

УДК 621.867

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОДВЕСОК КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ПРИВОДОМ

А.В. Лагереv, Е.Н. Толкачев

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского», Россия, г. Брянск

Аннотация. Статья посвящена актуальному вопросу, связанному с определением рационального количества подвесок конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом. Для эталонной конструкции такого конвейера выполнена серия численных расчетов, по результатам которой установлено влияние количества и соотношения типов подвесок дискретного участка на главные технические показатели транспортирующей установки. Сформулированы рекомендации по выбору рационального количества подвесок конвейера с подвесной лентой распределенным приводом и вертикально-замкнутой трассой.

Ключевые слова: ленточный конвейер, подвеска, подвесная лента, распределенный привод, рациональные параметры.

Введение

Сегодня машины непрерывного транспорта являются неотъемлемой составляющей большинства производственных процессов, порой вытесняя машины периодического действия из традиционных областей применения, таких, как транспортные, погрузочно-разгрузочные и складские работы. Неменьшее распространение конвейеры получили в результате использования их тяговых и грузонесущих элементов в качестве транспортирующих и подающих частей сельскохозяйственных, строительно-дорожных машин, дробильно-сортировочных комплексов и прочих. Существующее конструктивное многообразие в совокупности с широкими областями применения конвейерного транспорта – это результат постоянного развития и модернизации существующих установок, а также поиска альтернативных и принципиально новых решений в области транспортирования материалов.

Среди основных направлений современного развития конвейеров [1-3] отечественными учеными отмечаются:

1) создание конвейерных установок для бесперегрузочного транспортирования грузов по трассе большой протяженности и сложной пространственной конфигурации;

2) повышение производительности конвейеров путем увеличения количества груза на единицу их длины, а также путем повышения скорости грузонесущих элементов;

3) повышение надежности машин;
4) снижение массы и уменьшение габаритных размеров конвейеров;
5) создание конструкций, основанных на перспективных методах транспортирования;
6) исключение возможности потерь транспортируемого груза, изоляция от окружающей среды пылевидных, горячих, газифицируемых и химически агрессивных грузов.

В соответствии с вышеперечисленными критериями в последние годы ведется работа над созданием принципиально новой конструкции конвейера, сочетающей в себе характерные черты традиционного ленточного конвейера и рельсового транспорта [4-9]. Описание общих особенностей конструкции разрабатываемого конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом неоднократно приводилось в научных публикациях [5, 7, 10]. При этом отмечается актуальность задачи выбора рациональных параметров элементов такого конвейера, наименее материально- и трудозатратно решаемая при использовании математического моделирования [11, 12]. Большое количество замещающих дискретных масс, учет упруго-вязких свойств ленты, механических характеристик приводов, проскальзывания ведущих роликов приводных подвесок и ряда прочих факторов значительно усложняет математическое описание, а количество дифференциальных уравнений движения получается достаточно большим, что делает решение такой системы в общем виде практически не возможным. Поэтому прибегают к применению широко

известных численных методов и использованию ЭВМ [13-15].

Проводимая посредством численного анализа разработанной математической модели [7, 10] оценка влияния массо-габаритных и фрикционных параметров элементов подвесок конвейера ранее позволила сформулировать ряд рекомендаций по выбору рациональных параметров подвесок дискретного участка [16]. Тем не менее среди технических параметров конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом определяемых первоочередно неосвещенным остался вопрос выбора рационального количества приводных и холостых подвесок. Различное их число с одной стороны определяет шаг расположения на трассе и, соответственно, погонную нагрузку на элементы подвесок со стороны грузонесущей ленты, с другой – по

соотношению количества ведущих и ведомых подвесок устанавливается мощность приводов подвесок. В совокупности приведенные факторы влияют на общую мощность конвейера и скорость транспортирования. Данные характеристики конвейера являются определяющими в вопросах повышения энергетической эффективности и производительности конвейерной установки.

Анализ влияния количества подвесок на трассе на выходные технические характеристики конвейера будем проводить на основе численного анализа математической модели конвейера с подвесной лентой [7, 10]. На рисунке 1. представлена схема трассы эталонного конвейера с обозначением ключевых участков, а в таблице 1 приведены его технические характеристики.

