

*к.т.н., доц. Кузьменко В.И.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СОЕДИНЕНИЙ ЛЕНТ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

*Проведено аналіз розроблених конструкцій з'єднань конвеєрних стрічок та виконано оцінювання їх витримальної спроможності в порівнянні з східчастими з'єднаннями напусткового типу на прикладі восьмишарової стрічки, найбільш міцної з тих, що нині застосовуються на стрічкових конвеєрах.*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Согласно правил эксплуатации ленточных конвейеров на предприятиях угольной и металлургической промышленности, по добыче стройматериалов [1-3], а также нормативных документов заводов изготовителей конвейерных лент, например, [4], рекомендуется стыковку концов конвейерных лент с резиноканевым несущим каркасом выполнять с использованием технологии горячей или холодной вулканизации. В качестве базовой рекомендуется применять ступенчатую конструкцию соединения нахлестного (Н) или полунахлестного (П) типов. Однако использование таких конструкций, как показывает опыт эксплуатации ленточных конвейеров, не обеспечивает высоких показателей прочности (кратковременная статическая прочность соединений составляет 70-75% прочности целой ленты) и срока службы соединений, который значительно ниже нормативного срока службы целой ленты.

### **Анализ исследований и публикаций.**

Повышение несущей способности соединений конвейерных лент в основном базируется на исследованиях напряженно-деформированного состояния и конструктивном совершенствовании ступенчатых соединений нахлестного и полунахлестного типов [5-8]. Так, в конструкции соединения [6] предлагается на каждой ступени прослоечную резину укладывать в виде слоя переменной толщины, увеличивающейся от начала ступени к ее концу, а в конструкции [7] соединяемые кромки наружных слоев рекомендуется по длине выполнять большими по сравнению с внутренними слоями, при этом после сборки стыка [8] предлагается выполнять в нем перпендикулярно рабочей поверхности каналы и заполнять их полимерным материалом с образова-

нием в теле ленты соединительных стержней. Однако, как показывает практика эксплуатации ленточных конвейеров, реализация указанных технических решений малоэффективна.

#### **Постановка задачи.**

Выполнить анализ разработанных конструкций соединений и произвести оценку их несущей способности в сравнительном варианте со ступенчатой конструкцией нахлестного типа на примере восьмипрокладочной ленты, как наиболее прочной из применяемых в настоящее время на ленточных конвейерах.

#### **Изложение материала и его результаты.**

Анализ ступенчатой конструкции соединения показывает, что взаимодействие тканевых прокладок ленты через связующий слой (клеевая прослойка при холодной вулканизации или резиновая пластина, подготовленная в соответствии с [9] при горячей вулканизации) происходит в пределах ступени. Например, прокладка 8 соединяемого конца I взаимодействует с прокладкой 8 конца II ленты на длине ступени, равной  $l_a$ , и т.д. по длине всего соединения (табл. 1). Из соответствующей схемы взаимодействия элементов соединения ступенчатой конструкции Н-типа видно, что имеются периферийные зоны с высокой жесткостью поперечных сечений, которые «пассивно» участвуют в передаче и перераспределении прикладываемой к ленте нагрузки от целой ее части в зону соединения (участок ленты с нарушением целостности резинотканевого несущего каркаса). Высокая жесткость поперечного сечения, особенно по крайним ступеням, приводит к тому, что уже при номинальных нагрузках связующий слой соединения работает на сдвиг, что влечет за собой концентрацию касательных напряжений в связующем слое, а также в тканевых прокладках, где коэффициент концентрации нормальных напряжений достигает величины, равной 1,6-1,7 [5].

Кроме этого характерной особенностью ступенчатой конструкции (Н и П-типов) является то, что окончание ступени, например «а» в сечении В-В является началом смежной с ней ступени «b» и т.д. по длине соединения. Такая конструктивная особенность оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние соединения в целом.

Повышению концентрации напряжений как в тканевых прокладках, так и в связующем слое соединения ступенчатой конструкции способствует также величина длины кромки ступеней, определяемая углом скоса, который рекомендуется принимать равным  $18^\circ$  при горячей и  $26^\circ$  - при холодной вулканизации [1-4].

В предлагаемых конструкциях соединений (табл. 2 и табл. 3) на основе разработанных принципов конструирования вулканизированных соединений конвейерных лент [10], предлагается ступени выполнять в виде выступов и впадин, чередующихся по длине и ширине соединения.

