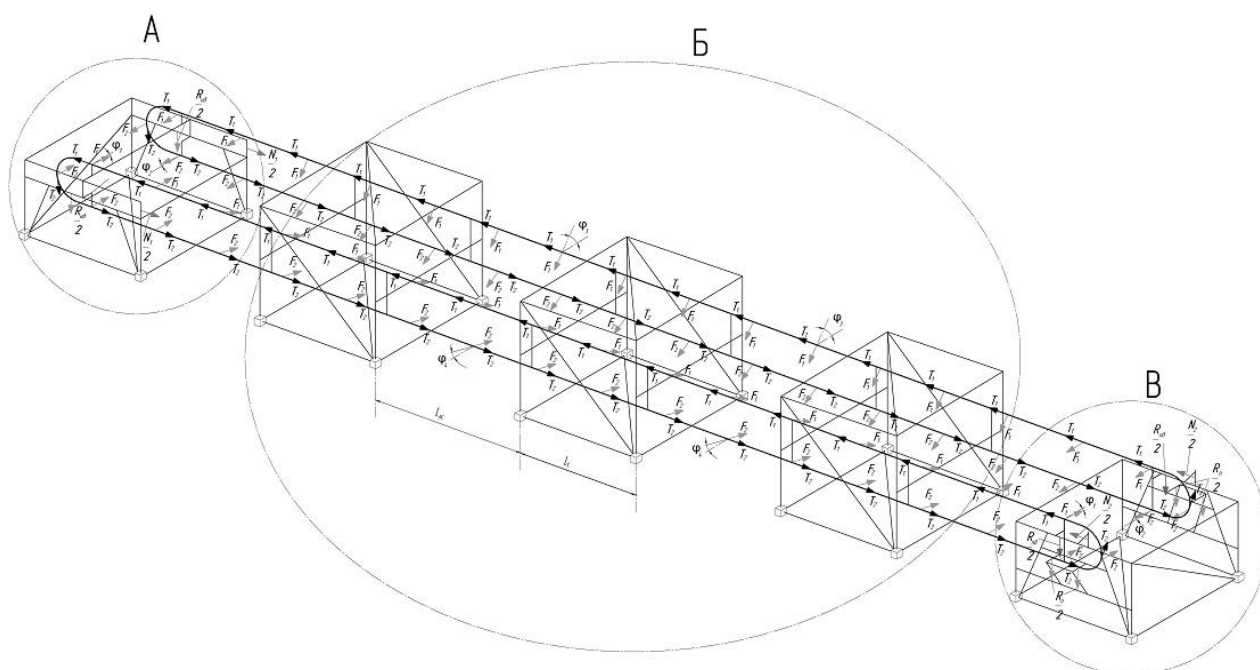


Рис. 6. Расчетная схема несущей конструкции КПЛ для проведения оптимального проектирования