Таблица 1 – Технические характеристики эталонного конвейера

Технические характеристики	Значение
<i>Общие</i>	
Длина горизонтальной проекции конвейера, м	30
Радиус концевой поворотной секции, м	0,625
Угол наклона конвейера, град	0
Производительность расчетная, т/ч	200
Объемная плотность транспортируемого груза, т/м ³	1,2
Угол естественного откоса груза, град	20
Скорость транспортирования, м/с	1,0
Общее количество подвесок, шт.	80
Количество приводных подвесок (дискретных участков), шт.	16
Количество подвесок в дискретном участке, шт.	5
Шаг подвесок, м	0,8
<i>Подвесок</i>	
Сила прижатия прижимного устройства ведущей подвески, Н	140
Номинальный крутящий момент на валу привода ведущей подвески, Н·м	10,0
Номинальная скорость вращения, об/мин	148,0
Скорость вращения без нагрузки, об/мин	165,0
Масса металлоконструкции прижимной секции, кг	1,0
Масса приводного ролика, кг	2,0
Масса мотор-редуктора, кг	4,2
Масса металлоконструкции несущей секции, кг	7
Масса неприводного ролика, кг	0,07
Масса металлоконструкции неприводной подвески, кг	5,0
Наружный радиус приводного ролика, м	0,065
Наружный радиус холостого ролика, м	0,025
Внутренний радиус ролика, м	0,006
Коэффициент трения качения (резина-сталь), м	0,0077
Коэффициент трения скольжения (резина-сталь)	0,5
Коэффициент трения качения (сталь-сталь), м	0,001
Коэффициент трения скольжения в осях	0,03
Количество холостых роликов в приводной подвеске, шт.	6
Количество холостых роликов в неприводной подвеске, шт.	4

Продолжение таблицы 1

Ленты	
Число прокладок ленты, шт.	3
Толщина верхней обкладки / нижней обкладки, мм	1,0 / 2,0
Толщина тягового каркаса ленты, мм	3
Толщина ленты, мм	9
Модуль упругости ленты в продольном направлении, МПа	380
Модуль упругости ленты в поперечном направлении, МПа	190
Коэффициент жесткости, кН/м	570
Коэффициент затухания колебаний	0,05

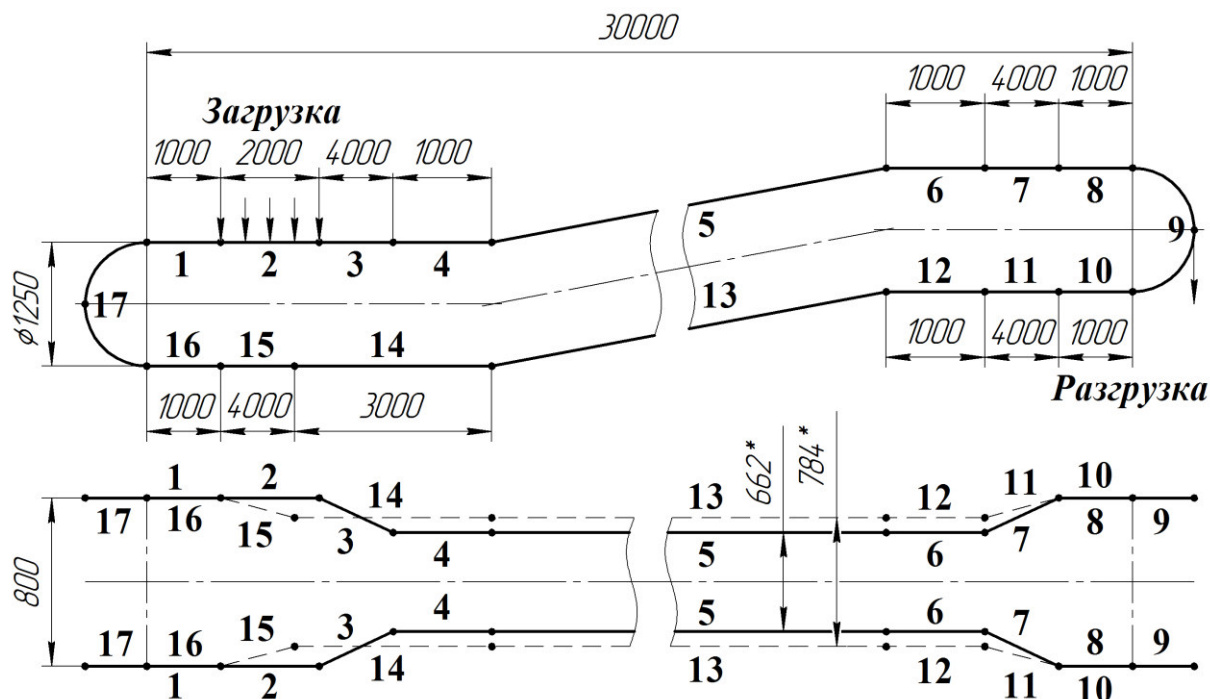


Рис. 1. Схема трассы эталонного конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом:
 1-8 – грузовая ветвь; 10-16 – холостая ветвь; 9, 17 – концевые поворотные участки;
 2 – загрузочный пункт; 3, 11 – желобообразующие участки; 7, 15 – выполаживающие участки;
 5, 13 – наклонные участки