Таблица 1 - Схема взаимодействия элементов соединения Н-типа

<p>Конструктивная схема соединения ступенчатой конструкции Н-типа восьмипрокладочной ленты</p>									<p>8 7 6 5 4 3 2 1</p>	
	<p>Diagram showing interaction points <math>x_a</math> through <math>x_h</math> across sections A, B, C, D, E, F, G, H, P. Distances <math>l_a</math> through <math>l_h</math> are indicated between sections.</p>									
<p>Схема взаимодействия элементов соединения по его длине и толщине</p>	8	+							8	<p>Номер тканевой прокладки в ленте</p>
	7		+						7	
	6			+					6	
	5				+				5	
	4					+			4	
	3						+		3	
	2							+	2	
	1								+	

Таблица 2 - Схема взаимодействия элементов соединения НСЗ-типа

<p>Конструктивная схема соединения НСЗ-типа восьмипрокладочной ленты</p>										
<p>Схема взаимодействия элементов соединения по его длине, толщине и ширине</p>	<p>8</p>								<p>8</p>	<p>Номер тканевой прокладки в ленте</p>
<p>7</p>								<p>7</p>		
<p>6</p>								<p>6</p>		
<p>5</p>								<p>5</p>		
<p>4</p>								<p>4</p>		
<p>3</p>								<p>3</p>		
<p>2</p>								<p>2</p>		
<p>1</p>									<p>1</p>	

Таблица 3 - Схема взаимодействия элементов соединения НСЗЛ-типа

<p>Конструктивная схема соединения НСЗЛ- типа восьмипрокладочной ленты</p>							
<p>Схема взаимодействия элементов соединения по его длине, толщине и ширине</p>						8	<p>Номер тканевой прокладки в ленте</p>
	7				7		
	6				6		
	5				5		
	4				4		
	3				3		
	2				2		
	1				1		

При этом обработку соединяемых концов ленты в виде выступов и впадин (табл. 2) производят на одном конце со стороны рабочей обкладки, а на другом – со стороны нерабочей обкладки ленты [11]. В техническом же решении (табл. 3) один конец ленты, первый по ходу ее движения, расслаивают на две части, а другой обрабатывают в виде бруса переменной жесткости. После чего выполняют ступени в виде выступов и впадин, чередующихся по длине и ширине соединения.

Анализ предлагаемых технических решений (табл. 2 и табл. 3) показывает, что эти конструкции соединений имеют количество ступеней, равное количеству тканевых прокладок в ленте, также как и в ступенчатом соединении Н-типа. Каждая ступень, длиной  $l_e, l_c, \dots, l_g$ , кроме крайних, находится между зонами перекрытия длиной  $l_n$ , т.е. ступени находятся в зонах между участками практически целой ленты, что существенно снижает влияние на ее напряженно-деформированное состояние смежных с ней ступеней.

В конструкции соединения (табл. 2) каждая тканевая прокладка работает через связующий слой одновременно на двух или трех ступенях по длине соединения, а по его толщине работают одновременно по две (крайние ступени) и три тканевых прокладки. Аналогично и по ширине ленты.

Анализируя конструкцию соединения (табл. 3) видно, что тканевые прокладки через связующий слой работают одновременно от двух до четырех ступеней по длине соединения, а по его толщине одновременно работает от двух (крайние ступени в сечении Е-Ф) до шести (сечения С-Д) тканевых прокладок. Аналогично и по ширине ленты. При этом необходимо отметить, что на участках, ограниченных сечениями С-Д, D-Е и Е-Ф, в работу включены одновременно по толщине две ступени, соответственно с и d, e и f, g и h.

Характерной особенностью рассматриваемой конструкции является то, что крайняя ступень «а» (первая по ходу ленты) в зоне А-В оказывается замкнутой в середине по толщине резинотканевого каркаса, что способствует ее более «мягкому» нагружению, особенно при взаимодействии с барабанами и роликами ленточного конвейера.

Для оценки несущей способности соединений за счет увеличения полноты нагружения тканевых прокладок через связующий слой по длине, толщине и ширине соединения введем коэффициент взаимодействия тканевых прокладок, соединяемых между собой посредством связующего слоя ( $K_b$ ), равный отношению количества фактических зон взаимодействия, отмеченных знаком плюс в табл. 1-3, к количеству теоретически возможных зон воздействия тканевых прокладок в соединении. Таким образом этот коэффициент для соединения Н-типа (табл. 1) равняется 0,13; для соединения НСЗ-типа (табл. 2) – 0,34; а для соединения НСЗЛ-типа (табл. 3) – 0,58.

Рост величины  $K_v$  показывает, что в соединении НСЗЛ-типа тканевые прокладки более полно загружены через связующий слой по сравнению с базовой конструкцией.

