

УДК 621.86

Д. В. Левчик, магистрант,  
А. Я. Грудачев, канд. техн. наук, проф.,  
Донецкий национальный технический университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА СКОСА СТЫКА РЕЗИНОТКАНЕВОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ НА ЕГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ

*Исследована взаимосвязь распределения напряжения в клеевом слое с учетом угла скоса с применением метода конечных элементов.*

**конвейер, CosmosWorks, напряжение, стык, угол скоса**

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

Резервом повышения прочности стыка является косой срез его ступеней по отношению к продольной оси ленты под углом  $\alpha$ . При этом напряжения в каркасе ленты и в резиновых прослойках распределяются на большую длину и их абсолютная величина снижается. Опыт эксплуатации показывает [1], что при косом срезе ступеней улучшаются условия входа стыка на барабаны и ролики конвейера, значительно повышается надежность соединений, что особенно заметно при эксплуатации дорогостоящих, высокопрочных лент на конвейерных линиях большой протяженности и производительности.

Изучение этой темы даст возможность получить данные для определения рационального значения угла скоса стыка конвейерной ленты для уменьшения возникающего в клеевом слое внутреннего напряжения.

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

Вопросами, связанными с исследованием внутренних напряжений в стыках конвейерной ленты посвящены работы отечественные и иностранные исследователи и ученые, в числе которых: к.т.н. Е.Н. Высочин [1], к.т.н. И.Е. Билан [2], проф. Н.Я. Биличенко [3], к.т.н. Д.Ш. Монастырский [4] и многие другие.

### ***Постановка задачи.***

Для разработки и исследования распределения внутреннего напряжения в клеевом слое косого стыка конвейерной ленты были поставлены следующие задачи:

- составить математическую модель напряженно - деформированного состояния клеевого стыка конвейерной ленты

- применить современное программное обеспечение для расчетов модели клеевого стыка конвейерной ленты
- выявление закономерностей накопления напряжений ленты по критерию отношения угла скоса и возникающего внутреннего напряжения

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

Современные компьютерные технологии позволяют нам все проще моделировать и рассчитывать разные механические системы. Для реализации этого существует довольно таки большое количество программных сред работающих в том или ином направлении. Нами была выбрана программа для построения 3D модели и проведения расчета на прочность – SolidWorks 2004 с встроенным расчетным модулем CosmosWorks 2004.

Построение физической модели включает в себя идеализацию свойств конструкции и внешних воздействий. Реальное тело, представляющее резинотканевую ленту, можно рассмотреть как бесконечную систему материальных точек, определенным образом взаимодействующих между собой. С точки зрения атомного строения вещества и существования сил межатомного взаимодействия каждой из материальных точек свойственна определенная индивидуальность. Однако проследить за состоянием каждой из материальных точек совершенно невозможно, поэтому приходится вводить некоторые осредненные характеристики, описывающие взаимодействие между атомами, отказавшись от рассмотрения каждого атома в отдельности [5].

Еще одной идеализацией реального тела является присвоение ему свойств однородности. Для исследования физической модели должны быть заданы наиболее полные ее параметры. В данном программном продукте для исследования резинотканевой ленты заданных размеров были выбраны материалы, характеристики которых приведены в таблицах 1 и 2.

Стоит заметить, что материал клеевого слоя, был выбран по свойствам близкий к резине. Это допущение обусловлено тем, что мы не имеем конкретных значений свойств клея.

Для расчета было выбрано 3 величины угла скоса:  $\alpha=10^\circ$ ,  $\alpha=18,5^\circ$  и  $\alpha=30^\circ$  (Рис. 1 а, б, в). Остальные переменные исследования оставались на нулевом уровне:  $\nu=0,49$ ,  $P=1000 \text{ Н/м}^2$  и  $E=6,1 \text{ МПа}$ .