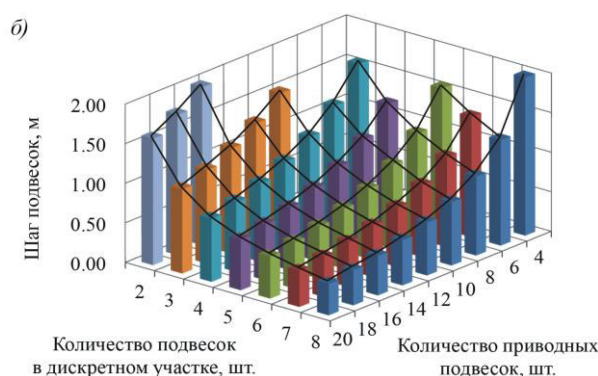
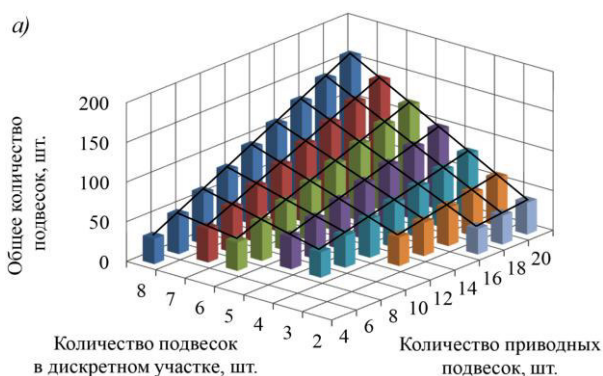
Начальные условия, необходимые для решения системы дифференциальных уравнений динамики конвейера, были заданы следующими: начальные линейные перемещения дискретных масс принимались равными расстояниям от начала грузовой ветви вдоль направляющих качения до соответствующих подвесок; угловые перемещения, а также линейные и угловые скорости были приняты нулевыми.

Моделирование динамики конвейера осуществлялось при следующих параметрах интегрирования: время – 100 с, шаг – 0,005 с.

После выполнения серии численных расчетов с учетом ограничения максимального шага расположения подвесок для различных возможных конфигураций дискретного участка приведенных в табл. 2 и на рис. 2, а, б была определена общая мощность конвейера (рис. 2, в) и скорость транспортирования груза (рис. 2, г).

Таблица 2 – Численные результаты варьирования количества подвесок

Количество приводных подвесок, шт.	Количество подвесок на трассе, шт. Шаг расположения подвесок на трассе, м Общая мощность конвейера, кВт. Средняя скорость движения, м/с								
	Количество подвесок в дискретном участке, шт.								
	20	18	16	14	12	10	8	6	4
8	160	144	128	112	96	80	64	48	32
	0,40	0,44	0,50	0,57	0,67	0,80	1,00	1,33	2,00
	7,91	7,30	6,68	6,06	5,44	4,79	4,15	3,46	2,68
	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,87	0,80
7	140	126	112	98	84	70	56	42	-
	0,46	0,51	0,57	0,65	0,76	0,91	1,14	1,52	-
	7,31	6,76	6,21	5,66	5,10	4,54	3,95	3,34	-
	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,94	0,92	0,89	-
6	120	108	96	84	72	60	48	36	-
	0,53	0,59	0,67	0,76	0,89	1,07	1,33	1,78	-
	6,69	6,22	5,74	5,25	4,76	4,26	3,75	3,20	-
	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,93	0,90	-
5	100	90	80	70	60	50	40	-	-
	0,64	0,71	0,80	0,91	1,07	1,28	1,60	-	-
	6,06	5,66	5,24	4,84	4,41	3,97	3,55	-	-
	1,01	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	-	-
4	80	72	64	56	48	40	32	-	-
	0,80	0,89	1,00	1,14	1,33	1,60	2,00	-	-
	5,43	5,09	4,76	4,42	4,08	3,71	3,34	-	-
	1,02	1,02	1,01	1,01	0,99	0,98	0,96	-	-
3	60	54	48	42	36	-	-	-	-
	1,07	1,18	1,33	1,52	1,78	-	-	-	-
	4,79	4,53	4,28	4,01	3,74	-	-	-	-
	1,04	1,03	1,03	1,02	1,01	-	-	-	-
2	40	36	32	-	-	-	-	-	-
	1,60	1,78	2,00	-	-	-	-	-	-
	4,20	4,02	3,84	-	-	-	-	-	-
	1,05	1,04	1,04	-	-	-	-	-	-



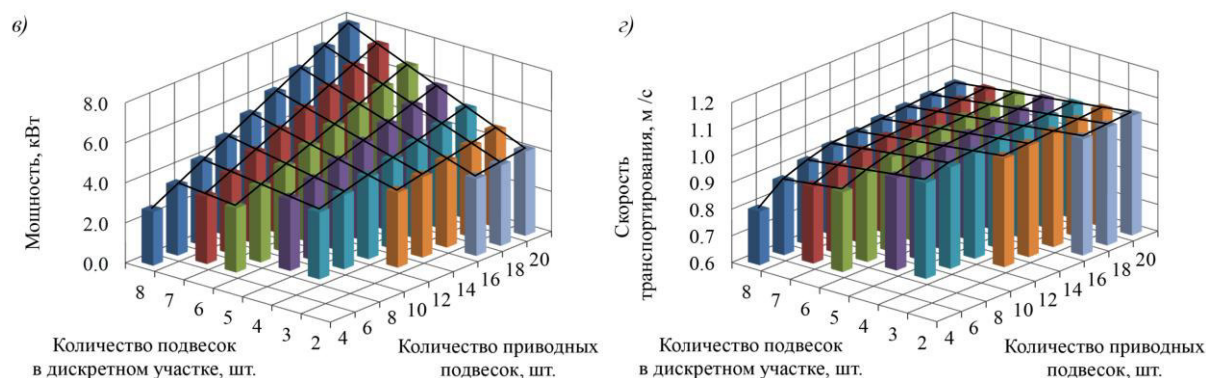


Рис. 2. Количественное распределение результатов в зависимости от конфигурации дискретного участка конвейера: а – подвесок на трассе; б – шага между подвесками; в – общей мощности; г – средней скорости движения