Для оценки эффективного использования площади контакта элементов соединения через связующий слой по длине, толщине и ширине соединения ведем коэффициент  $K_u$ , равный отношению площади контакта в рассматриваемой конструкции к площади контакта в базовой модели (ступенчатая конструкция Н-типа). Сравнительный анализ, выполненный на примере восьмипрокладочной ленты для условий, когда ее ширина и длина соединения во всех рассматриваемых случаях одинаковы, показал, что для соединения НСЗ-типа  $K_u = 0,88$ ; в соединении НСЗЛ-типа  $K_u = 1,76$ ; в ступенчатом  $K_u = 1,0$ .

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что в соединениях НСЗЛ-типа длина соединения может быть значительно уменьшена по сравнению с базовой моделью, а в соединении НСЗ-типа длину соединения возможно оставить равной длине базовой модели, имея ввиду более высокий коэффициент  $K_v$  по сравнению с базовой конструкцией.

Конструктивно выступы и впадины в соединениях НСЗ и НСЗЛ-типов можно выполнять различной формы – прямоугольной, трапециевидной, треугольной, параболической. Однако, предварительный анализ показал, что применение первых двух форм – прямоугольной и трапециевидной – приведет к снижению прочности соединения по резинотканевому несущему каркасу в результате его значительного ослабления и, естественно, к концентрации напряжения в связующем слое. Поэтому, с точки зрения распределения жесткости поперечных сечений по длине выступов для условий единичных показателей модуля упругости на растяжение и толщины тканевых прокладок в ленте наиболее рациональной является параболическая форма, что подтверждает графические зависимости, представленные на рис. 1.

#### **Выводы.**

Проведенный сравнительный анализ и оценка несущей способности различных конструкций соединений позволяет сделать вывод о том, что кратковременная статическая и усталостная прочность разработанных конструкций соединений резинотканевых конвейерных лент будет выше по сравнению со ступенчатой конструкцией за счет исключения «резкого» ослабления резинотканевого каркаса ленты по ее толщине в зоне соединения; большого угла скоса кромок ступеней; замкнутости ступеней соединения между участками целой ленты; включения в работу тканевых прокладок в зоне соединения одновременно на нескольких ступенях по длине; одновременного взаимодействия нескольких прокладок через связующий слой по толщине и ширине соединения.

