

УДК 621. 86

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ СТАЦИОНАРНОГО КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ

П.В. Бословяк, Е.П. Зуева

Брянский государственный технический университет

Представлены результаты расчета металлоконструкции ООО «Конвейер» с последующим анализом ее основных конструктивных узлов. Выполнен сравнительный анализ результатов металлоконструкции ООО «Конвейер» с аналогичной металлоконструкцией, полученной в процессе оптимального проектирования.

Ключевые слова: металлоконструкция, конвейер с подвесной лентой, оптимальное проектирование, оптимизация, параметры, конструктивные узлы, силовые факторы, эксплуатационные нагрузки.

Металлоконструкция ООО «Конвейер» при стационарном режиме работы с полной загрузкой ленты просчитывалась по первой и второй группам предельных состояний. Для этого составлялась геометрическая каркасная модель (рис. 1) [2, 4, 7, 8].

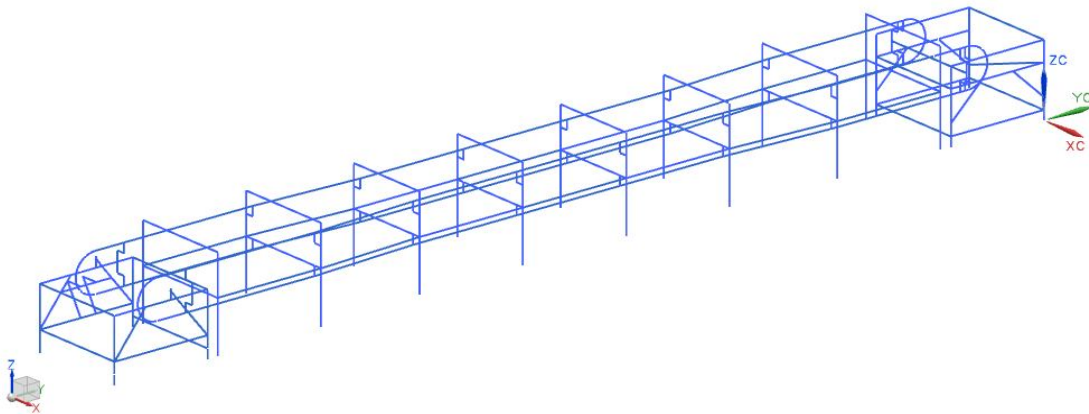
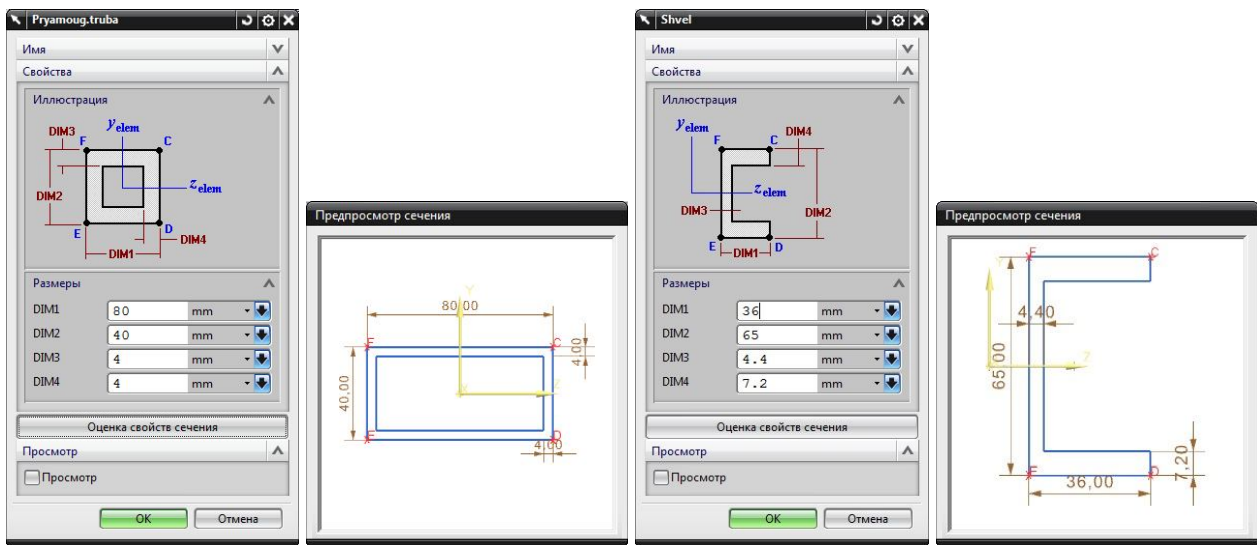


