

УДК 621.86

**А.Я. Грудачев**, канд. техн. наук, проф.**Д.В. Левчик**, магістр

Донецкий национальный технический университет

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ КЛЕЕВОГО СЛОЯ ПО ДЛИНЕ СТЫКА НА ЕГО ПРОЧНОСТЬ**

*Исследована закономерность накопления напряжений ленты по критерию отношения модуля упругости клеевой пленки и возникающего внутреннего касательного напряжения*

**конвейер, cosmosworks, напряжение, стык, угол скоса*****Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

На угольных шахтах Украины находится в эксплуатации более 39 тысяч стыков конвейерных лент. Аварии, связанные с порывом, занимают примерно 10% от всего рабочего времени, а чтобы произвести ремонт или изготовить новый - до 20% времени работы конвейера. В среднем на одну аварию потери добычи достигают до 1500 т угля. В связи с этим, работы, направленные на увеличение прочности стыка актуальны и представляют практический интерес для промышленности. Кроме того, совершенствование стыковых соединений обеспечивает увеличение безопасности эксплуатации установки. Одной из причин выхода из строя шахтных ленточных конвейеров является порыв стыка конвейерной ленты. Этой проблеме и посвящена данная работа, основной задачей которой и является увеличение срока эксплуатации конвейерных лент за счет выбора оптимальных параметров соединения.

***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 изучения влияния распределения внутреннего касательного напряжения от изменения модуля упругости по длине клеевого слоя стыка конвейерной ленты были поставлены следующие задачи:

- применить современное программное обеспечение для расчетов модели клеевого стыка конвейерной ленты

- выявление закономерностей накопления напряжений ленты по критерию отношения модуля упругости клеевой пленки и возникающего внутреннего касательного напряжения

**Изложение материала и результаты.** 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].

Способы снижения концентрации напряжения могут быть основаны на изменении жесткости клеевого слоя или элементов, соединяемых по длине соединения, особенно на их начальных и конечных участках. Эффективным способом уменьшения концентрации напряжения может быть применение комбинации клеев: эластичного по краям и жесткого - в средней части длины клеевого соединения. Такое сочетание упругих свойств адгезива вызывает появление вторичных максимумов в сечениях, где меняется модуль упругости клеевого слоя [6].

$$\tau = P \cdot k \cdot \left[ \frac{\psi \cdot \operatorname{ch}(k \cdot (x - L)) + (1 - \psi) \cdot \operatorname{ch}(k \cdot x)}{\operatorname{sh}(k \cdot L)} \right]; \quad (1)$$

где

$$k = \sqrt{\frac{G}{\delta} \cdot \left( \frac{1}{E_1 t_1} + \frac{1}{E_2 t_2} \right)};$$

$$\psi = \frac{E_2 t_2}{E_1 t_1 + E_2 t_2};$$

$P$  - нагрузка на единицу ширины клеевого соединения в Н/м;  
 $E_1, E_2, t_1, t_2$  - модули упругости и толщины соединяемых элементов;

$G, \delta$  - модуль сдвига и толщина клеевой прослойки.

Для проверки этого положения, для математической модели (1) были заданы различные законы распределения модуля упругости по длине (рис. 1).

