

УДК 621. 86

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАЦИОНАРНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

П.В. Бословяк, Е.П. Зуева

Брянский государственный технический университет

Установлена зависимость распределения масс основных узлов металлоконструкции от длины конвейера с подвесной лентой. Представлено влияние массовой производительности конвейера на напряженно-деформированное состояние оптимального варианта металлоконструкции.

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

Современным и перспективным типом конвейерного транспорта является конвейер с подвесной 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, 5].

Главными особенностями и преимуществами КПЛ являются [1, 2]:

- отсутствие просыпей груза на всей протяженности рабочей ветви ленты;
- уменьшенная до 1,5 раз энергоемкость транспортирования груза;
- увеличение срока службы ленты в 1,5-2 раза;
- уменьшение пыления и дробления груза при его транспортировке;
- возможность изгиба конвейера с подвесной лентой в горизонтальной плоскости с радиусами до 15-20 метров.

Конвейеры с подвесной лентой используются в промышленности при транспортировании железной руды, окатышей, аммиачной селитры, глины, гранулированной серы и других материалов. Основные технические характеристики разработанных конструкций конвейеров следующие: производительность – 60...700 т/ч; скорость движения ленты – 0,75...1,3 м/с; ширина грузонесущей ленты – 0,8...1,2 м; длина конвейера – 24...98 м [1, 2, 5].

Важной технической задачей при проектировании стационарных конвейеров с подвесной лентой является снижение его массы [4, 9]. Процедура оптимального проектирования металлоконструкций конвейеров с подвесной лентой приведена в работах [2, 3, 6-8].

В зависимости от значений технических характеристик (длины, производительности) конвейера с подвесной лентой, процедура проведения оптимального проектирования металлоконструкции (МК) может изменяться. Возможно исключение из оптимизации основных узлов, не оказывающих существенного влияния на общий вклад масс в металлоконструкцию КПЛ. Поэтому целесообразно провести анализ конструктивных и режимных параметров с целью выявления и установления зависимостей, существенно влияющих на результат оптимального проектирования МК конвейера [2].

В работе рассмотрено распределения масс основных конструктивных узлов металлоконструкции КПЛ в зависимости от изменения его длины (рис. 1). С увеличением производительности стационарного КПЛ от 50 до 300 т/ч распределение масс основных конструктивных узлов МК менялось до 5% и его целесообразно принять постоянным при определенной длине конвейера.

Величины вклада массы отдельных основных узлов в общую массу МК определялись по следующим формулам

$$\delta_{лч} + \delta_{нс} + \delta_{нс} = 1;$$
$$\delta_{лч} = \frac{m_{лч}}{m_{МК}}; \quad \delta_{нс} = \frac{m_{нс}}{m_{МК}}; \quad \delta_{нс} = \frac{m_{нс}}{m_{МК}}.$$

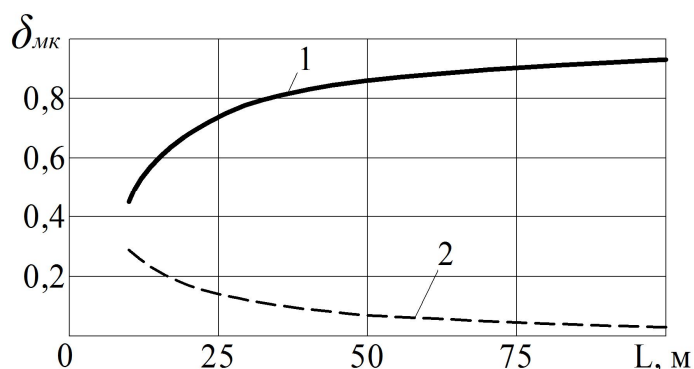


Рис. 1. Графики соотношения вклада масс основных конструктивных узлов в металлоконструкцию в зависимости от длины КПЛ:

- 1 – вклад массы линейной части  $\delta_{ЛЧ}$ ;  
 2 – вклад массы приводной и натяжной станций  $\delta_{НС} + \delta_{НС}$

График вклада масс от линейной части, приводной и натяжной станции КПЛ имеет параболический характер. Возрастание  $\delta_{ЛЧ}$  и убывание  $\delta_{НС} + \delta_{НС}$  осуществляется в основном при длинах конвейера до 50 метров. Далее зависимости приобретают приближенный линейный характер.