Рис. 1. Геометрическая каркасная модель металлоконструкции ООО «Конвейер»

Металлоконструкции натяжной станции, линейной секции и приводной станции ООО «Конвейер» преимущественно состоят из конструктивных элементов двух основных профилей поперечного сечения: швеллера №6,5 и прямоугольного профиля 80×40×4. Для стержней и раскосов несущей конструкции профили поперечных сечений представлены на рис. 2.



а)

б)

Рис. 2. Тип и размеры поперечного сечения: а – прямоугольного профиля; б – швеллера

Далее осуществлялось преобразование геометрической каркасной модели в конечно-элементную расчетную схему, формировалась сетка конечных элементов (рис. 3). При этом элементы конструкции разделялись по группам [4, 9, 10].

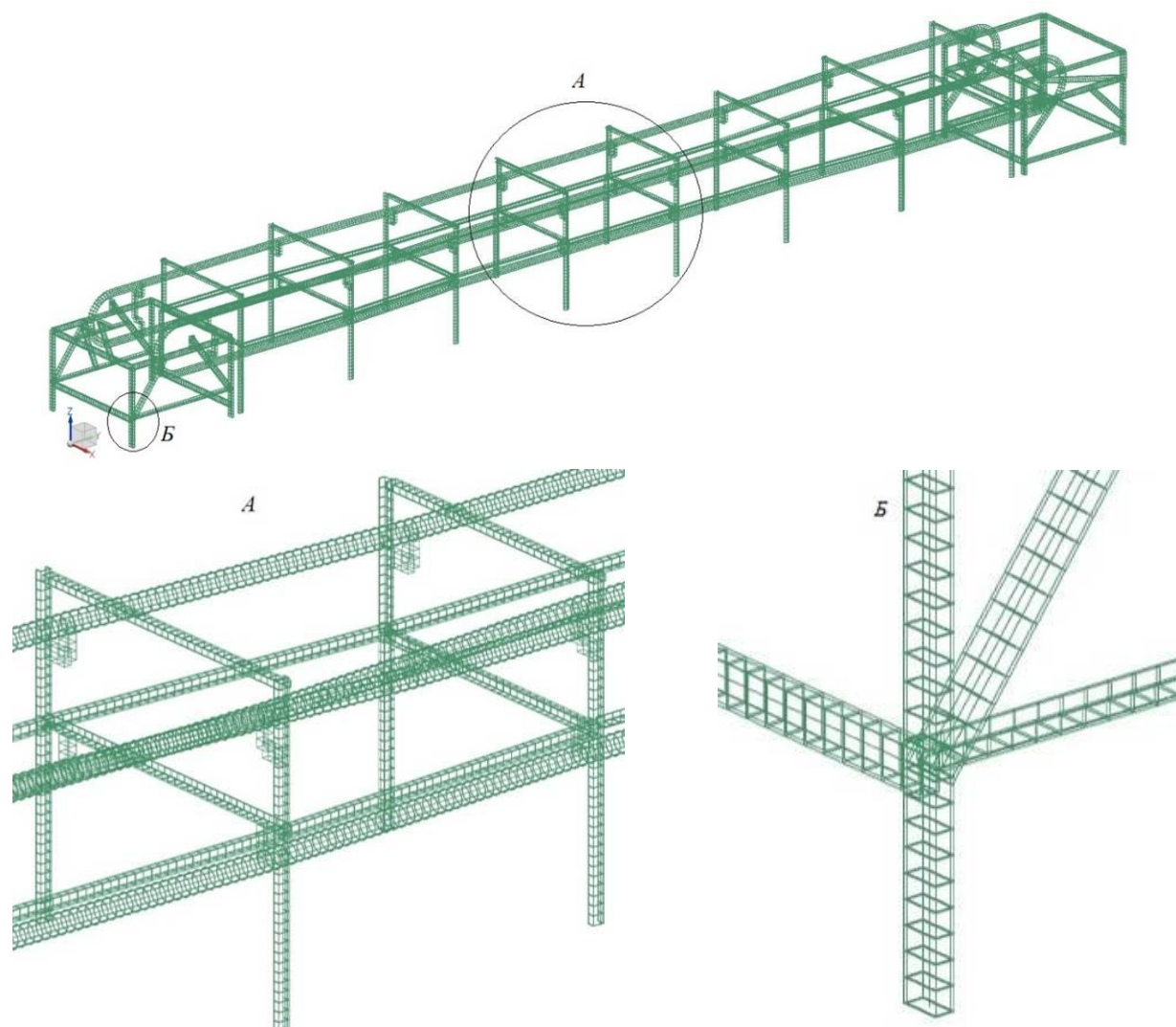


Рис. 3. Вариант сетки конечных элементов металлоконструкции ООО «Конвейер»

Для каждой группы из библиотеки материалов выбирался требуемый материал – сталь 09Г2С.

