

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА ВОЗНИКАЮЩИЕ КАСАТЕЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В КЛЕЕВОМ СТЫКЕ

Левчик Д.В., студент,
Донецкий национальный технический университет

Исследовано влияние растягивающего усилия, коэффициента Пуассона, модуля Юнга и длины клеевой пленки на возникающие внутренние напряжения.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Лента является основным и наиболее дорогим, но наименее долговечным элементом ленточного конвейера. Стоимость ее составляет около половины общей стоимости конвейерной установки, а высокие амортизационные отчисления на ленту являются немаловажным фактором, определяющим область применения и экономическую эффективность конвейерного транспорта. Поэтому правильный выбор конструкции и характеристик ленты наряду с обеспечением надлежащих условий ее эксплуатации, с чем связано удлинение сроков службы ленты, имеет существенное значение [1].

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.

Изложение материала и результаты. Всю длину клеевого стыка представим за единицу – т.е. за 100%. Начало отчета соответственно будет братья от нуля (рис. 1). Распределенная нагрузка приложена со стороны конца длины клеевой прослойки.

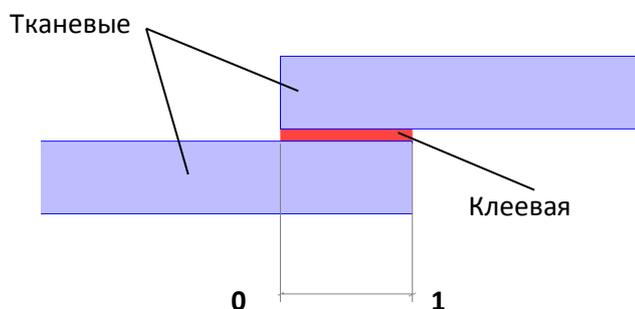


Рисунок 1 – Длина клеевой пленки

Значения были взяты по отношению к критическому сечению в клеевом стыке – среднему сечению, на краях которого расположено

максимальные значения узловых напряжений. Так же следует отметить, что внутренние напряжения в эпюре напряженно - деформированного состояния не могут расти до бесконечности. Для этого в графики была введена величина σ_n – предел прочности межпрокладочной клеевой пленки, Н/мм². При значении меньше чем σ_n прочность стыка по клеевому соединению будет обеспечена [2].

Зависимость внутренних напряжений от величины приложенной растягивающей нагрузки. Растягивающая нагрузка – это один из основных факторов, влияющих на внутренние напряжения в клеевом стыке резинотканевой конвейерной ленте. В реальных условия эта нагрузка представляется как среднее значение натяжения ленты в каждой точке по длине контура. Зависит от ее первоначального натяжения, от величины и направления действия сопротивлений движению ветвей ленты. Эти нагрузки принято считать постоянными [1]. Для нашего расчета было выбрано 3 величины нагрузок: $P = 50$ Н/м², $P = 100$ Н/м² и $P = 150$ Н/м². Остальные переменные исследования оставались на нулевом уровне: $\nu = 0,49$, $E = 6,1$ МПа, $L_2 = 10$ мм, $h_1 = 1$ мм. Результаты всех трех расчетов были занесены в график, приведенный на рисунке 2.