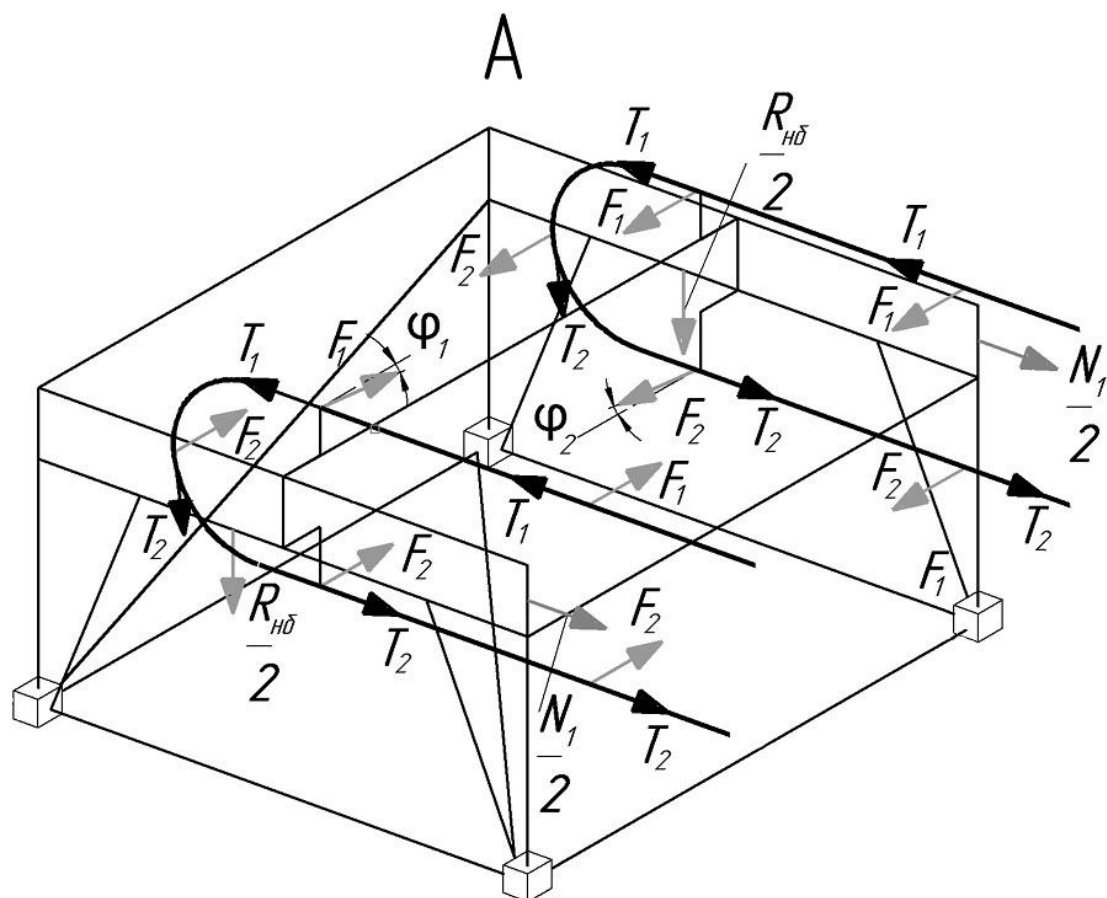


Рис. 7. Расчетная схема несущей конструкции натяжной станции КПЛ для проведения оптимального проектирования

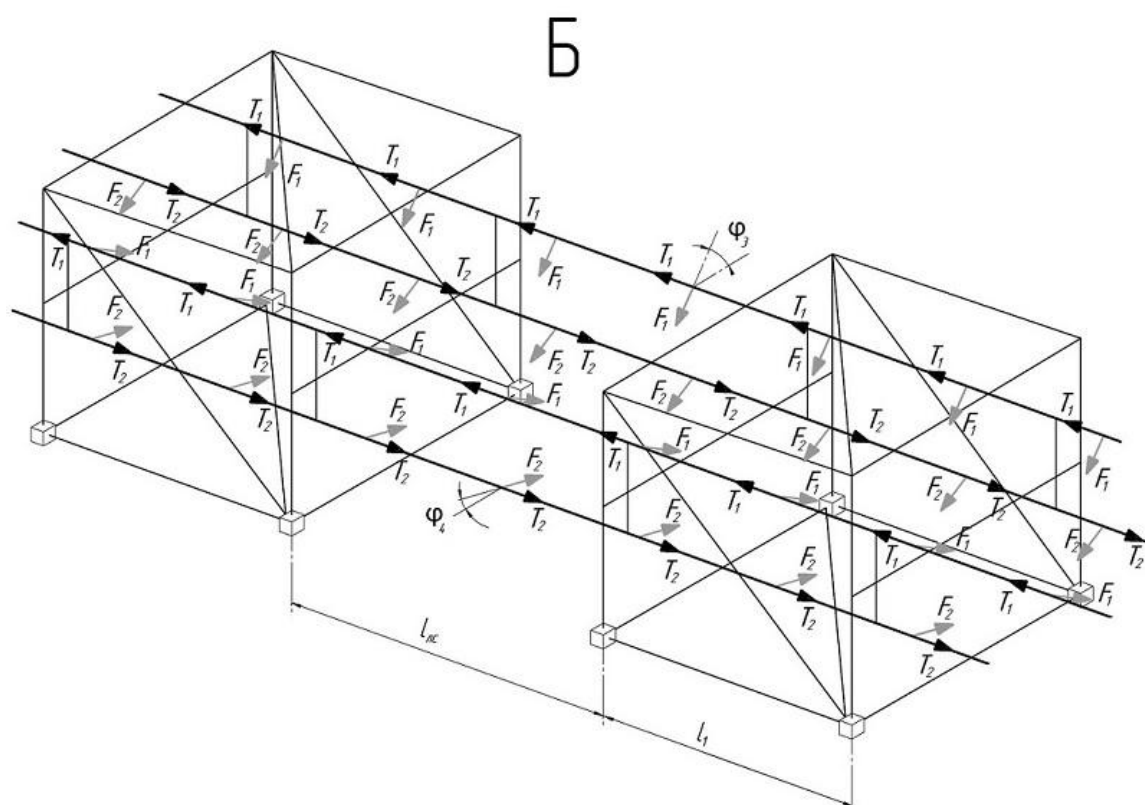


Рис. 8. Расчетная схема несущей конструкции линейной секции КПЛ для проведения оптимального проектирования