При длине конвейера с подвесной лентой более 50 метров общий вклад масс от основных конструктивных узлов приводной и натяжной станций составляет менее 10...15% суммарной массы конвейера, что объясняется увеличением числа линейных секций. Поэтому при длине КПЛ более 50 метров целесообразно переходить от полной оптимизации к параметрической, включающей оптимальное проектирование только линейной части металлоконструкции конвейера с подвесной лентой.

При определении внутренних силовых факторов оптимальной металлоконструкции учитывались эксплуатационные нагрузки, действующие на металлоконструкцию при различных режимах работы (стационарный и нестационарный режим работы конвейера с подвесной лентой при транспортировании груза и без него) и производительностях  $Q$  стационарного конвейера с подвесной лентой [2].

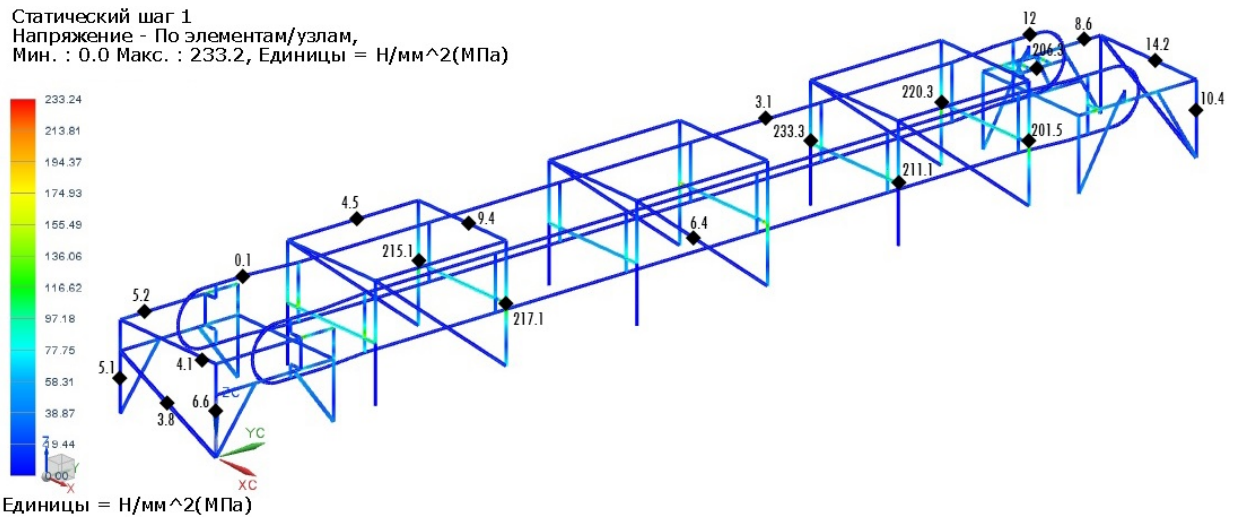
Результаты внутренних силовых факторов оптимального варианта МК данного конвейера при различных производительностях с учетом ограничения на коррозионное воздействие, сведенные в табл. 1, изображены на рис. 2, 3.