В табл. 1 представлены профили поперечных сечений и массы узлов металлоконструкции конвейера с подвесной лентой ООО «Конвейер» [4].

Таблица 1

Массогабаритные характеристики металлоконструкции конвейера ООО «Конвейер»

Узел конвейера		Профиль поперечного сечения	Масса металлоконструкции, кг
ООО «Конвейер»			4807
Линейная секция		швеллер № 6,5	177
Натяжная станция		прям. труба 80×40×4	300
Приводная станция		швеллер №6,5 и прям. труба 80×40×4	231
Направляющая	прямолинейная	круглая труба 57×4	2672
	криволинейная	круглый профиль 56	365

Осуществлялось формирование расчетной схемы металлоконструкции КПЛ ООО «Конвейер» [4-6, 11, 12].

Далее выполнялись расчеты по первой и второй группам предельных состояний. После их окончания получались новые распределения значений сил, моментов, напряжений и прогибов в стержнях и раскосах металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой ООО «Конвейер» (рис. 4-5) [2, 4].

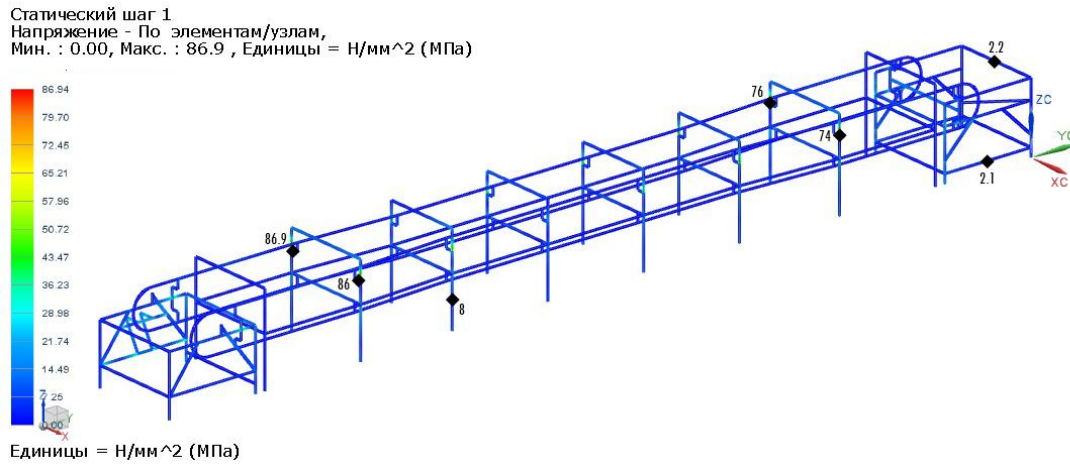


Рис. 4. Эквивалентные напряжения в металлоконструкции ООО «Конвейер»