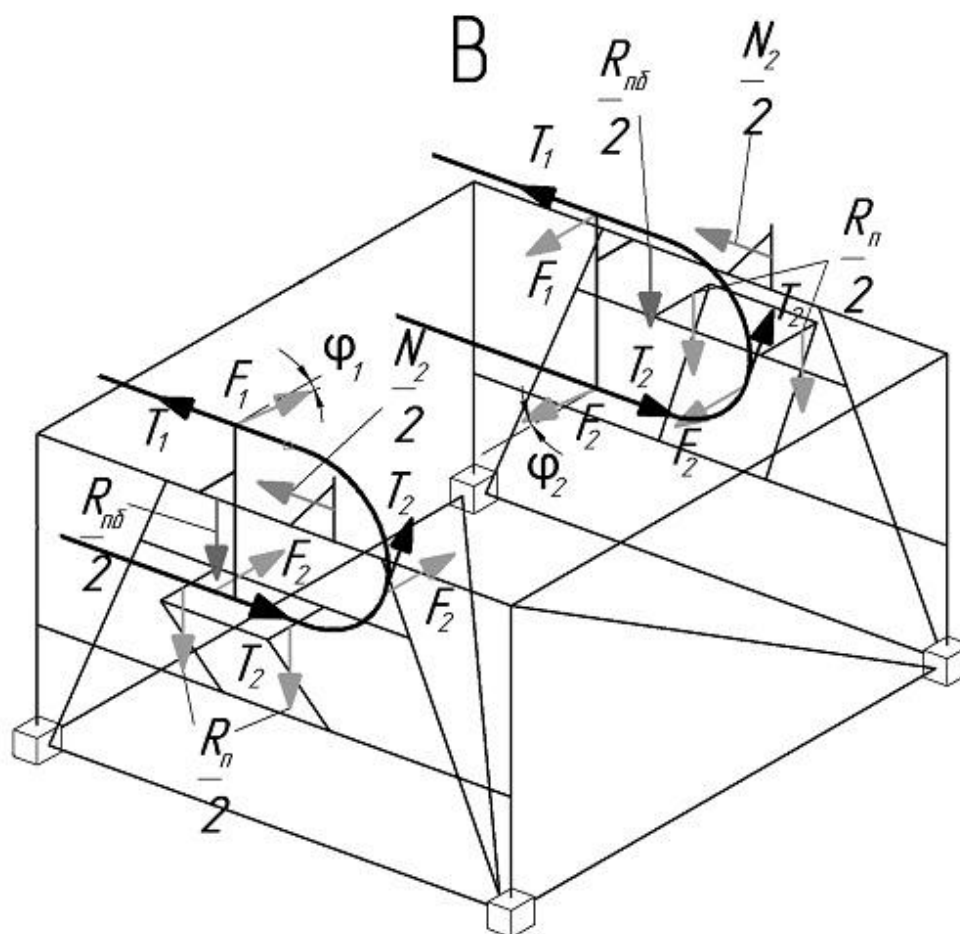


Рис. 9. Расчетная схема несущей конструкции приводной станции КПЛ для проведения оптимального проектирования

После выявления избыточных стержней и раскосов, происходит *перестройка металлоконструкции*. Она заключалась в удалении из каркасной модели элементов конструкции, имеющих минимальные напряжения. После чего каркасная модель исходного варианта МК меняет вид (рис. 10).