Таблица 1

Значения внутренних силовых факторов оптимальной МК

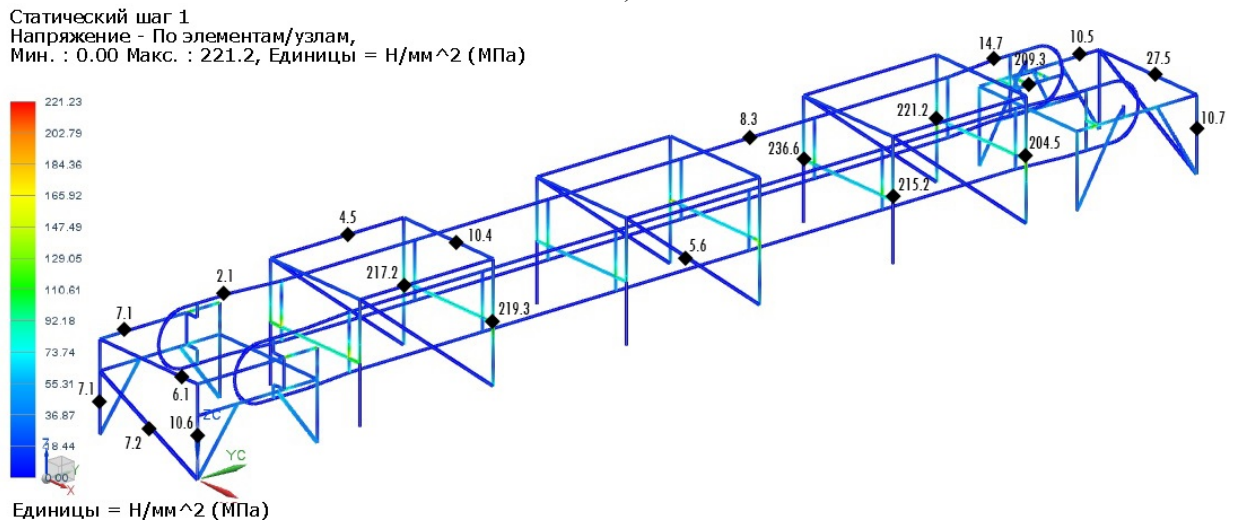
Режим работы КПЛ	Эквивалентные напряжения $\sigma$ и деформации (стрела прогиба) $f$ металлоконструкции КПЛ при следующей производительности $Q$ , т/ч					
	50		120		300	
	$\sigma$ , МПа	$f$ , мм	$\sigma$ , МПа	$f$ , мм	$\sigma$ , МПа	$f$ , мм
Стационарный, с грузом	233	10,9	221	10,1	219	11,8
Нестационарный, с грузом	271	13,1	262	12,2	266	14,5
Нестационарный, без груза	211	9,7	205	6,6	177	4,2

Статический шаг 1  
 Напряжение - По элементам/узлам,  
 Мин. : 0.0 Макс. : 233.2, Единицы = Н/мм<sup>2</sup>(МПа)



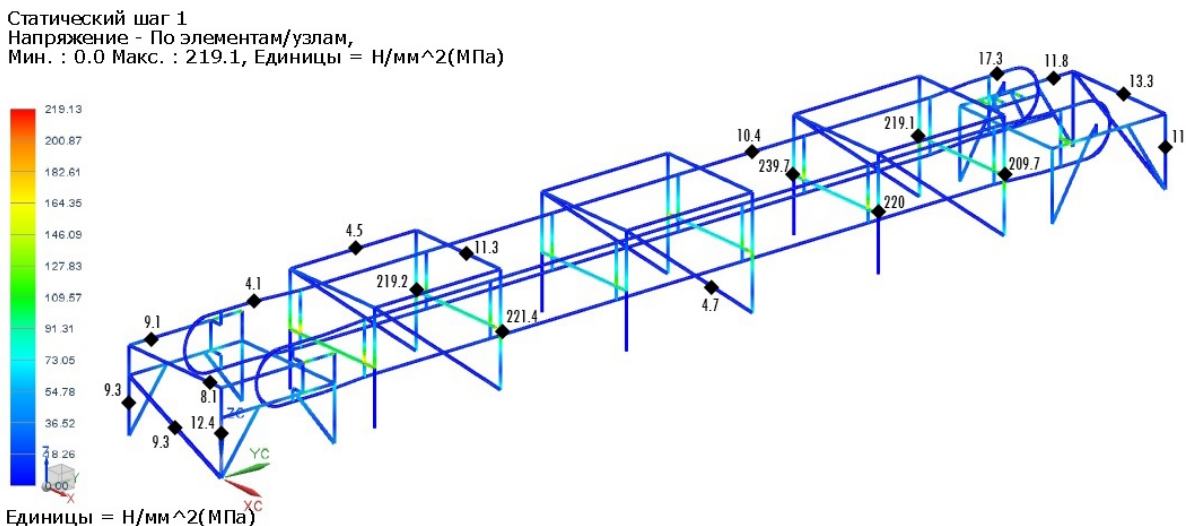
а)