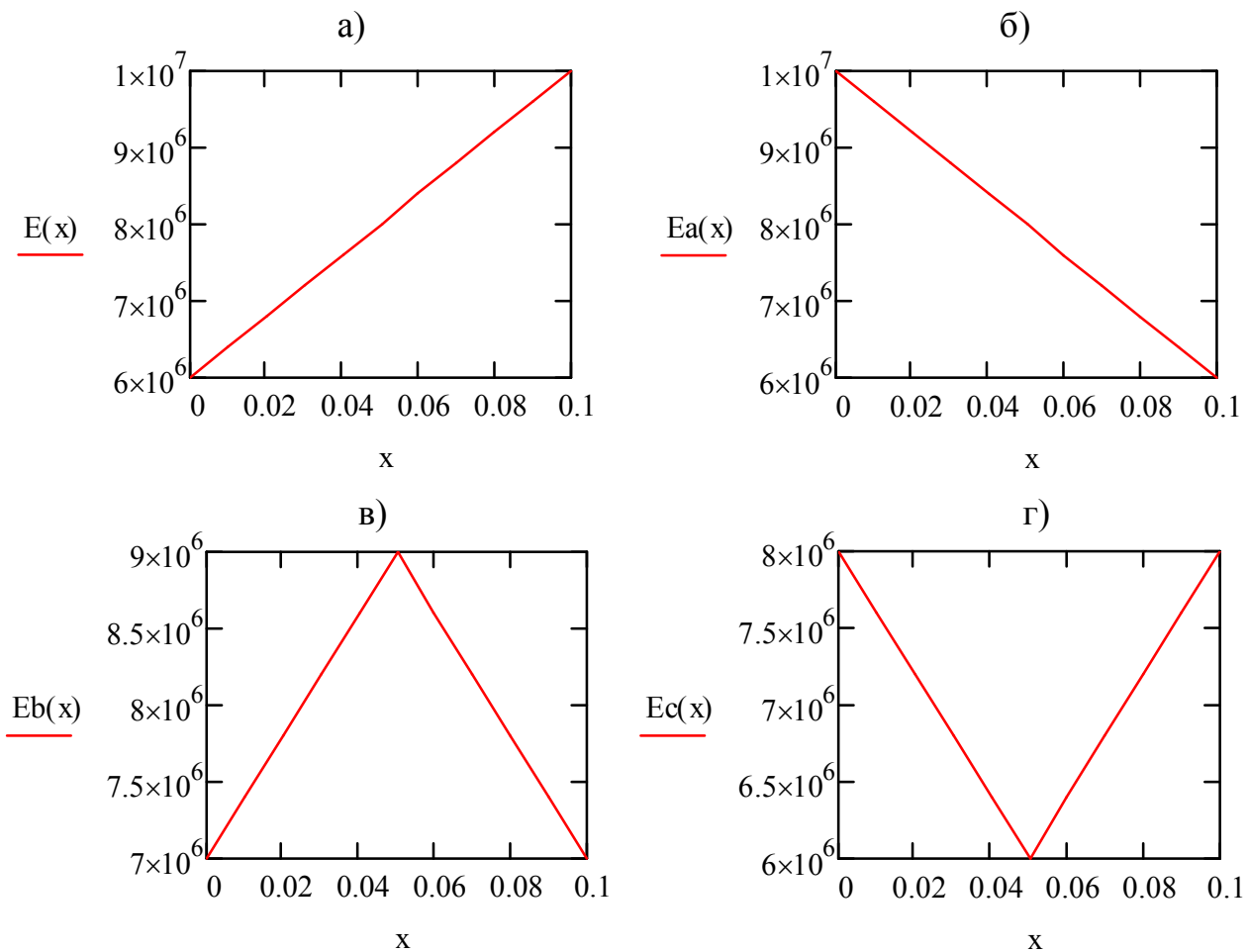


Рис. 1 - Законы распределения модуля упругости по длине ступени

Выполнив расчеты по математической модели для композиционных материалов Фрегеля [6], получим графики зависимостей внутренней касательной напряжения (рис 2).

Входные параметры для математической модели для всех расчетов оставались постоянные:

- модуль упругости тканевых прокладок  $E_{1,2} = 7 \times 10^7 \text{ Н/м}^2$ ,
- толщина тканевых прокладок  $t_{1,2} = 0,006 \text{ м}$ ,
- толщина клеевой пленки  $\delta = 0,001$ ,
- коэффициент Пуассона  $\nu = 0,49$ ,
- растягивающее усилие  $P = 500 \text{ Н/м}$ .