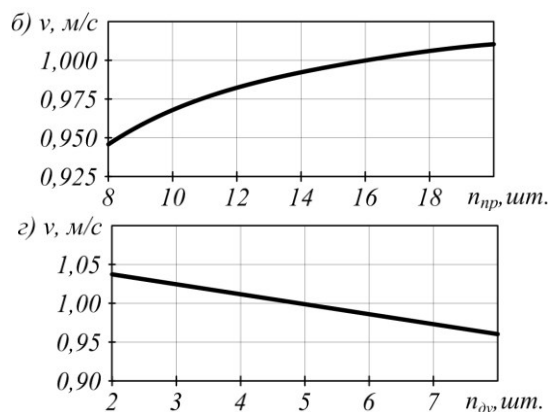
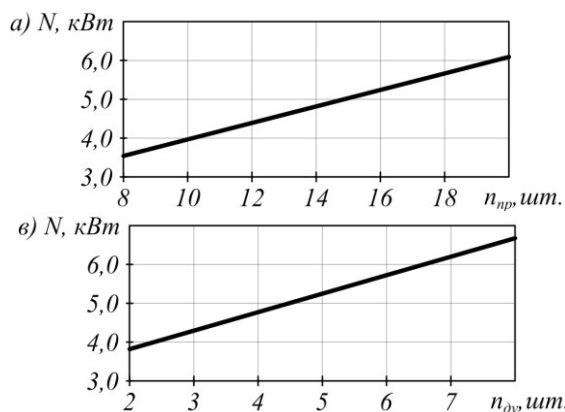
Представленные данные распределения общего количества подвесок в зависимости от количества разных типов подвесок (рис. 2, а) согласуются с величиной шага их установки на направляющих качения. Так в пределах длины трассы эталонного конвейера увеличение количества подвесок ведет к нелинейному сокращению расстояния между ними (рис. 2, б).

Из диаграммы распределения общей мощности конвейера, представленной на рис. 2, в, видно, что ее величина линейно возрастает как при увеличении количества приводных подвесок, так и при увеличении количества неприводных.

В тоже время средняя скорость движения подвесок (рис. 2, г) имеет несколько иной характер распределения значений в зависимости от сочетания типов подвесок на трассе конвейера. Так уменьшение длины

дискретного участка за счет сокращения количества неприводных подвесок вызывает линейное повышение скорости движения. При этом увеличение количества приводных подвесок также позволяет достичь ее прироста. Однако в последнем случае изменение величины скорости происходит по нелинейной зависимости. Особенно резкое повышение скорости наблюдается при малом количестве приводных подвесок (от 4 до 8), после чего ее рост продолжается по зависимости близкой к линейной.

Рассмотрим отдельные частные случаи. Так, например, при общем количестве подвесок дискретного участка равном 5, что соответствует эталонному значению, графики зависимости общей мощности конвейера и скорости движения ленты от количества приводных подвесок имеют вид, представленный на рис. 3 а, б.



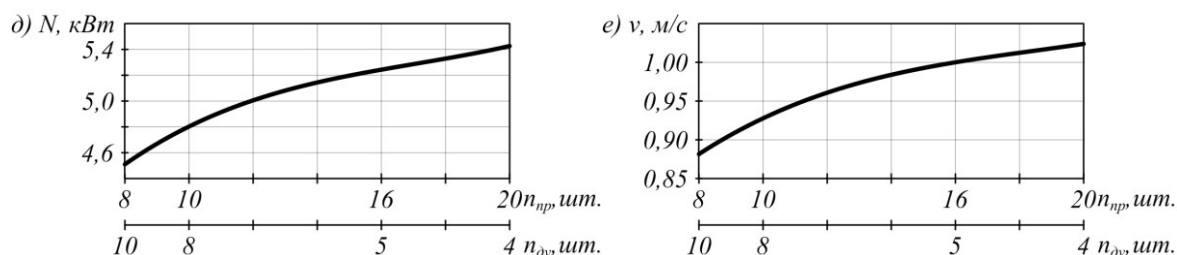


Рис. 3. Зависимость технических характеристик конвейера от количества и соотношения подвесок на трассе: а, б – мощности и скорости от количества дискретных участков; в, г – мощности и скорости от количества подвесок дискретного участка; д, е – мощности и скорости от конфигурации дискретного участка