Статический шаг 1  
 Напряжение - По элементам/узлам,  
 Мин. : 0.00 Макс. : 221.2, Единицы = Н/мм<sup>2</sup> (МПа)



б)

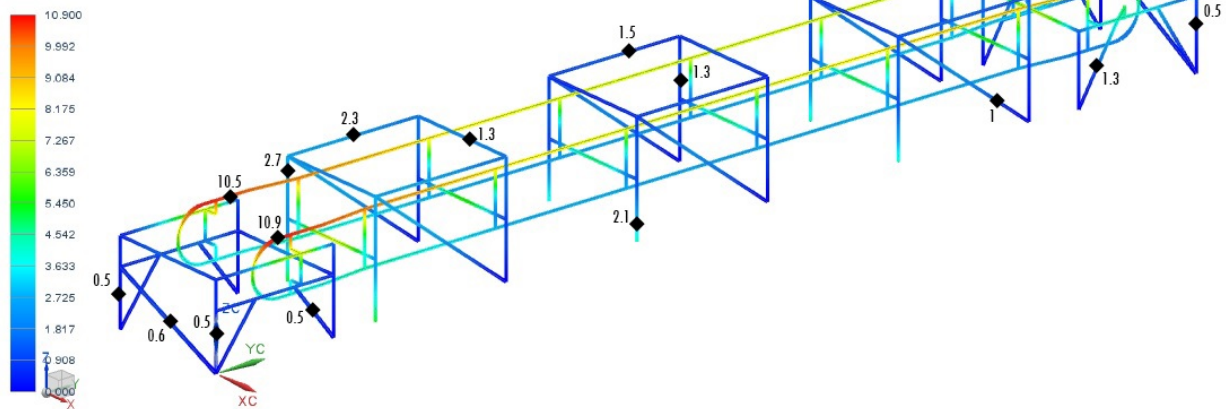
Статический шаг 1  
 Напряжение - По элементам/узлам,  
 Мин. : 0.0 Макс. : 219.1, Единицы = Н/мм<sup>2</sup>(МПа)



в)

Рис. 2. Эквивалентные напряжения в стержнях оптимальной МК при различной массовой производительности КПЛ: а) – Q = 50 т/ч; б) – Q = 120 т/ч; в) – Q = 300 т/ч

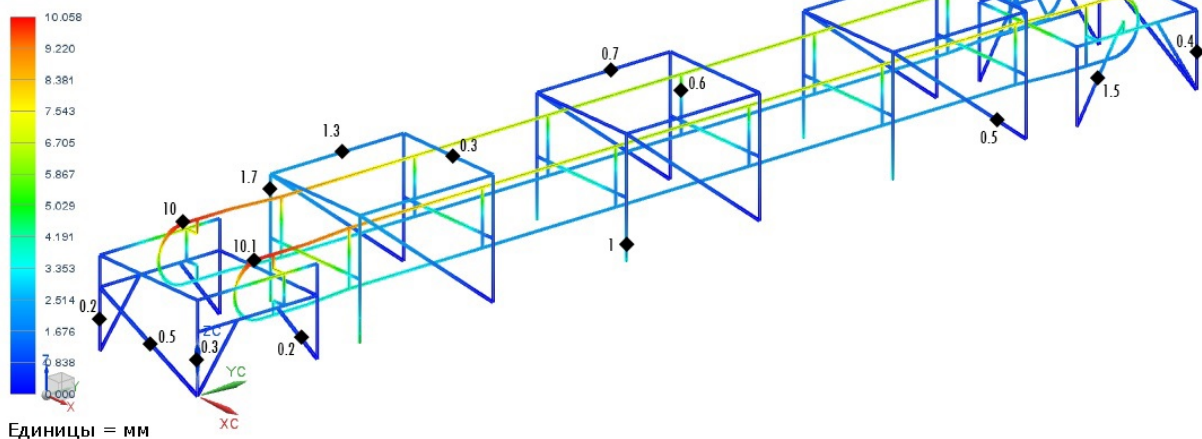
Статический шаг 1  
 Перемещения - По узлам,  
 Мин. : 0.0 Макс. : 10.9, Единицы = мм