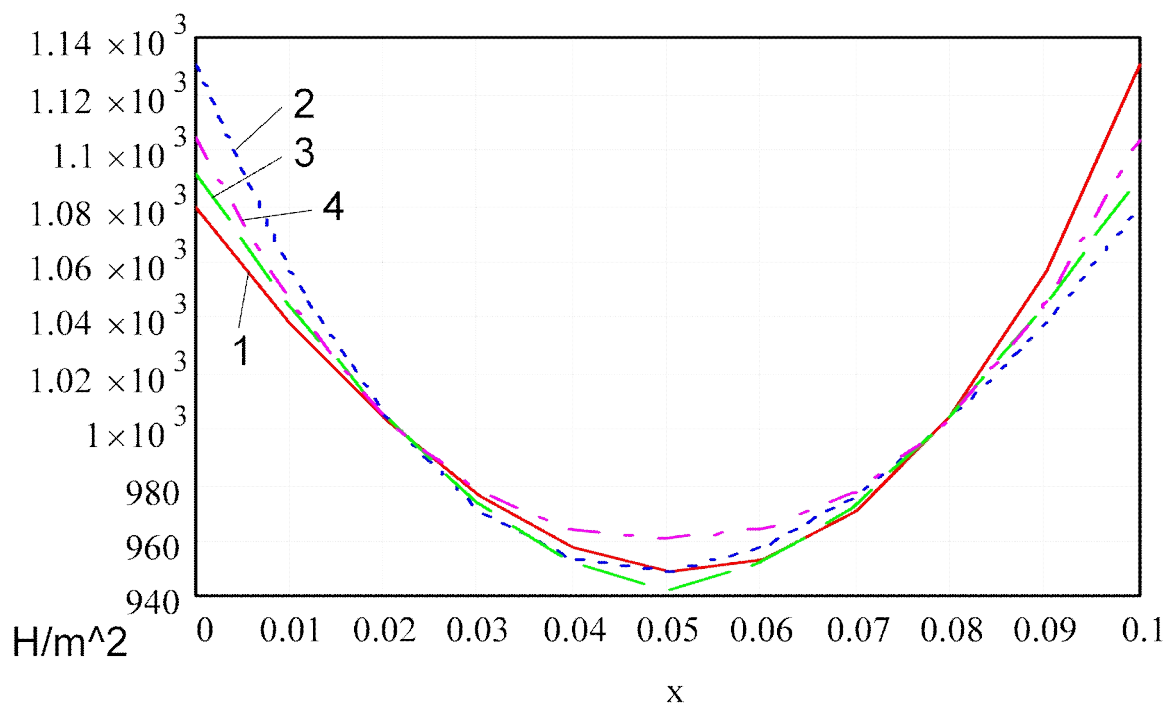


Рис. 2 - Графики распределения модуля упругости по длине ступени

- 1 - закон распределения по рис 1 а)
- 2 - закон распределения по рис 1 б)
- 3 - закон распределения по рис 1 в)
- 4 - закон распределения по рис 1 г)

Из графиков (рис. 2) следует, что увеличение модуля упругости в центральной части стыка приводит к уменьшению пикового напряжения на его концах. Однако модель не учитывает образование вторичных максимумов концентрации напряжения, которое может создаваться в других точках по длине нахлеста.

Следующим этапом было моделирование данной задачи в про-

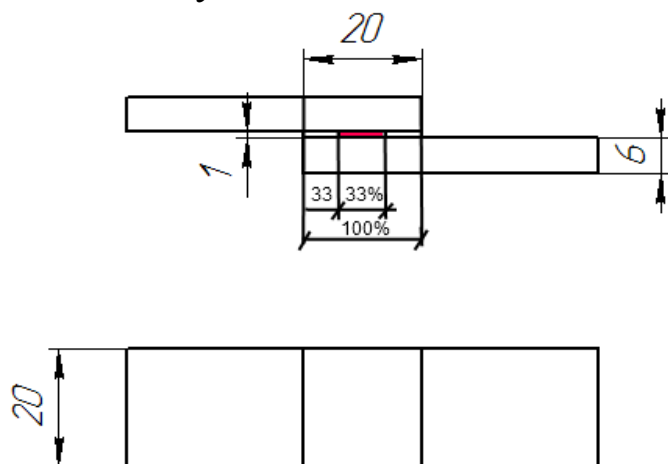


Рис. 3 - Размеры модели

граммной среде Solid Works. Для эксперимента была создана модель со следующими габаритными размерами (рис. 3), которая была разбита на конечные элементы, и к которой приложим растягивающее усилие в 500 Н (рис. 4).

Модуль упругости клеевой пленки по всей ширине равен  $6,1e+007 \text{ H/m}^2$ . Значение

внутреннего касательного напряжения принималось относительно нулевого, среднего уровня.