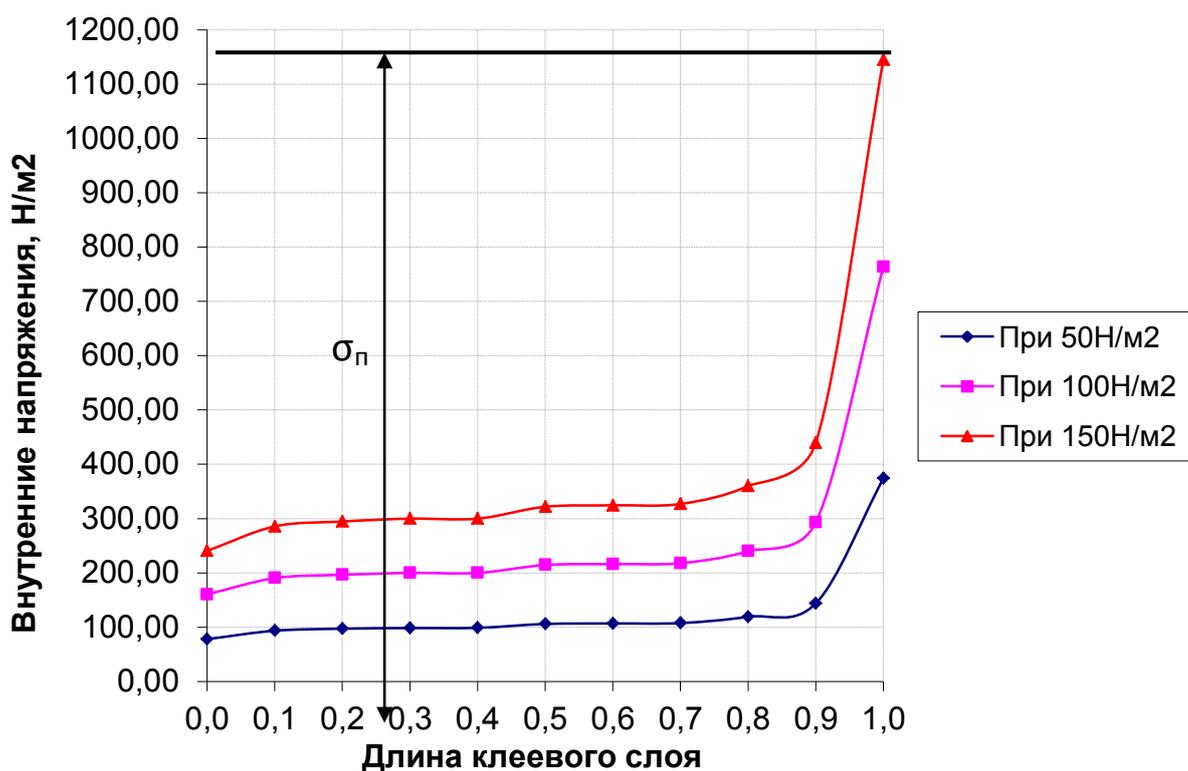


Рисунок 2 - График распределения внутренних напряжений по длине клеевого слоя

На основании полученных данных приведенных на рисунке 2 можно судить о линейном возрастании внутренних напряжений от

приложенной к исследуемому образцу распределенной нагрузки, т.е. чем больше нагрузка – тем больше получаемое значение. Этот показатель дает возможность прогнозирования возможного порыва ленты при взаимодействии на ее внешних факторов: рывков, ударов и т.п.

Зависимость внутренних напряжений от относительного коэффициента Пуассона. Коэффициент Пуассона характеризует упругие свойства материала. При приложении к телу растягивающего усилия оно начинает удлиняться (то есть длина увеличивается), а поперечное сечение уменьшается. Коэффициент Пуассона показывает, во сколько раз изменяется поперечное сечение деформируемого тела при его растяжении или сжатии. Для абсолютно хрупкого материала коэффициент Пуассона равен 0, для абсолютно упругого — 0,5. Для большинства сталей этот коэффициент лежит в районе 0,3, для резины он примерно равен 0,49 (Измеряется в относительных единицах (мм/мм, м/м)).

$$\nu = -\frac{\varepsilon_{trans}}{\varepsilon_{axial}} = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y};$$

где ν - коэффициент Пуассона;

ε_{trans} - деформация в поперечном направлении (отрицательный для осевого растяжения, положительный для осевого сжатия);

ε_{axial} - продольная деформация (положительный для осевого растяжения, отрицательный для осевого сжатия).

В ходе работы было произведено три расчета исследуемой модели. В расчетах мы изменяли значения данного коэффициента: $\nu = 0,485$; $\nu = 0,49$ и $\nu = 0,495$. Остальные переменные исследования оставались на нулевом уровне: $P = 100 \text{ Н/м}^2$, $E = 6,1 \text{ МПа}$, $L_2 = 10 \text{ мм}$, $h_1 = 1 \text{ мм}$. Для упрощения представленных результатов был введен относительный коэффициент Пуассона, показывающий отношение значения этого коэффициента прокладки и клеевой пленки:

$$\Delta = \frac{\mu_{\nu \delta}}{\mu_{\nu \delta}};$$

На основании полученных результатов на эпюре напряженно-деформированного состояния ленты по среднему, критическому для данной модели, сечения были взяты количественные значения результирующей и построен график распределения внутренних напряжений от длины клеевого слоя, приведенный на рисунке 3.