Единицы = мм

а)

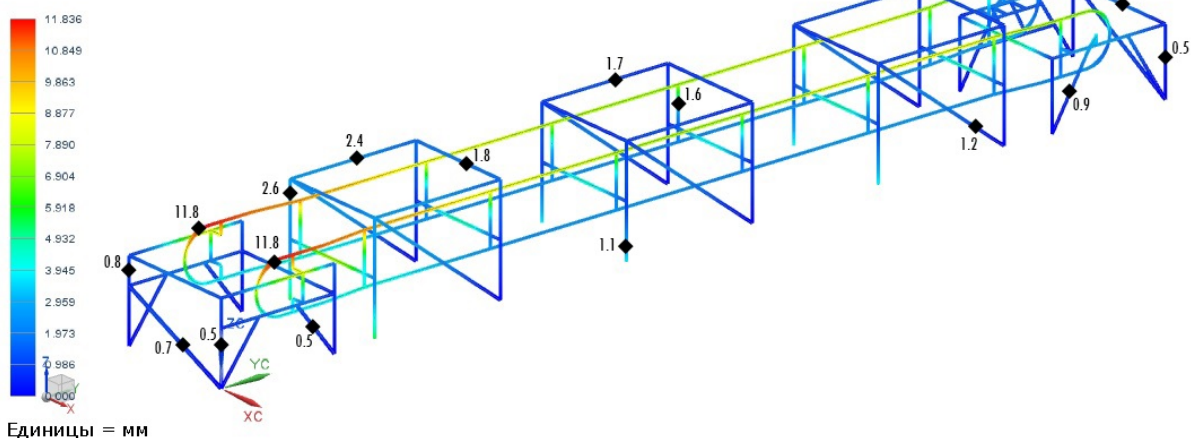
Статический шаг 1  
 Перемещение - По узлам,  
 Мин. : 0.0, Макс. : 10.1, Единицы = мм



Единицы = мм

б)

Статический шаг 1  
 Перемещение - По узлам,  
 Мин. : 0.0 Макс. : 11.8, Единицы = мм



Единицы = мм

в)

Рис. 3. Стрела прогиба стержней оптимальной МК при различной массовой производительности КПЛ: а) –  $Q = 50$  т/ч; б) –  $Q = 120$  т/ч; в) –  $Q = 300$  т/ч

Изменение производительности стационарного конвейера с подвесной лентой выполнялось за счет транспортирования материала различной плотности.

На основании полученных данных табл.1 построены графики зависимостей максимальных эквивалентных напряжений и прогибов от массовой производительности конвейера с подвесной лентой (рис. 4).