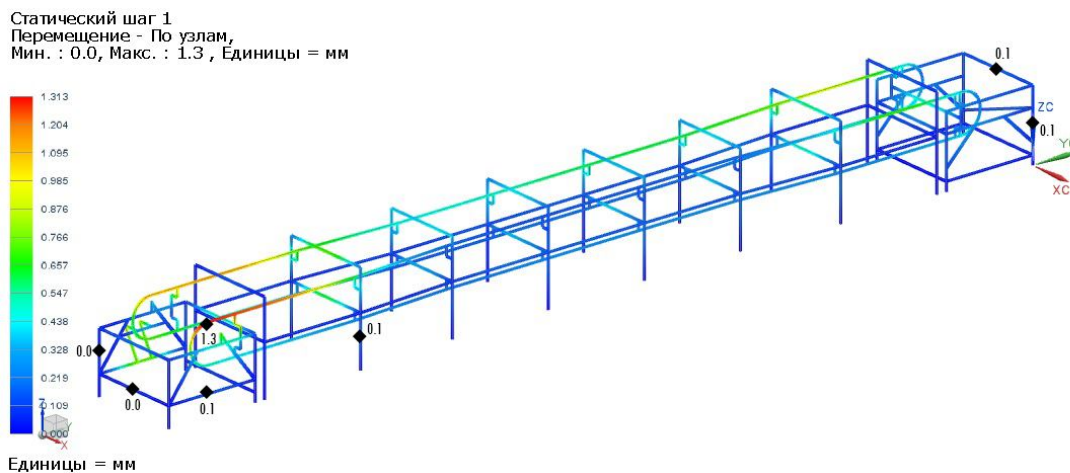


Рис. 5. Стрела прогиба в металлоконструкции ООО «Конвейер»

Значения внутренних силовых факторов, возникающие в металлоконструкции конвейера с подвесной лентой ООО «Конвейер», представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения внутренних силовых факторов металлоконструкции конвейера ООО «Конвейер»

Внутренний силовой фактор, деформация	Стационарный режим с загрузкой ленты	Нестационарный режим с загрузкой ленты	Нестационарный режим без загрузки ленты
Осевая сила N, кН			
- растяжение	1,70	1,87	1,56
-сжатие	4,34	4,33	4,43
Поперечная сила Q, кН	1,58	1,98	1,27
Изгибающий момент M, Н·м	230	275	159
Эквивалентное напряжение, МПа	86,9	103,9	55
Стрела прогиба, мм	1,3	1,6	1,0

Анализ полученных результатов металлоконструкции ООО «Конвейер» показал [1]:

1. Наибольшее значение осевой силы $N = 4,43$ Н возникает при нестационарном режиме работы конвейера с подвесной лентой без загрузки ленты в вертикальных стержнях приводной станции с профилем прямоугольной трубы $80 \times 40 \times 4$ (допускаемое значение осевой силы $N = 230$ кН). В поперечных стержнях линейной секции, приводной и натяжной станций металлоконструкции действуют минимальные осевые силы (менее 5% от максимальной величины).

2. Поперечная сила имеет максимальное значение $Q = 1,98$ Н. Она возникает в продольных стержнях натяжной станции.

3. Максимальный изгибающий момент $M = 275$ Н·м возникает в вертикальных стержнях приводной станции, имеющей прямоугольный профиль $80 \times 40 \times 4$ (допускаемое значение изгибающего момента $M = 2912$ Н·м).

4. Наибольшие эквивалентные напряжения $\sigma = 103,9$ МПа возникают при нестационарном режиме работы конвейера с подвесной лентой с загрузкой ленты в вертикальных стержнях линейной секции и не превышают предельных напряжений $[\sigma] = 265$ МПа.

5. Значение максимальной стрелы прогиба металлоконструкции $f = 1,6$ мм возникает на участках прямолинейных направляющих и удовлетворяет условия допускаемого значения прогиба $[f] = 20$ мм. Минимальные значения прогибов возникают в узлах линейной секции, натяжной и приводной станций (менее 13% от наибольшей величины прогиба).