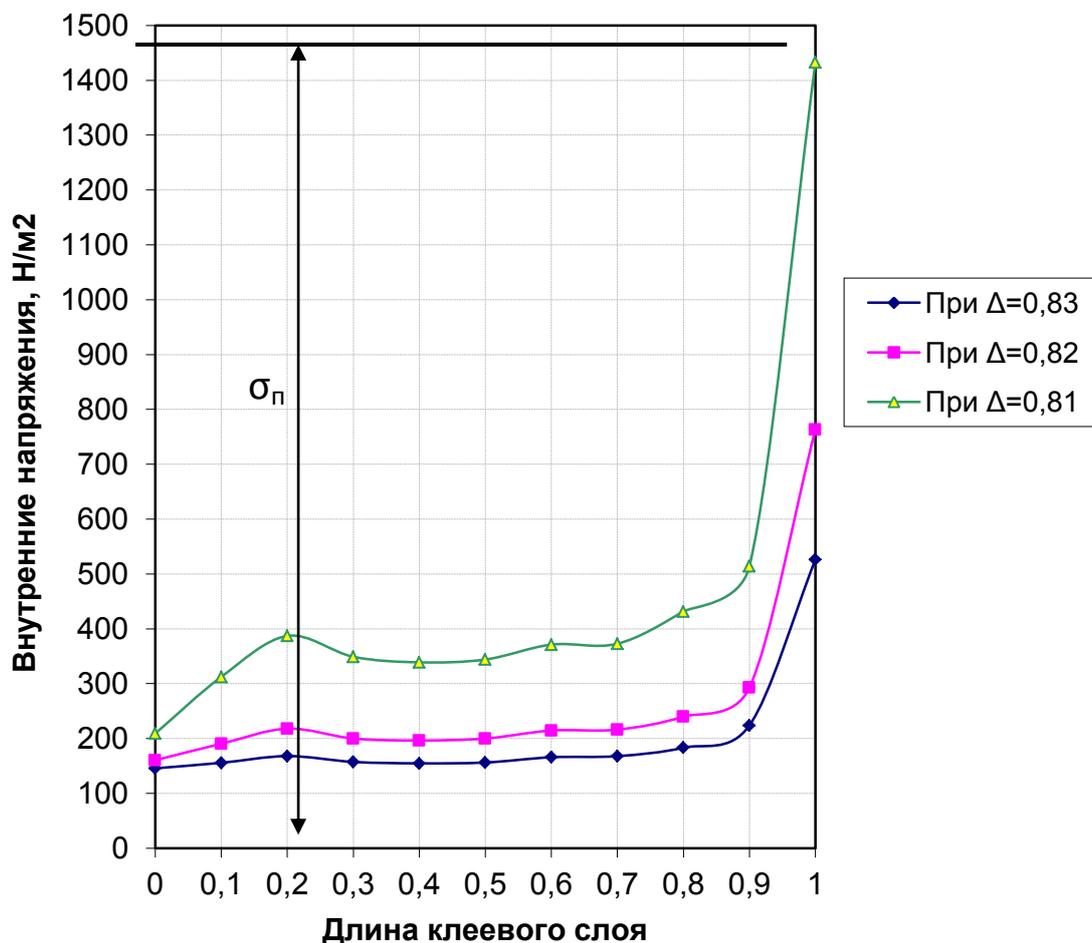


Рисунок 3 - График распределения внутренних напряжений по длине клеевого слоя

Из графика на рисунке 3.3 следует, что зависимость, при которой уменьшение относительного коэффициента Пуассона Δ , приводит к росту значений внутренних напряжений клеевой пленки стыка конвейерной ленты. Данный параметр возможно регулировать за счет химического состава клея, а также его компонентов.