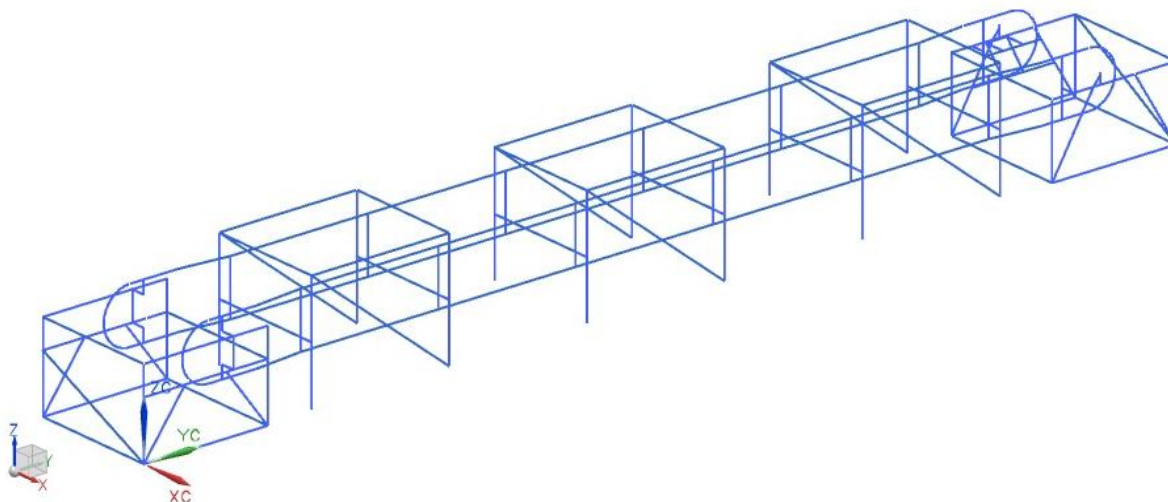


Рис. 10. Перестроенная геометрическая каркасная модель МК

Далее выполняются действия, аналогичные начальному этапу. По их окончании формируется новая сетка конечных элементов.

На данной стадии операций заканчивается процесс перестройки исходного варианта металлоконструкции в среде NX NASTRAN.

Следующим шагом осуществляется *проверка перестроенного варианта металлоконструкции КПЛ по первому и второму предельным состояниям* [10]. Последовательность выполнения аналогична действиям на начальном этапе.

Далее приступаем к процедуре оптимального проектирования в среде Altair HyperOpt.

Первоначально выполняется ввод исходных данных. Задаются ограничения, предварительно просчитываются прочностные ограничения (1)-(5).

Следующим действием на варьируемые параметры поперечных сечений деталей МК накладываются значения нижнего и верхнего пределов.

По окончании ввода исходных данных приступаем к определению оптимальных размеров профилей поперечного сечения металлоконструкции КПЛ.

По завершению процедуры оптимального проектирования получается требуемый техническим заданием вариант МК стационарного конвейера с подвесной лентой с оптимальными геометрическими размерами стержней и раскосов.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработаны математические модели и методика оптимального проектирования основных узлов металлоконструкции стационарных конвейеров с подвесной лентой, позволяющие на этапе проектирования создавать оптимальные по материалоемкости варианты металлоконструкции при условии соблюдения требуемых конструктивных, прочностных, жесткостных, коррозионных и монтажных ограничений.

2. Разработаны универсальные расчетные схемы основных узлов металлоконструкции стационарных конвейеров с подвесной лентой, стержни и раскосы которых представлены в виде варьируемых (управляемых) и неварьируемых (неуправляемых) параметров. Путем исключения избыточных конструктивных элементов (стержней и раскосов) из узлов металлоконструкции формируются окончательные варианты расчетных схем в соответствии с условиями технического задания на проектирование, которые в дальнейшем участвуют в процедуре оптимального проектирования. Повышенного технико-экономического эффекта от оптимизации возможно добиться при наличии максимально возможного числа управляемых

параметров, в результате чего можно ожидать существенного уменьшения металлоемкости оптимизируемой конструкции конвейера.

3. Разработанные математические модели и методика оптимального проектирования основных узлов металлоконструкции стационарных конвейеров с подвесной лентой реализованы в программном комплексе NX, в котором узлы металлоконструкции первоначально подвергаются расчету по первому и второму предельным состояниям в среде NX NASTRAN, после проводится процедура оптимального проектирования в среде Altair HyperOpt. Данные взаимосвязанные операции возможно осуществлять в одном программном комплексе NX, что значительно облегчает работу конструктора. Также данный комплекс позволяет проводить итерационное оптимальное проектирование. В нем имеется модуль автоматизированной оценки, исключающий избыточные стержни и раскосы, в которых возникают минимальные напряжения. При этом необходимо ввести ограничение в виде запрета на исключение стержней и раскосов, конструктивно влияющих на схему металлоконструкции. Таким образом, задав исходные данные для проектирования, программа самостоятельно определяет оптимальный результат без вмешательства со стороны конструктора.