Металлоконструкция стационарного конвейера с подвесной лентой ООО «Конвейер» удовлетворяет условиям первой и второй группам предельных состояний.

В результате проведенного сравнительного анализа двух вариантов металлоконструкций – варианта, полученного в ходе оптимального проектирования [3], и ООО «Конвейер» КПЛ выявлено:

1. Масса металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой, полученная в результате оптимального проектирования, на 1972 кг или на 41% меньше массы металлоконструкции ООО «Конвейер». Это достигалось максимальным использованием несущей конструкции элементов стационарного конвейера с подвесной лентой.

2. Масса линейной секции оптимальной металлоконструкции на 125 кг или на 71% меньше массы данного узла ООО «Конвейер». Это достаточно существенная экономия металла, если учесть, что металлоконструкция данного конвейера состоит из 7 линейных секций.

3. Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в металлоконструкции ООО «Конвейер» составляли 103,9 МПа при нестационарном режиме работы конвейера с подвесной лентой с загрузкой ленты (допускаемое значение напряжений для стали 09Г2С равно 265 МПа). Данный запас несущей конструкции по напряжениям является избыточным с точки зрения использования и экономии материала. Для оптимального результата при нестационарном режиме работы конвейера с загрузкой ленты эквивалентные напряжения составили 262 МПа, при этом учитывалось коррозионное воздействие в течение заданного нормативного срока службы металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой. При стационарном режиме работы для металлоконструкции конвейера с подвесной лентой после процедуры оптимального проектирования эквивалентные напряжения составляли 221 МПа, а для металлоконструкции конвейера ООО «Конвейер» – 86,9 МПа.

4. Массы натяжной и приводной станций, полученные в результате оптимального проектирования на 257 кг и 180 кг или на 85% и 78% соответственно меньше масс данных узлов конвейера ООО «Конвейер».

5. Масса прямолинейной направляющей после процедуры оптимального проектирования снизилась по сравнению с массой данного узла ООО «Конвейер» на 623 кг или 23%, а масса криволинейной направляющей – на 37 кг или 10%.

Список литературы

1. Бословяк, П.В. Анализ влияния конструктивных и режимных параметров стационарных конвейеров с подвесной лентой на результаты оптимального проектирования их металлоконструкции / П.В. Бословяк, Е.П. Зуева // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2015. – №2. – С. 23-30.
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. Реализация методики оптимального проектирования металлоконструкции конвейера с подвесной лентой / П.В. Бословяк, Е.П. Зуева // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2016. – №1. – С. 37-45.
4. Бословяк, П.В. Универсальная методика оптимального проектирования основных конструктивных узлов металлоконструкции стационарного конвейера с подвесной лентой / П.В. Бословяк, Е.П. Зуева // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2015. – №1. – С. 32-42.
5. Вершинский, А.В. Численный анализ металлических конструкций подъемно-транспортных машин / А.В. Вершинский, И.А. Лагерев, А.Н. Шубин, А.В. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2014. – 186 с.
6. Лагерев, А.В. Конвейеры с подвесной грузонесущей лентой – инновационный вид машин непрерывного транспорта / А.В. Лагерев, В.П. Дунаев // Инженерный журнал. Справочник. – 2009. – №10 – С. 9 – 14.
7. Лагерев, А.В. Универсальная методика оптимального проектирования металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой / А.В. Лагерев, П.В. Бословяк // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №1. – С. 31-36.
8. Лагерев, А.В. Оптимальное проектирование узлов металлоконструкции конвейера с подвесной лентой в программном комплексе NX / А.В. Лагерев, П.В. Бословяк // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №2. – С. 38-44.
9. Лагерев, А.В. Оптимальное проектирование металлоконструкций стационарных конвейеров с подвесной лентой на основе разработанной базы конструктивных схем / А.В. Лагерев, П.В. Бословяк // Вестник развития науки и образования. – 2014. - №3. – С. 63-67.
10. Лагерев, И.А. Оптимальное проектирование подъемно-транспортных машин / И.А. Лагерев, А.В. Лагерев. – Брянск: БГТУ, 2013. – 228 с.
11. Лагерев, И.А. Расчеты грузоподъемных машин методом конечных элементов / И.А. Лагерев. – Брянск: БГТУ, 2013. – 116 с.
12. Вершинский, А.В. Расчет металлических конструкций подъемно-транспортных машин методом конечных элементов / А.В. Вершинский, И.А. Лагерев, А.Н. Шубин, А.В. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2015. – 210 с.