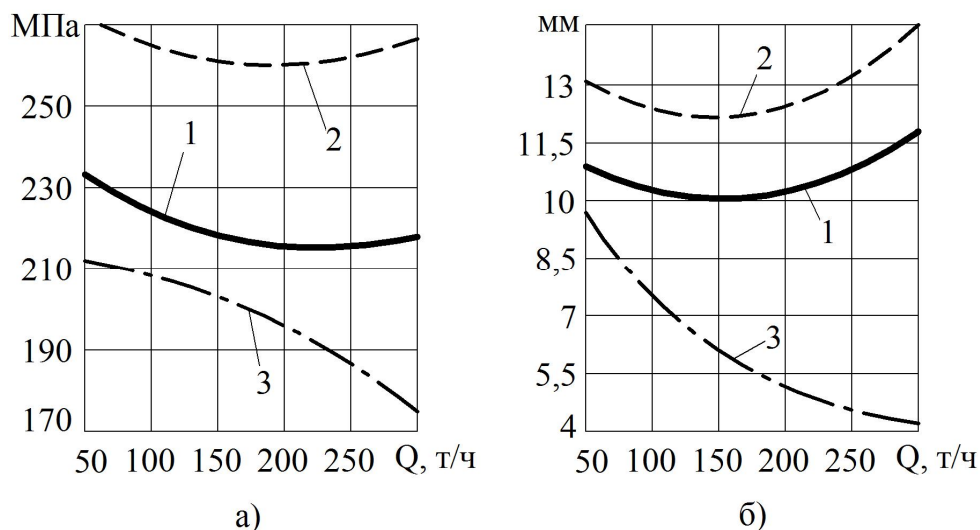


Рис. 4. Графики зависимостей внутренних силовых факторов и деформаций от производительности КПЛ:

а – эквивалентные напряжения; б – стрела прогиба;

1 – стационарный режим с грузом; 2 – нестационарный режим с грузом;

3 – нестационарный режим без груза

С увеличением массовой производительности возрастают нагрузки на металлоконструкцию стационарного конвейера с подвесной лентой и, как следствие, увеличиваются размеры поперечных сечений деталей. При этом значения внутренних силовых факторов в металлоконструкции стационарного КПЛ меняются нелинейно (рис. 4), что связано с окончательным определением и выбором стандартных размеров поперечных сечений деталей в результате процедуры оптимального проектирования.

При увеличении массовой производительности для стационарного и нестационарного режима работы конвейера с подвесной лентой с грузом эквивалентные напряжения и прогибы меняются на 5...10%. Для нестационарного режима работы КПЛ без груза происходит снижение значений эквивалентных напряжений на 5...15% и прогибов на 30...60% соответственно.

Максимальные эквивалентные напряжения и прогибы в стержнях и раскосах металлоконструкции возникают при нестационарном режиме работы КПЛ с грузом. Они превышают значения, возникающие для расчетного случая (стационарный режим работы КПЛ с грузом), на 15...25%.

В табл. 2 представлены поперечные сечения основных конструктивных узлов оптимальной МК конвейера при различных производительностях.

С учетом данных табл. 2 построен график зависимости массы основных конструктивных узлов металлоконструкции от производительности КПЛ (рис. 5).

С увеличением производительности линейно возрастают массы основных конструктивных узлов металлоконструкции (рис. 5). Причем зависимость графиков является линейной, что связано с изменением производительности за счет увеличения плотности транспортируемого материала. Графики масс линейной секции 1 и приводной станции 2 расположены параллельно, что способствует увеличению (уменьшению) данных конструктивных узлов на одинаковую величину.

Таблица 2

Результаты оптимального проектирования основных узлов МК при различных производительностях  $Q$  конвейера с подвесной лентой

Узел конвейера	Профиль поперечного сечения МК для производительности $Q$ , т/ч			Масса оптимальной МК для производительности $Q$ , т/ч, кг		
	50	120	300	50	120	300
Линейная секция	труба ПП-50×25×2 и труба ПП-20×10×1	труба ПП-50×25×2 и труба ПП-20×10×2	труба ПП-50×40×3,5 и труба ПП-15×10×2	36	42	51
Приводная станция				35	41	50
Натяжная станция				32	36	44