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. – 256с.
2. Лагереv, А.В. Конвейеры с подвесной грузонесущей лентой – инновационный вид машин непрерывного транспорта / А.В. Лагереv, В.П. Дунаев // Инженерный журнал. Справочник. – 2009. – №10 – с.9 – 14.
3. Лагереv, А.В. Динамические процессы при переходных режимах работы дискретного участка конвейера с распределенным приводом / А.В. Лагереv, Д.Ю. Кулешов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013. – №2. – с.50 – 56.
4. Лагереv, А.В. Универсальная методика оптимального проектирования металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой / А.В. Лагереv, П.В. Бословяк // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №1. – С. 31 – 36.
5. Лагереv, А.В. Оптимальное проектирование узлов металлоконструкции конвейера с подвесной лентой в программном комплексе NX / А.В. Лагереv, П.В. Бословяк // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №2. – С. 38 – 44.
6. Лагереv, А.В. Оптимальное проектирование металлоконструкций стационарных конвейеров с подвесной лентой на основе разработанной базы конструктивных схем / А.В. Лагереv, П.В. Бословяк // Вестник развития науки и образования. – 2014. - №3. – С. 63-67.
7. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* / Минрегион России. - М.: ОАО "ЦПП", 2011. – 173 с.
8. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* / Минрегион России. - М.: ОАО «НИЦ «Строительство», 2011. – 85 с.
9. Гончаров, П.С. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров, М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков, И.В. Лаптев, В.А. Осюк. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 500 с.
10. Вершинский, А.В. Численный анализ металлических конструкций подъемно-транспортных машин / А.В. Вершинский, И.А. Лагереv, А.Н. Шубин, А.В. Лагереv. – Брянск: РИО БГУ, 2014. – 186 с.

Сведения об авторах

Бословяк П.В. – ассистент ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет», boslovyak89@mail.ru.

Зуева Е.П. – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет».

UNIVERSAL METHOD FOR OPTIMAL DESIGN MAIN STRUCTURAL ASSEMBLIES OF STEEL STRUCTURES STATIONARY CONVEYOR WITH HANGING RIBBON

P.V. Boslovyak, E.P. Zueva

Bryansk State Technical University

The technique and the detailed algorithm for optimal design of steel structures hospitalation of the conveyor with hanging ribbon. Developed a universal objective function together with the system-limited-subject to limits of main components of steel structures of stationary conveyor with hanging ribbon.

Keywords: steel structures, conveyor with hanging ribbon, optimal design, optimization, objective function, constraint, the main structural nodes, algorithm, software complex

References

1. Averchenkov V.I., Davydov S.V., Dunaev V.P., Ivchenko V.N., Kurov S.V., Rytov M.Yu., Sakalo V.I. *Konveyery s podvesnoy lentoy* [Conveyors with hanging ribbon. Moscow, Mashinostroenie-1, 2004. 256 p.
2. Lagerev A.V., Dunaev V.P. Conveyors with suspension carrying belt – new type of continuous transport machines, *Inzhenernyy zhurnal. Spravochnik*, 2009, No.10, pp.9-14.
3. Lagerev A.V., Kuleshov D.Yu. Dynamic processes of discrete section of a conveyor with suspended belt and distributed drive at transient state of work, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, No.2, pp. 50-56.
4. Lagerev A.V., Boslovyak P.V. Universalnaya metodika optimalnogo proektirovaniya metallkonstruktsiy konveyerov s podvesnoy lentoy [Universal method for optimal design of steel structures conveyors with hanging belt], *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, No.1, pp. 31 – 36.
5. Lagerev A.V., Boslovyak P.V. Optimalnoe proektirovanie uzlov metallkonstruktsii konveyera s podvesnoy lentoy v programmnom komplekse NX [Optimal design of joints of steel structures conveyor with hanging belt in the software package NX], *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, No.2, pp. 38 – 44.
6. Lagerev A.V., Boslovyak P.V. Optimalnoe proektirovanie metallkonstruktsiy statsionarnykh konveyerov s podvesnoy lentoy na osnove razrabotannoy bazy konstruktivnykh skhem [Optimal design of steel structures fixed conveyors with hanging belt designed on the basis of database design schemes], *Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2014, No.3, pp. 63-67.
7. SP 16.13330.2011. *Stalnye konstruktsii* [Steel Constructions]. Moscow, OAO “TsPP”, 2011. 173 p.
8. SP 20.13330.2011. *Nagruzki i vozdeystviya* [Loads and effects]. Moscow, OAO “NITs “Stroitelstvo”, 2011. 85 p.
9. Goncharov P.S., Eltzov M.Yu., Korshikov S.B., Laptev I.V., Osiyuk V.A. *NX dlya konstruktora-mashinostroitelya* [NX for mechanical engineer]. Moscow, DMK Press, 2013. 500 p.
10. Vershinckii A.V., Lagerev I.A., Shubin A.N., Lagerev A.V. *Chislenny analiz metallicheskikh konstruktsiy pod'yemno-transportnykh mashin* [Numerical analysis of metal constructions of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2014. 186 p.

Authors' information

Pavel V. Boslovyak – assistant at Bryansk State Technical University, *boslovyak89@mail.ru*.

Elena P. Zueva - Candidate of Technical Sciences, associate professor at Bryansk State Technical University.