Зависимость внутренних напряжений от модуля Юнга клеевой пленки. Под влиянием внешних сил тела в той или иной степени деформируются, т. е. изменяют свою форму и объем. При деформации молекулы тела смещаются, и тело выводится из состояния равновесия, в котором оно находилось первоначально. При этом вследствие взаимодействия молекул в теле возникают силы, стремящиеся вернуть его в состояние равновесия. Эти силы действуют на каждый элемент поверхности некоторого объема тела

со стороны окружающих его частей. Давление, возникающее в теле при деформации, обычно называют внутренним напряжением.

Модуль Юнга рассчитывается следующим образом:

$$E = \frac{F/S}{x/l} = \frac{F \cdot l}{S \cdot x};$$

где E — собственно модуль упругости, Па;

F — сила, Н;

S — площадь, на которую действует сила, м²;

l — длина деформируемого стержня, м;

x — удлинение/укорочение стержня в результате упругой деформации.

Для построения графика зависимости было взято 3 значения модуля упругости: $E = 5,2$ МПа; $E = 6,1$ МПа и $E = 7$ МПа. Остальные переменные исследования оставались на нулевом уровне: $\nu = 0,49$, $P = 100$ Н/м², $L_2 = 10$ мм, $h_1 = 1$ мм. Были произведены расчеты и получены результаты относительно критической линии клеевого слоя. Данный значения отображены в графике (рис. 4).

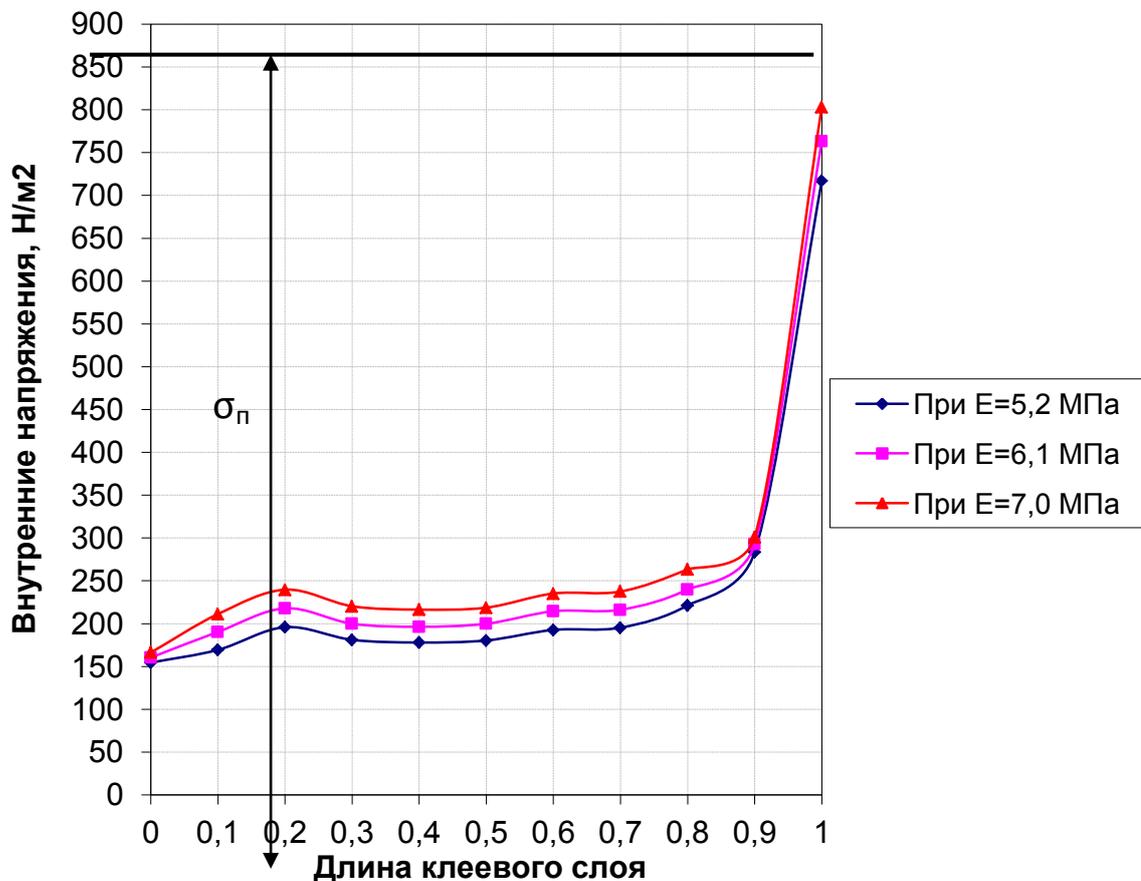


Рисунок 4 - График распределения внутренних напряжений по длине клеевого слоя

Полученные кривые (рис. 4) дают представление об изменении внутренних напряжений от модуля Юнга. Эти значения имеют сравнительно небольшие отклонения, что позволяет судить о малых влияниях данной переменной на исследуемую модель.