Таблица 1 – Параметры тканевых прокладок для расчетной резинотканевой ленты

Название параметра	Величина параметра
Модуль упругости	$7e+007 \text{ N/m}^2$
Коэффициент Пуассона	0.4
Модуль сдвига	$2.8e+007 \text{ N/m}^2$
Термически коэффициент	0.00067 /Kelvin
Плотность материала	$1300 \text{ kg/m}^3$
Предел прочности при растяжении	$3.35e+007 \text{ N/m}^2$
Предел текучести	$5e+007 \text{ N/m}^2$

Таблица 2 – Параметры клеевой пленки для расчетной резинотканевой ленты

Название параметра	Величина параметра
Модуль упругости	$6.1e+006 \text{ N/m}^2$
Коэффициент Пуассона	0.49
Модуль сдвига	$2.9e+006 \text{ N/m}^2$
Термически коэффициент	0.00067 /Kelvin
Плотность материала	$1000 \text{ kg/m}^3$
Предел прочности при растяжении	$1.3787e+007 \text{ N/m}^2$
Предел текучести	$9.2374e+006 \text{ N/m}^2$

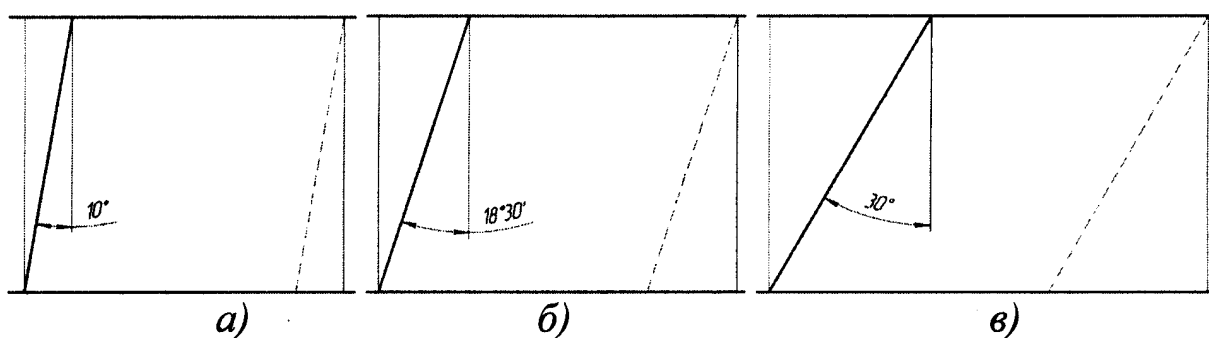


Рисунок 1 – Образцы исследуемых моделей

С помощью расчета в программной среде CosmosWorks2004 [5] проведено исследование клеевого слоя косоугольного стыка конвейерной ленты. Значения были взяты по отношению к критическому сечению в клеевом стыке – среднему сечению, на краях которого расположены максимальные значения узловых напряжений. Заданный нами исследуемый диапазон углов скоса стыка по отношению к продольному сечению ленты –  $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ . Исследуем напряженно-деформируемое состояние (НДС) клеевого слоя при разных растягивающих силах.

Исследуемые модели выглядят следующим образом (рис. 2, 3):