Сведения об авторах

Бословяк Павел Валерьевич – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» Брянского государственного технического университета, *boslovyak89@mail.ru*.

Зуева Елена Павловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» Брянского государственного технического университета.

COMPARATIVE ANALYSIS OF STEEL STRUCTURES STATIONARY CONVEYORS WITH HANGING BELT

P.V. Boslovyak, E.P. Zueva

Bryansk State Technical University

Presents the results of computation of metal structures LLC «Conveyor» with the subsequent analysis of its main structural units. The analysis results of the metal structures, LLC «Conveyor» with a similar metal structure obtained in the optimal design process.

Keywords: *steel structures, conveyor with hanging ribbon, optimal design, optimization, parameters, structural nodes, power factors, operational load.*

References

1. Boslovyak P.V., Zueva E.P. Analiz vliyaniya konstruktivnykh i rezhimnykh parametrov statsionarnykh konveyerov s podvesnoy lentoy na rezultaty optimalnogo proektirovaniya ikh metallkonstruktsii [Analysis of influence of constructive and regime parameters stationary conveyor with hanging ribbon for their optimum design of steel structures]. *Nauchno-tehnicheskiy Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No.2, pp. 23-30.
2. Boslovyak P.V. Optimalnoe proektirovanie metallkonstruktsiy statsionarnykh konveyerov s podvesnoy lentoy: dic. ... cand. of tech. science (05.05.04) [Optimal design of steel structures fixed conveyors with hanging belt]. Moscow, 2015. 160 p.
3. Boslovyak P.V., Zueva E.P. Realizatsiya metodiki optimalnogo proektirovaniya metallokonstruktsii konveyera s podvesnoy lentoy [Realization methodology for optimal design of steel structures conveyors with hanging belt]. *Nauchno-tehnicheskiy Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No.1, pp. 37-45.
4. Boslovyak P.V., Zueva E.P. Universalnaya metodika optimalnogo proektirovaniya osnovnykh konstruktivnykh uzlov metallkonstruktsiy konveyerov s podvesnoy lentoy [Universal method for optimal design main structural assemblies of steel structures stationary conveyor with hanging ribbon]. *Nauchno-tehnicheskiy Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No.1, pp. 32-42.
5. Vershinckii A.V., Lagerev I.A., Shubin A.N., Lagerev A.V. *Chislennyy analiz metallicheskiykh konstruktivnykh podyemno-transportnykh mashin* [Numerical analysis of metal constructions of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2014. 186 p.
6. 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.
7. 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.
8. Lagerev A.V., Boslovyak P.V. Optimalnoe proektirovanie uzlov metallkonstruktsii konveyera s podvesnoy lentoy v programnom 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.
9. 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.
10. Lagerev I.A., Lagerev A.V. *Optimalnoe proektirovanie podyemno-transportnykh mashin* [Optimal design of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy tekhnicheskii Universitet, 2013. 228 p.
11. Lagerev I.A. *Raschety gruzopodyemnykh mashin metodom konechnykh elementov* [Load-lifting machines calculations by finite element method]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Tekhnicheskii Universitet, 2013. 116 p.

12. Vershinckii A.V., Lagerev I.A., Shubin A.N., Lagerev A.V. *Raschet metallicheskih konstruktsey pod'emno-transportnykh mashin metodom konechnykh elementov* [Calculation of metal constructions of lifting-transport machines by finite element method]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2015. 210 p.

Authors' information

Pavel V. Boslovyak – Candidate of Technical Sciences, Assistant at Bryansk State Technical University, *boslovyak89@mail.ru*.

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