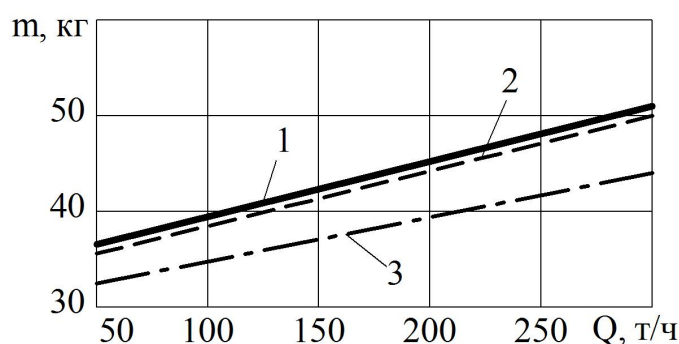


Рис. 5. Графики зависимости масс основных конструктивных узлов от производительности КПЛ: 1 – линейная секция; 2 – приводная станция; 3 – натяжная станция

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением длины стационарного конвейера с подвесной лентой происходит рост массы металлоконструкции за счет увеличения числа линейных секций. При длине КПЛ более 50 метров общий вклад масс от основных конструктивных узлов приводной и натяжной станций составляет менее 10...15% от общей массы металлоконструкции КПЛ, поэтому целесообразно переходить от общей к параметрической оптимизации металлоконструкции КПЛ. Из процедуры оптимального проектирования исключаются приводная и натяжная станции.

2. При стационарном и нестационарном режимах работы конвейера с подвесной лентой повышение его массовой производительности в интервале от 50 до 300 т/ч за счет увеличения плотности транспортируемого материала вызывает рост эквивалентных напряжений и прогибов наиболее нагруженных элементов металлоконструкции в пределах 5...10%.

#### 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. Бословяк, П.В. Оптимальное проектирование металлоконструкций стационарных конвейеров с подвесной лентой: дис. ... канд. техн. наук (05.05.04) / П.В. Бословяк. – Москва, 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 // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2015. – №1. – С. 32-42.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Лагереv А.В., Бословяк П.В. Оптимальное проектирование узлов металлоконструкции конвейера с подвесной лентой в программном комплексе NX // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №2. – С. 38-44.

8. 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.

9. Лагереv, И.А. Оптимальное проектирование подъемно-транспортных машин / И.А. Лагереv, А.В. Лагереv. – Брянск: БГТУ, 2013. – 228 с.

#### **Сведения об авторах**

Бословяк Павел Валерьевич – ассистент ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет», *boslovyak89@mail.ru*.

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

### **ANALYSIS OF INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE AND REGIME PARAMETERS STATIONARY CONVEYOR WITH HANGING RIBBON FOR THEIR OPTIMUM DESIGN OF STEEL STRUCTURES**

P.V. Boslovyak, E.P. Zueva

Bryansk State Technical University

Dependence is distribution of the masses of the main sites of steel structures from the length conveyor with hanging ribbon. Present an influence mass productivity conveyor on the tensely state of strain of an optimal variant of steel structures.

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

#### **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. Boslovyak P.V. *Optimalnoe proektirovanie metallkonstruktsiy statsionarnykh konveyerov s podvesnoy lentoy* [Optimal design of steel structures fixed conveyors with hanging belt]. Cand. Diss. (Engineering). Moscow, 2015. 160 p.

3. 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-tekhnicheskii Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No.1, pp. 32-42.

4. Vershinckii A.V., Lagerev I.A., Shubin A.N., Lagerev A.V. *Chislennyy analiz metallicheskih konstruktсий pod'yemno-transportnykh mashin* [Numerical analysis of metal constructions of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2014. 186 p.

5. Lagerev A.V., Dunaev V.P. Conveyors with suspension carrying belt – new type of continuous transport mashines, *Inzhenernyy zhurnal. Spravochnik*, 2009, No.10, pp.9-14.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Lagerev I.A., Lagerev A.V. *Optimalnoe proektirovanie pod'yemno-transportnykh mashin* [Optimal design of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Tekhnicheskii Universitet, 2013. 228 p.

#### **Authors' information**

Pavel V. Boslovyak – Assistant at Bryansk State Technical University, [boslovyak89@mail.ru](mailto:boslovyak89@mail.ru).

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