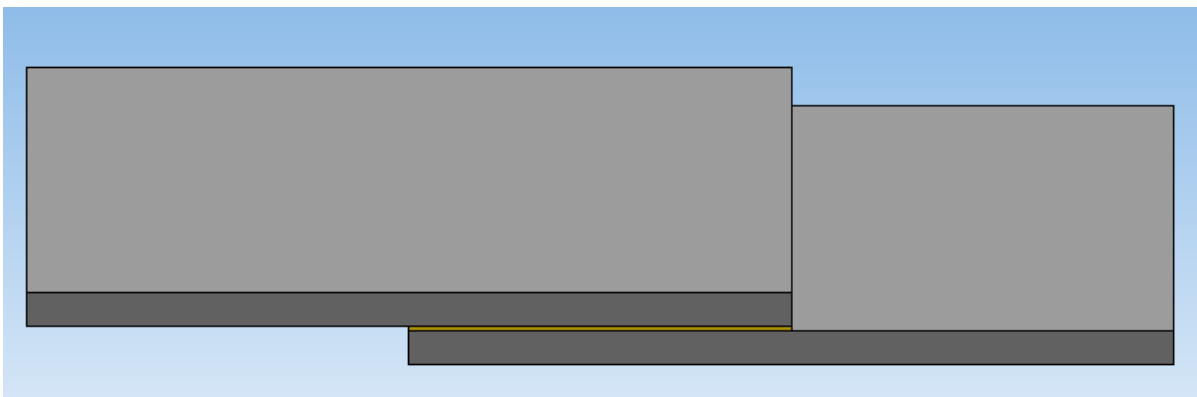


Рисунок 2 – Модель исследуемого стыка ленты при  $\alpha=0^\circ$

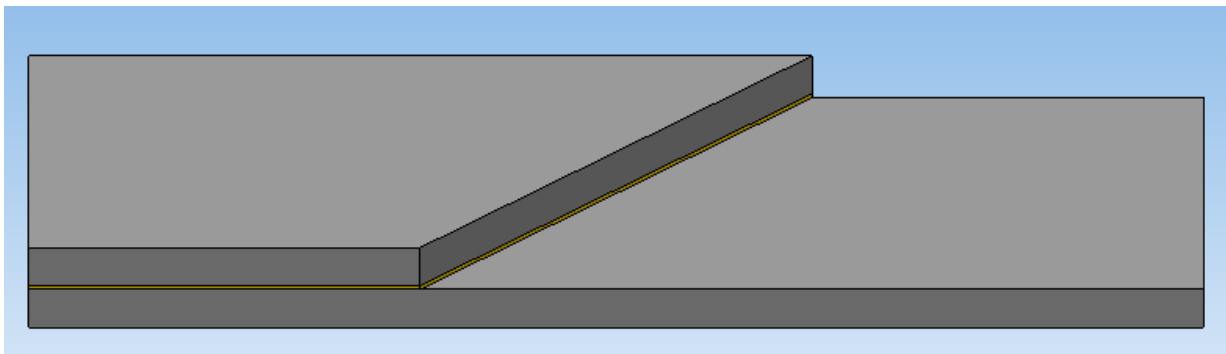


Рисунок 3 – Модель исследуемого стыка ленты при  $\alpha=45^\circ$

Максимальное растягивающее усилие для заданного типа ленты (EP200) вычисляется по ее ширине следующей зависимостью [1]:

$$P_{\max} = \frac{B \cdot 200}{10}, \text{ Н,}$$

где  $B$  – ширина ленты.

Максимальное растягивающее усилие будет составлять:

$$P_{\max} = \frac{90 \cdot 200}{10} = 1800 \text{ Н}$$

Результаты моделирования приведены в таблице 3.

Таблица 3 - НДС клеевого слоя в зависимости от приложенного усилия  $P$

Угол скоса, °	Внутренне напряжение, Н/мм <sup>2</sup> , при $P$ , кН				
	1	1,2	1,4	1,6	1,8
0	1645	1968	2296	2592	2952
9	1554	1980	2184	2576	2970
18	1587	2100	2212	2704	2844
27	1886	2484	2632	3184	3384
36	2183	3276	3056	4272	3924
45	3930	4524	5502	6144	7074

По полученным данным из таблицы 3 были построены графики НДС клеевого стыка ленты (рис. 4 а, б).

Из полученных графиков следует зависимость распределения напряженно-деформированного состояния клеевого слоя стыка в зависимости от угла скоса стыка относительно продольного сечения ленты. Примерно до  $\alpha=20^\circ$  наблюдается практически прямолинейное незначительное возрастание напряжения внутри клеевого стыка ленты, а затем значительный его рост. В качестве критерия сравнения, по нашему мнению, может быть принято отношение, исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что самый рациональный, по критерию отношения угла к максимальному внутреннему напряжению, угол скоса стыка ленты находится в пределах  $12^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ . В результате проведенных исследований установлено, что критические точки, в которых концентрируется максимальное внутреннее напряжение, находятся по углам стыка и больше чем в центре стыка на 70-85%.