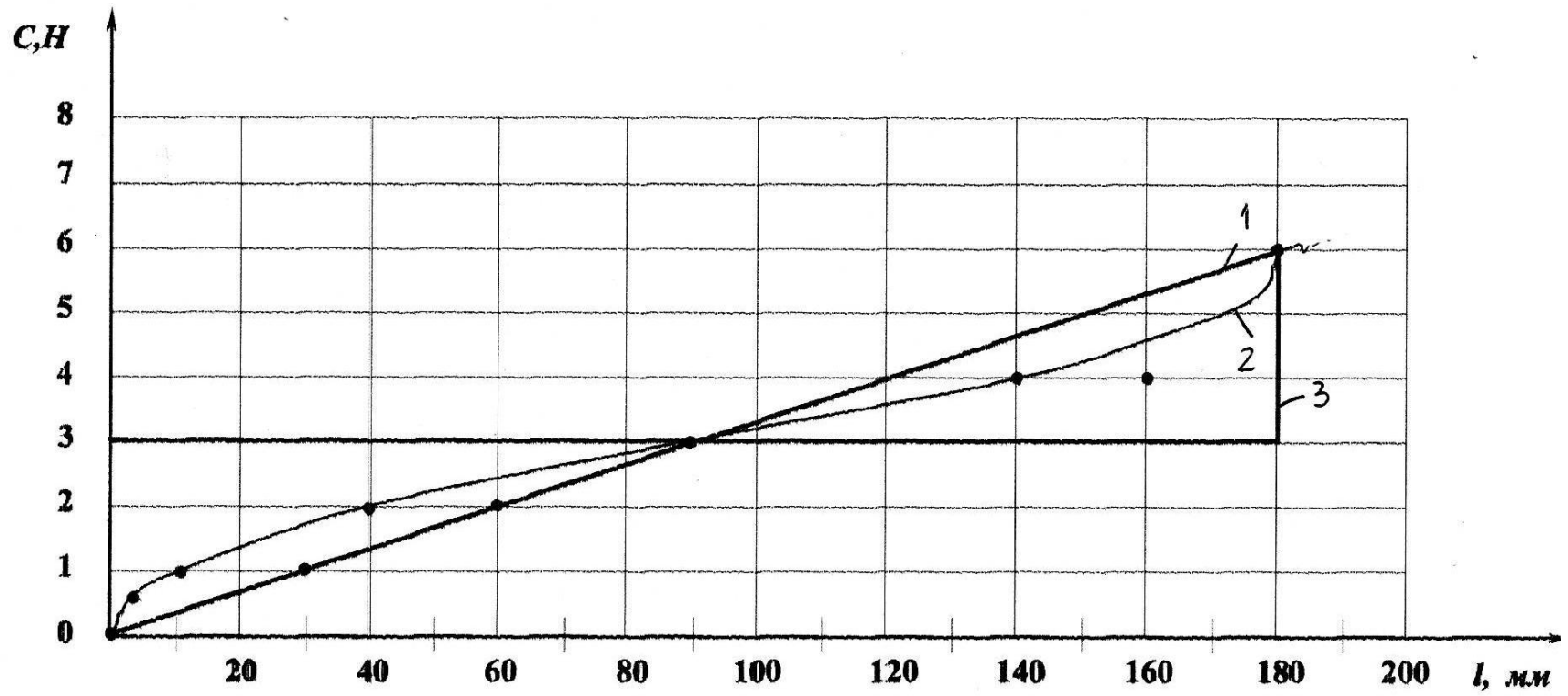


Рисунок 1 - Изменение жесткости поперечных сечений выступов по их длине



Дальнейшее направление исследований связано с разработкой математических моделей, описывающих напряженно-деформированное состояние предлагаемых конструкций соединений НСЗ и НСЗЛ-типов для различных расчетных схем их нагружения с высокой степенью адекватности эксплуатации на ленточных конвейерах.

*Выполнен анализ разработанных конструкций соединений конвейерных лент и произведена оценка их несущей способности в сравнительном варианте со ступенчатыми стыками нахлестного типа на примере восьмипрокладочной ленты, как наиболее прочной из применяемых в настоящее время на ленточных конвейерах.*

*The analysis of designed joint structures for conveyor belts was made and the estimation of their bearing capacity was performed in comparative variant with overlapping stepped junctions on the example of eight-side-iron belt, as the most strong one among the used in belt conveyors nowadays.*

#### **Библиографический список**

1. Правила эксплуатации подземных ленточных и пластинчатых конвейеров на угольных и сланцевых шахтах. – М.: ИГД им. А.А. Скопинского, 1980. – 221 с.

2. Правила технической эксплуатации ленточных конвейеров на предприятиях черной металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 104 с.

3. Правила эксплуатации ленточных конвейеров на предприятиях Минстройматериалов СССР. – М.: ВНИИЭСМ, 1986. – 86 с.

4. Руководство по выбору и эксплуатации конвейерных лент ЗАО «Курскрезинотехника» /Под ред. Ю.А. Михайлова, Ю.А. Кондрашова. – 2-у изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «Курскрезинотехника», НПК «Трансбелт», 2004. – 132 с.

5. Завгородний Е.Х. Напряженное состояние соединений нахлестного типа многослойных конвейерных лент / Е.Х. Завгородний, Ю.П. Ярцев, В.И. Кузьменко // Изв. вузов. Горный журнал. – 1985.– №1. – С. 48-51

6. А.с. 1270018 СССР, МКИ В 29Д29/06. Способ соединения конвейерных лент / Е.М. Высочин, В.И. Заренков, А.А. Шаповалов, В.И. Шафорост. - №3932153/23-05; заявл. 23.07.85; опубл. 15.11.86, Бюл. №42.

7. А.с. 1344625 СССР, МКИ В 29Д29/06. Способ стыковки многослойных лент / Ю.В. Заболотный, Е.М. Высочин. - №3967557/13-05; заявл. 21.10.85; опубл. 15.10.87, Бюл. №38.

8. А.с. 1502402 СССР, МКИ В 29С67/10, В 29Д29/06.. Способ соединения конвейерных лент / В.С. Кириленко, Е.М. Высочин, С.Н. Накидаило. - №4363615/22-05; заявл. 12.01.88; опубл. 23.08.89, Бюл. №31.

9. А.с. 1290657 СССР, МКИ В 29С67/10. Способ подготовки прослоечных элементов для соединения конвейерных лент / В.И. Кузьменко, Ю.С. Мельников, Е.Х. Завгородний. - №3691627/23-05; заявл. 25.11.83; опубл. 28.02.87, Бюл. №6

10. Кузьменко В.И. Основные принципы конструирования и разработка технических решений высокопрочных соединений лент ленточных конвейеров / В.И. Кузьменко // Подъемно-транспортная техника. – 2008. – №2 (26). – С. 98-105.

11. Патент 70666 (Украина), МКИ В 65G15/30. Способ соединения конвейерных лент / В.И. Кузьменко. – №20031212044; заявл. 22.12.2003; опубл. 15.10.2004, Бюл. №10.

**Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Финкельштейном З.Л.**