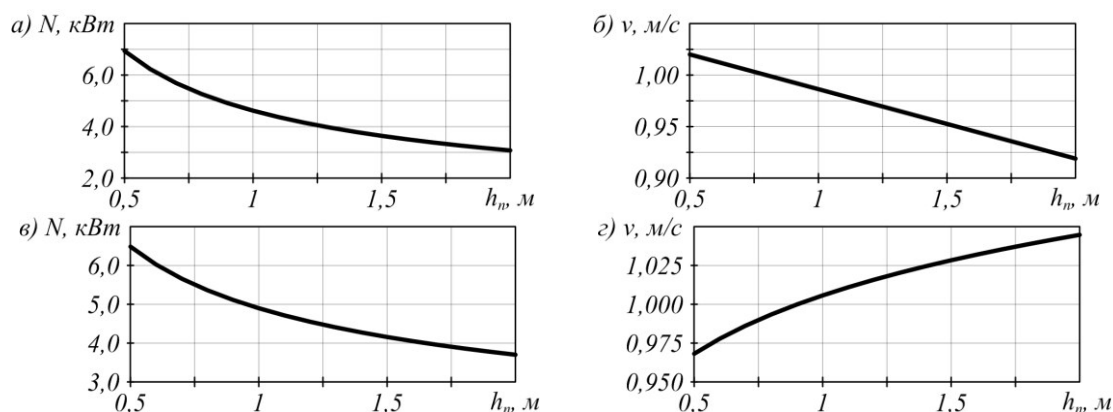


Рис. 4. Зависимость технических характеристик конвейера от шага расположения подвесок на трассе: а, б – мощности и скорости при постоянном количестве подвесок дискретного участка, равном 5; в, г – мощности и скорости при постоянном количестве дискретных участков, равном 16

При используемом сочетании проектных параметров сокращение количества дискретных участков до наименьшего значения, равного 8, сопровождается снижением мощности на 32 % и скорости на 5 %. В тоже время соответствующие графики изменения общей мощности и скорости транспортирования при увеличении шага расположения подвесок за счет добавления дискретных участков имеют вид (рис. 4, а, б).

Исходя из полученных результатов, следует, что увеличение шага между подвесками в 1,5 раза ведет к уменьшению величины общей мощности на 26,9 % и понижению скорости движения на 2,8 %.

Зависимости технических характеристик конвейера от количества подвесок, входящих в состав дискретного участка, при сохранении количества приводных подвесок постоянным, равным 16, представлены на рис. 3 в, г. В данном случае сокращение количества подвесок с эталонных 5 до минимальных 2 позволяет достичь снижения общей мощности конвейера на 27 % и повысить скорость ленты до 4 %. Между тем изменение величины шага расположения подвесок в результате добавления или сокращения подвесок дискретного участка оказывает

нелинейное влияние на общую мощность и скорость конвейера (рис. 4, в, г): увеличение шага расположения подвесок на трассе конвейера в 1,5 раза сопровождается понижением общей мощности приводов на 17,8 %, а также повышением скорости транспортирования на 2,2 %.

Кроме того, варьируя сочетание количества приводных и неприводных подвесок, определяющих конфигурацию дискретного участка, в пределах общего постоянного количества подвесок, равного эталонным 80 шт., были получены следующие результаты изменения общей мощности конвейера и скорости транспортирования (рис. 3, д, е). Из графиков следует, что увеличение количества приводных подвесок и соответствующее сокращение длины дискретных участков в пределах постоянного общего количества подвесок приводит к нелинейному росту мощности конвейера и повышению скорости движения ленты. Так использование схемы компоновки конвейера 8x10 позволяет сократить общую мощность конвейера на 14 %, а также снизить скорость движения до 12 %.

Отдельного внимания требует рассмотрение картины распределения

продольных напряжений от растяжения грузонесущей ленты в продольном направлении вдоль трассы (рис. 5). Здесь видно, что при уменьшении общего количества подвесок за счет сокращения количества дискретных участков, и соответствующем повышении шага между подвесками (рис. 5, а) увеличивается неравномерность движения ленты, в результате чего несколько возрастает амплитуда колебаний продольных напряжений при движении по грузовой 1-8, а также холостой 10-16 ветвям конвейера.

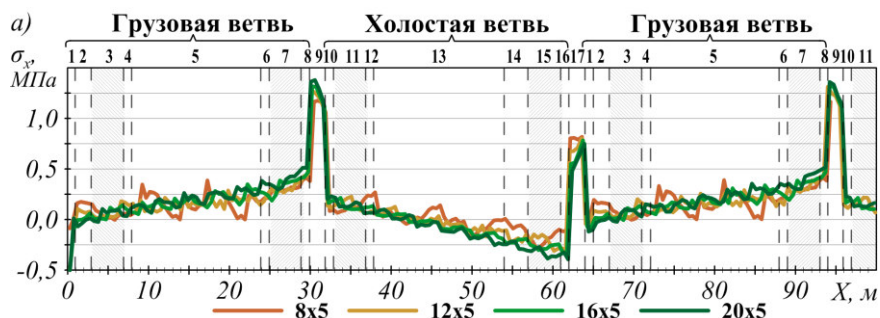
Увеличение общего количества подвесок, вызванное добавлением неприводных подвесок в состав дискретного участка, и соответствующее сокращение шага между подвесками приводит к увеличению размаха продольных напряжений. Их величины возрастают к концам грузовой 1-8 и холостой 10-16 ветвей, а также на поворотных участках 9, 17 с 1,1 до 1,5 МПа и с 0,7 до 0,4 МПа соответственно (рис. 5, б).