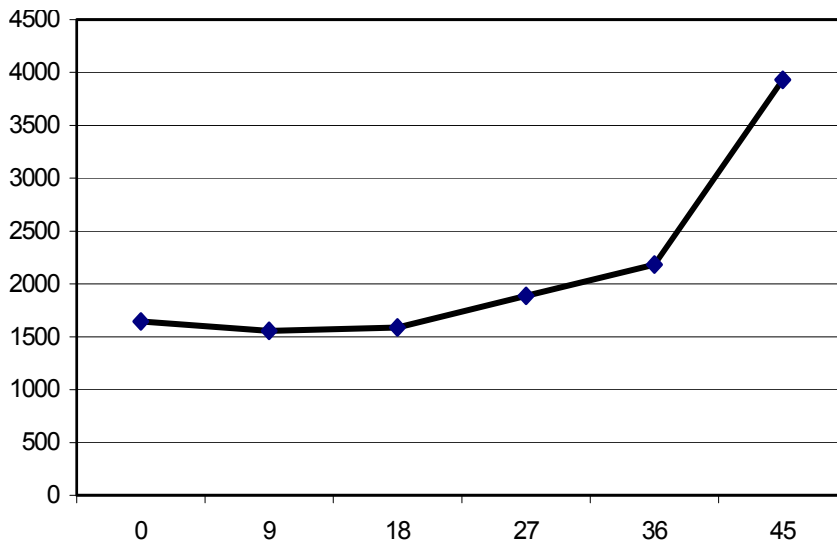
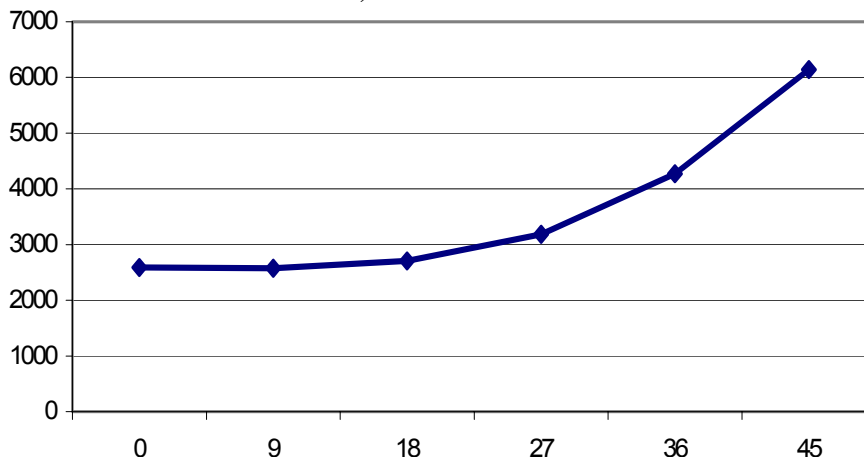
а)  $P=1000H$ б)  $P=1800H$ 

Рисунок 4 – Графики распределения НДС в клеевом слое косого стыка конвейерной ленты

На основании полученных данных можно судить о линейном возрастании внутренних напряжений от приложенной к исследуемому образцу распределенной нагрузки. Этот показатель дает возможность прогнозирования возможного порыва ленты при взаимодействии на ее внешних факторов: рывков, ударов и т.п.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Основными результатами данной работы являются следующие.

1. Разработана математическая модель влияния угла скоса стыка конвейерной ленты на возникающие в клеевом слое внутренние напряжения.

2. Определено рациональное значение угла скоса стыка конвейерной ленты, по критерию отношения угла к максимальному внутреннему напряжению, которое находится в пределах  $12^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ .

Дальнейшая работа будет посвящена исследованию НДС стыка конвейерной ленты с использованием различных типов клеев.

Список источников.

1. Стыковка и ремонт конвейерных лент на предприятиях черной металлургии. Высочин Е.М., Завгородний Е.Х., Заренков В.И. М.: Металлургия, 1989, с. 192.
2. Билан И.Е., Плямоватый Р.А. О прочности связи между слоями резинотканевых конвейерных лент. – В кн.: Вопросы рудничного транспорта, в.9. «Недра», М., 1965 – с. 54-62.
3. Билан И.Е., Плямоватый Р.А. Макро- и микроисследования конвейерных лент. – В кн.: Вопросы рудничного транспорта, в.8. «Недра», М., 1965 – с. 23-37.
4. Монастырский Д.Ш. Об изменении прочности связи между прокладками резинотканевых конвейерных лент по толщине. – В кн.: Вопросы рудничного транспорта, в.12. «Недра», М., 1972 – с. 60-69.
5. Алямовский А.А. SolidWorks/CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.: ил.

*Стаття надійшла до редколегії 16.09.2009*

*Рецензент: докт. техн. наук, проф. П. А. Горбатов*

***Д.В.Левчик, А.Я.Грудачев. Дослідження впливу кута скосу стику гумовотканинної конвеєрної стрічки на його напружено-деформований стан. Дослідження взаємозв'язок розподілу напруги в клейовому шарі з урахуванням кута скосу із застосуванням методу кінцевих елементів. конвеєр, cosmosworks, напруга, стик, кут скосу.***

***D.Levchik, A.Grudachev. The Influence of the Slant Angle of the Joint of a Rubber-Fabric Conveyor Belt on Its Deformation Mode. Stress distribution in a glue layer has been studied by means of the finite element method. conveyor, cosmosworks, joint, corner of slant.***

© Д. В. Левчик, А. Я. Грудачев, 2009