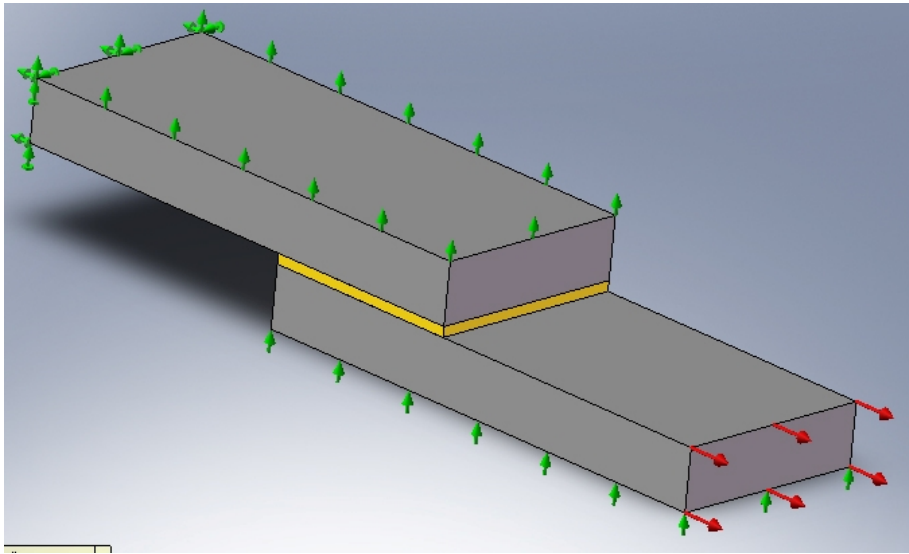


Рис. 4 - Модель в программной среде Solid Works

Проведем расчеты и получим следующие результаты:

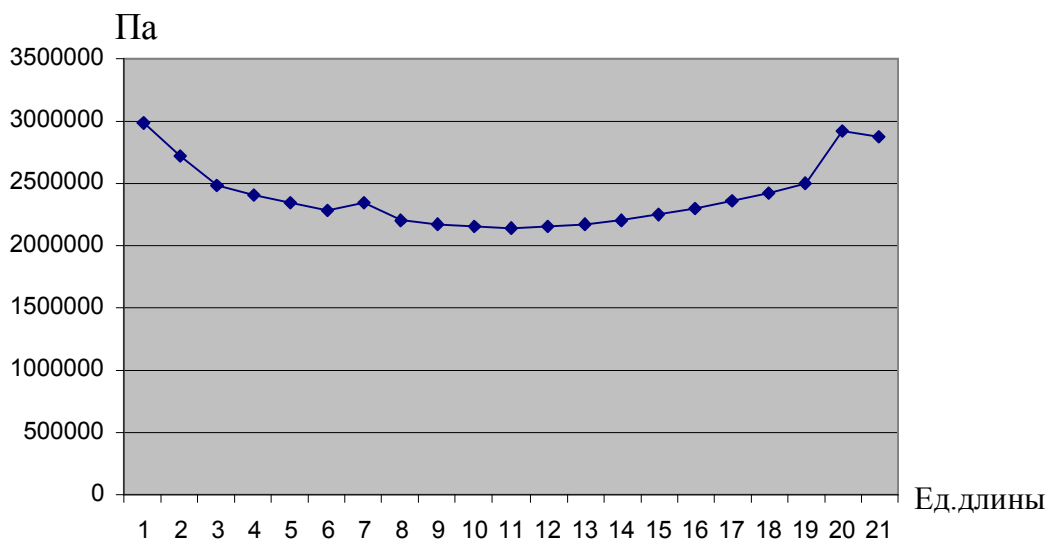


Рис. 5 - Распределение внутреннего напряжения в стыковом соединении

Аналогично действиям, изложенным выше, проведем расчет модели с измененным модулем упругости в центральной части ступени. Он составляет  $10e+006 \text{ Н/м}^2$  (рис. 6).

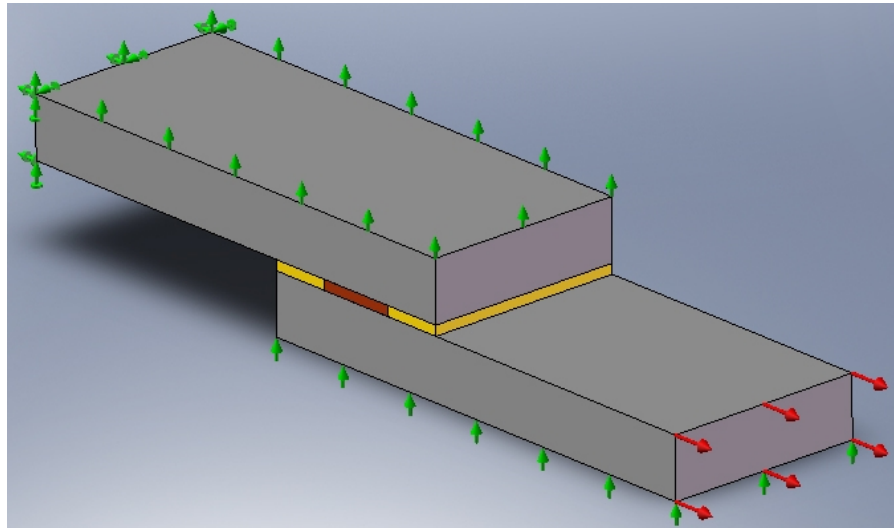


Рис. 6 - Модель в программной среде Solid Works

Проведенные расчеты и получены следующие результаты:



Рис. 7 - Распределение внутреннего напряжения в стыковом соединении

Для более детального изучения характера распределения максимального касательного напряжения были проведены расчеты в программной среде Solid Works с изменением, в средней части клеевого слоя, модуля упругости от  $6e+006$  Н/м<sup>2</sup> до  $11e+006$  Н/м<sup>2</sup>. Модуль упругости на концевых участках клеевого слоя составляет для всех опытов  $6e+006$  Н/м<sup>2</sup>. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Возникающее максимальное напряжение при изменении модуля упругости E по длине

Модуль упругости в средней части стыка, $\text{Н/м}^2 \times 10^6$	Максимальное касательное напряжение, $\text{Н/м}^2 \times 10^6$
6	2.92
7	2.81
8	2.74
9	2.69
10	2.82
11	2.95

Из полученных данных установлена зависимость максимального касательного напряжения от модуля упругости в центральной части стыкового соединения, которая приведена на рисунке 8.

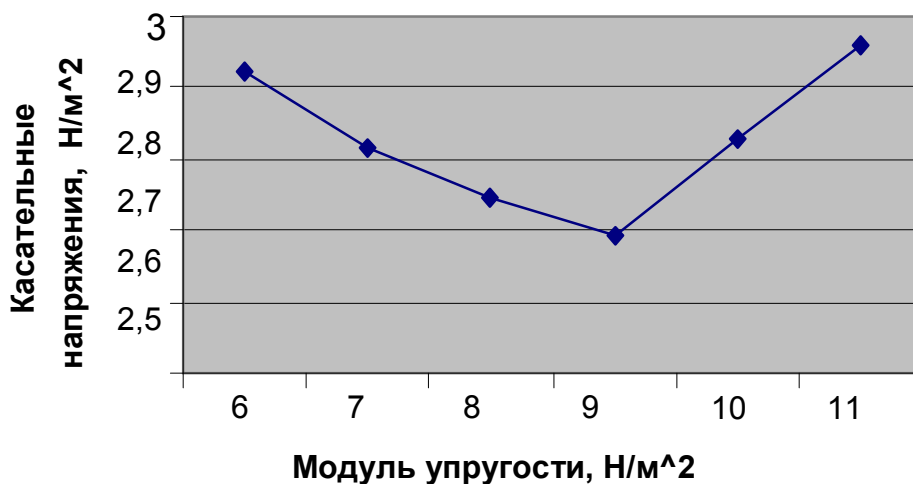


Рис. 8 - Изменение максимальных касательных напряжений

Из полученных результатов следует, что, в случае обеспечения изменения модуля упругости в центральной части, например для клеевого слоя с модулем упругости от  $6\text{e}+006 \text{ Н/м}^2$ , до  $9\text{e}+006 \text{ Н/м}^2$  можно снизить внутреннее максимальное касательное напряжение на 8%.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** В случае обеспечения изменения модуля упругости в центральной части, например для клеевого слоя с модулем упругости от  $6\text{e}+006 \text{ Н/м}^2$ , до  $9\text{e}+006 \text{ Н/м}^2$  можно снизить внутреннее максимальное касательное напряжение на 8%, а стало быть повысить прочность стыкового соединения. Это можно обеспечить в случае изменения модуля упруго-

сти, приведенном на рисунке 1 в). Пути практической реализации переменного модуля по длине ступени является направлением дальнейших работ.

Список источников:

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

*Стаття надійшла до редколегії 29.04.2011*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. «Теоретична механіка» ДонНТУ В.Б.Малєєв*

***А.Я. Грудачев, Д.В. Левчик. Вплив зміни модуля пружності клейового шару по довжині стику на його міцність. Досліджено закономірність накопичення напружень стрічки за критерієм відношення модуля пружності клейової плівки та внутрішнього дотичного напруження.***

**конвеєр, cosmosworks, напруга, стик, кут скосу**

***A. Grudachev, D. Levchik. Investigation of the influence of changes in the modulus of elasticity of the adhesive layer along the seam on his strength. Investigated the pattern of stress accumulation belt criterion relations modulus adhesive film and the emerging internal shear stress.***

**conveyer, cosmosworks, joint, corner of slant**

© Грудачев А.Я., Левчик Д.В., 2011