При изменении конфигурации дискретного участка за счет варьирования количества приводных и неприводных подвесок в пределах общего постоянного числа отличается тем, что с увеличением количества неприводных подвесок и соответствующим сокращением количества приводных несколько возрастает амплитуда колебаний напряжений, в особенности на грузовой 1-8 и холостой 10-16 ветвях конвейера.

Заключение

Проанализировав влияние количества подвесок разных типов на трассе, а также шага их расположения, можно прийти к заключению, что с уменьшением количества подвесок и увеличением расстояния между ними происходит снижение общей мощности конвейера. При этом одновременное сокращение приводных и неприводных подвесок ведет к повышению интенсивности убывания величины общей мощности. Между тем скорость транспортирования возрастает при увеличении количества приводных подвесок и сокращении длины дискретного участка, что в совокупности также способствует ее более интенсивному приросту. А величина шага здесь имеет двойственный характер влияния: если его увеличение происходит за счет сокращения количества приводных подвесок, то наблюдается снижение скорости, а в том случае если расстояние между подвесками повышается вследствие уменьшения количества подвесок дискретного участка, то скорость транспортирования растет.

По образу распределения продольных напряжений от растяжения в ленте, преимущественно сохраняющему характер изменения значений при варьировании количества подвесок, видно, что как увеличение количества подвесок дискретного участка, так и повышение шага между подвесками, приводят к увеличению амплитуды колебаний подвесок с сопряженными участками лентой, и, соответственно, к возрастанию величины напряжений.



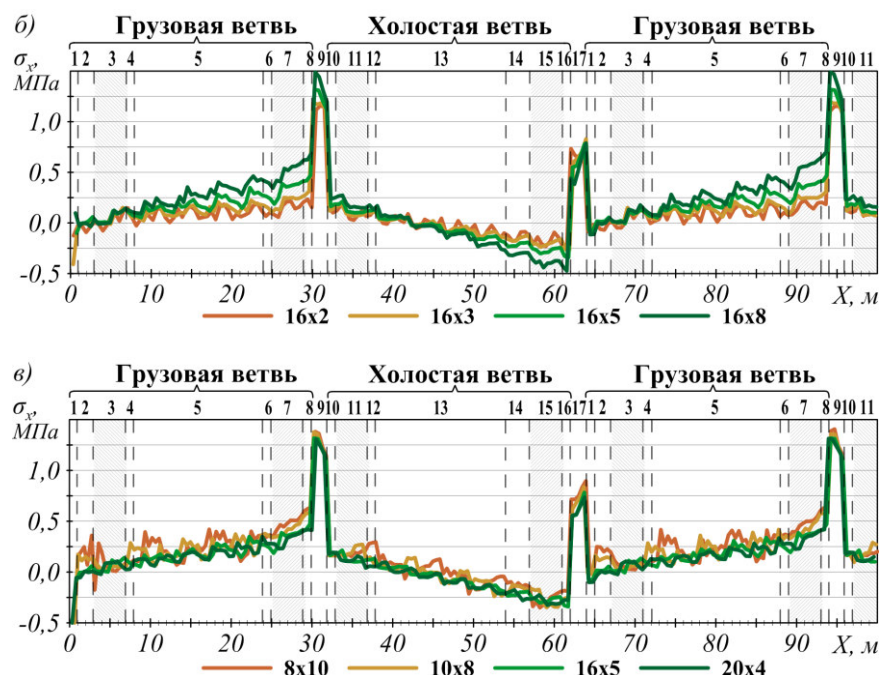


Рис. 5. Графики изменения продольных напряжений в ленте вдоль трассы конвейера при изменении количества и соотношения подвесок: а – при увеличении количества дискретных участков; б – при увеличении количества подвесок дискретного участка; в – при изменении конфигурации дискретного

Исходя из того, что определение количества подвесок на трассе конвейера начинается с выбора шага их установки, то изменение количественного соотношения приводных и неприводных подвесок осуществляется в пределах постоянного числа таким образом, чтобы общее количество подвесок оставалось кратным количеству приводных. Поэтому добавление подвесок одного типа ведет к сокращению другого. Следовательно, с учетом характера влияния количества подвесок на технические характеристики конвейера, в качестве рекомендации предлагается принимать количество приводных подвесок наибольшим, а неприводных – минимальным. Такой принцип объясняется тем, что, во-первых, незначительное повышение общей мощности конвейера в результате расчетов нивелируется ее фактическим изменением при обеспечении требуемого значения скорости транспортирования за счет варьирования механических характеристик мотор-редукторов; во-вторых, увеличение количества подвесок приводит к сокращению внешних нагрузок на конструктивные элементы и допускает использование подвесок меньших габаритных размеров и металлоемкости, что также позволяет сократить общую мощность; в-третьих, увеличение количества приводных подвесок

позволяет с одной стороны повышать надежность механической системы в за счет резервирования мощности, с другой – осуществлять более точный выбор приводов подвесок без отклонения потребляемой мощности от установленной.

**Исследование выполнено при
финансовой поддержке РФФИ в рамках
научного проекта
№ 16-38-00058 мол_а.**

Библиографический список

1. Балабаев, О.Т. Спецкурс конвейерного транспорта / О.Т. Балабаев. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2015. – 178 с.
2. Пертен, Ю.А. Конвейерный транспорт XXI века / Ю.А. Пертен // Транспорт российской федерации, 2005. – № 1. – С. 42–43.
3. Ромакин, Н.Е. Конструкция и расчет конвейеров: справочник / Н.Е. Ромакин. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 504 с.
4. Конвейеры с подвесной лентой / В.И. Аверченков [и др.]; под общ. ред. проф. В.И. Аверченкова. – М.: Машиностроение – 1, 2004. – 256 с.
5. Лагерева, А.В. Конвейеры с подвесной грузонесущей лентой – инновационный вид машин непрерывного транспорта / А.В. Лагерева, В.П. Дунаев // Справочник. Инженерный журнал, 2009. – № 10. – С. 9-14.
6. Васильев, К.А. Транспортные машины и оборудование шахт и рудников / К.А. Васильев, А.К. Николаев, К.Г. Сазонов. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 544 с.

7. Лагереv, А.В. Математическая модель конвейера с подвесной лентой, распределенным приводом и вертикально-замкнутой трассой / А.В. Лагереv, Е.Н. Толкачев // Вестник Брянского государственного технического университета, 2014. - № 3. - С. 45-52.

8. Гончаров, К.А. Экспериментальный стенд для исследования движения дискретного участка ленточного конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом / К.А. Гончаров, П.В. Бословяк, Д.Ю. Кулешов // Достижения молодых ученых в развитии инновационных процессов в экономике, науке, образовании: материалы IV международной научно-практической конференции. - Брянск: БГТУ, 2012. - С. 14.

9. Гончаров, К.А. Принцип конструирования приводных подвесок ленточных конвейеров с подвесной лентой и распределенным приводом / К.А. Гончаров, П.В. Бословяк, Д.Ю. Кулешов // Достижения молодых ученых в развитии инновационных процессов в экономике, науке, образовании: материалы IV международной научно-практической конференции. - Брянск: БГТУ, 2012. - С. 12-13.

10. Толкачев, Е.Н. Особенности определения усилий, приложенных к подвескам конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом, в зависимости от их пространственной конфигурации на трассе [Электрон. ресурс] / Е.Н. Толкачев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2015. - № 2. - С. 44-51. - Режим доступа: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N1/2015-02-06.pdf>.

11. Красношапка, В.А. Исследование динамических моделей приводов и проектирование горных машин / В.А. Красношапка, Ю.И. Бережной. - К.: Научная мысль, 1983. - 184 с.

12. Молдабеков, М.М. Математическое моделирование динамики механизмов и машин / М.М. Молдабеков, А.К. Тулешов, Г.У. Уалиев. - Алматы: Каз. ун-ті, 1998. - 204 с.

13. Панкратов, С.А. Динамика машин для открытых горных и земляных работ / С.А. Панкратов. - М.: Машиностроение, 1967. - 448 с.

14. Реутов, А.А. Моделирование приводов ленточных конвейеров: монография / А.А. Реутов. - Брянск: БГТУ, 2011. - 152 с.

15. Формалев, В.Ф. Численные методы / В.Ф. Формалев, Д.Л. Ревизников. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 400 с.

16. Лагереv, А.В. Рациональные параметры подвесок конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом / А.В. Лагереv, Е.Н. Толкачев. Подъемно-транспортное дело. - 2016. - № 1-2 (84). - С. 17-20.

DETERMINATION OF RATIONAL NUMBER SUSPENSIONS OF CONVEYOR WITH SUSPENDED BELT AND DISTRIBUTED DRIVE

A.V. Lagerev, E.N. Tolkachev

Abstract. The article is devoted to current issue related to the definition of a rational number of

suspensions of conveyor with suspended belt and distributed drive. Using the basic design of the conveyor with suspended belt and distributed drive, a series of numerical calculations was performed. As a result, the influence of the number and ratio of types of suspensions on the main technical parameters of the conveyor was established. Recommendations on the choice of rational number of suspensions were formulated.

Keywords: conveyor belt, distributed drive, rational parameters, suspended belt, suspension.

References

1. Balabayev O.T. *Spetskurs konveyernogo transporta* [Special course of conveyor transport]. Karaganda, KarGTU, 2015, 178 p.

2. Perten Yu.A. *Konveyernyy transport XXI veka* [The conveyor transport of the XXI century] // *Transport rossijskoj federacii*, 2005, № 1, pp. 42-43.

3. Romakin N.E. *Konstruktsiya i raschet konveyerov* [Design and calculation of conveyors]. Staryj Oskol, TNT, 2011, 504 p.

4. 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, Mashinostroyeniye-1, 2004, 256 p.

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

6. Vasilev K.A., Nikolaev A.K., Sazonov K.G. *Transportnye mashiny i oborudovanie shakht i rudnikov* [Transport machinery and equipment mines]. St. Petersburg, Izd-vo «Lan», 2012, 544 p.

7. Lagerev A.V., Tolkachev E.N. Mathematical model of a special conveyor with suspended belt and distributed drive, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, No.4, pp. 33-40.

8. Goncharov K.A., Boslovyak P.V., Kuleshov D.Yu. Experimental stand for the study of the motion of a discrete section of conveyor with suspended belt and distributed drive // *Dostizheniya molodykh uchenykh v razvitii innovatsionnykh protsessov v ekonomike, nauke, obrazovanii: materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bryansk, BGTU*, 2012, p. 14.

9. Goncharov K.A., Boslovyak P.V., Kuleshov D.Yu. The principle of designing the drive suspension of conveyors with suspended belt and distributed drive // *Dostizheniya molodykh uchenykh v razvitii innovatsionnykh protsessov v ekonomike, nauke, obrazovanii: materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bryansk, BGTU*, 2012, p. 12-13.

10. Tolkachev E.N. Specifics of determining the forces are applied to the suspensions of conveyor with suspended belt and distributed drive, depending on their spatial configuration on the route // *Nauchno-*

tehnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015, No. 2, pp. 44-51, available at: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N1/2015-02-06.pdf>.

11. Krasnoshapka V.A., Berezhnoj Yu.I. *Issledovanie dinamicheskikh modeley privodov i proektirovaniye gornykh mashin* [The study of dynamic models of drives and designing of mining machines]. Kiev, Nauchnaya mysl, 1983, 184 p.

12. Moldabekov M.M., Tuleshov A.K., Ualiev G.U. *Matematicheskoye modelirovaniye dinamiki mekhanizmov i mashin* [Mathematical modelling of dynamics of mechanisms and machines]. Almaty, Kaz. un-t, 1998, 204 p.

13. Pankratov S.A. *Dinamika mashin dlya otkrytykh gornykh i zemlyanykh rabot* [Dynamics of machines for opencast mining and earthmoving]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1967, 448 p.

14. Reutov A.A. *Modelirovaniye privodov lentochnykh konveyerov* [Simulation of the conveyor belt drives]. Bryansk, BGTU, 2011, 152 p.

15. Formalev V.F., Reviznikov D.L. *Chislennyye metody* [Numerical methods]. Moscow, FIZMATLIT, 2004, 400 p.

16. Lagerev A.V., Tolkachev E.N. Substantiation of rational suspension parameters conveyor with suspended belt and distributed drive. *Podemno-transportnoye delo*. 2016. No. 1-2 (84). pp. 17-20.

Лагереv Александр Валерьевич (Россия, Брянск) – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе НИИ фундаментальных и прикладных исследований ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» (241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14, e-mail: bsu-avl@yandex.ru).

Толкачев Евгений Николаевич (Россия, Брянск) – специалист отдела инновационного развития ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» (241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14, e-mail: tolkachev_en@mail.ru).

Lagerev Alexander Valer'evich (Russian Federation, Bryansk) – Ph.D., Professor, the Vice Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Research at Academician I.G. Petrovsky Bryansk State University (241036, Russian Federation, Bryansk, Bezhitskaya st., 14, e-mail: bsu-avl@yandex.ru).

Tolkachev Evgeniy Nikolaevich (Russian Federation, Bryansk) – Specialist of the Department of innovative development at Academician I.G. Petrovsky Bryansk State University (241036, Russian Federation, Bryansk, Bezhitskaya st., 14, e-mail: tolkachev_en@mail.ru).

УДК 621.2.082.18

МЕТОДИКА ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЁТА ВАЛА РАСКАТЫВАЮЩЕГО ПРОХОДЧИКА СКВАЖИН

В. Лис¹, Ю.Е. Пономаренко²

¹Германия, г. Mittelbiberach, ²ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. Отсутствие методики прочностного расчёта вала раскатывающего проходчика скважин, учитывающей его конструктивные особенности, значительно усложняет работу конструктора по определению необходимых поперечных сечений вала, обеспечивающих его надёжную, безотказную работу в течении всего эксплуатационного периода. В настоящей статье представлена схема нагружения раскатывающего рабочего органа в скважине, рассмотрена схема передачи нагрузки от катков к сердечнику вала посредством эксцентричных втулок и установлено влияние этих втулок на распределение нагрузки вдоль сердечника.

Ключевые слова: каток, эксцентричная втулка, сердечник вала, поперечная сила, изгибающий и крутящий момент.

Введение

Надёжность и долговечность работы раскатывающего проходчика скважин [1 – 6], как и любого другого механизма, всецело зависит от способности каждого узла, детали или комплектующего элемента воспринимать прикладываемую нагрузку и реагировать на неё соответствующим образом, не претерпе-

вая при этом необратимых конструктивных изменений, что обеспечивается прочностным расчётом и обоснованным выбором соответствующих материалов. Для проведения прочностного расчёта любого из элементов раскатывающего рабочего органа необходимо установить соответствующую ему расчётную