Зависимость внутренних напряжений от длины клеевой пленки. Длина клеевого слоя один из очень важных параметров при холодной и горячей вулканизации. Его значение влияет на прочность и габариты стыка.

Для построения графика зависимости было взято 3 значения длины стыка: $L_2 = 10$ мм; $L_2 = 15$ мм и $L_2 = 20$ мм. Остальные переменные исследования оставались на нулевом уровне: $\nu = 0,49$, $P = 100$ Н/м², $E = 6,1$ МПа, $h_1 = 1$ мм. Были произведены расчеты и получены результаты относительно критической линии клеевого слоя. Данные значения отображены на графике, приведенном на рисунке 5.

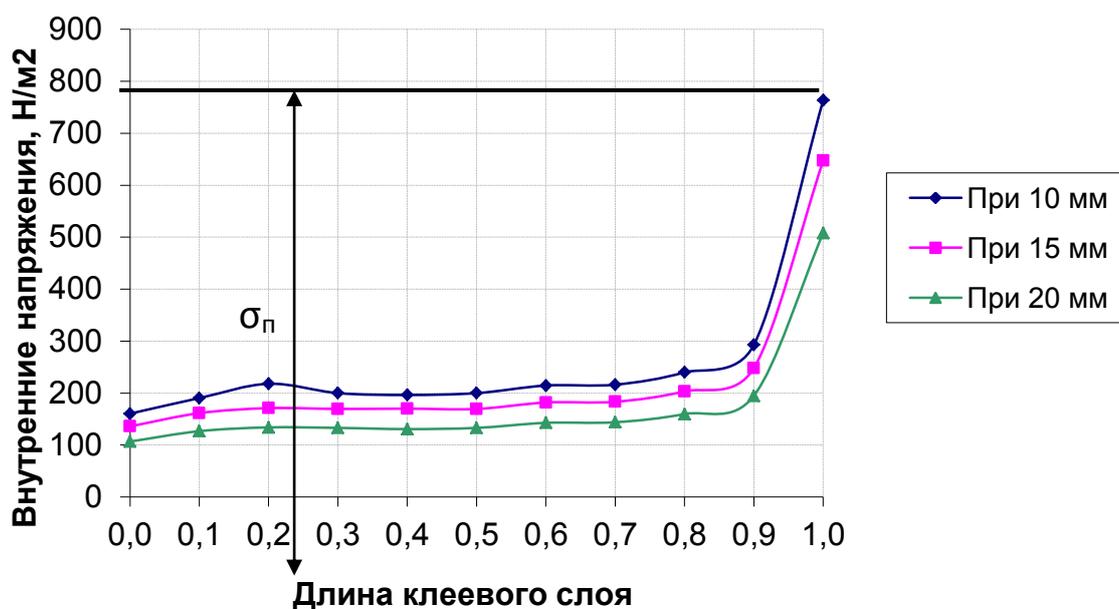


Рисунок 5 - График распределения внутренних напряжений по длине клеевого слоя

На основании полученных данных приведенных на рисунке 5 можно судить о линейном изменении внутренних напряжений от варьирования длиной клеевого слоя, т.е. чем больше это значение – тем меньше результирующая. Но на практике, это не так. Стоит отметить, что, исходя из научных исследований, распределение напряжений по длине клеевой пленки не линейно. И существует максимальная значение данного параметра, при котором дальнейшее

увеличение размеров стыка не оказывает влияния на рост напряжений. Для подтверждения данной теории было проведено дополнительно следующие опыты: со значением нахлеста от 10 до 80 мм. Результаты данного исследования представлены на графике зависимости внутренних напряжений от длины стыка, представленном на рисунке 6.

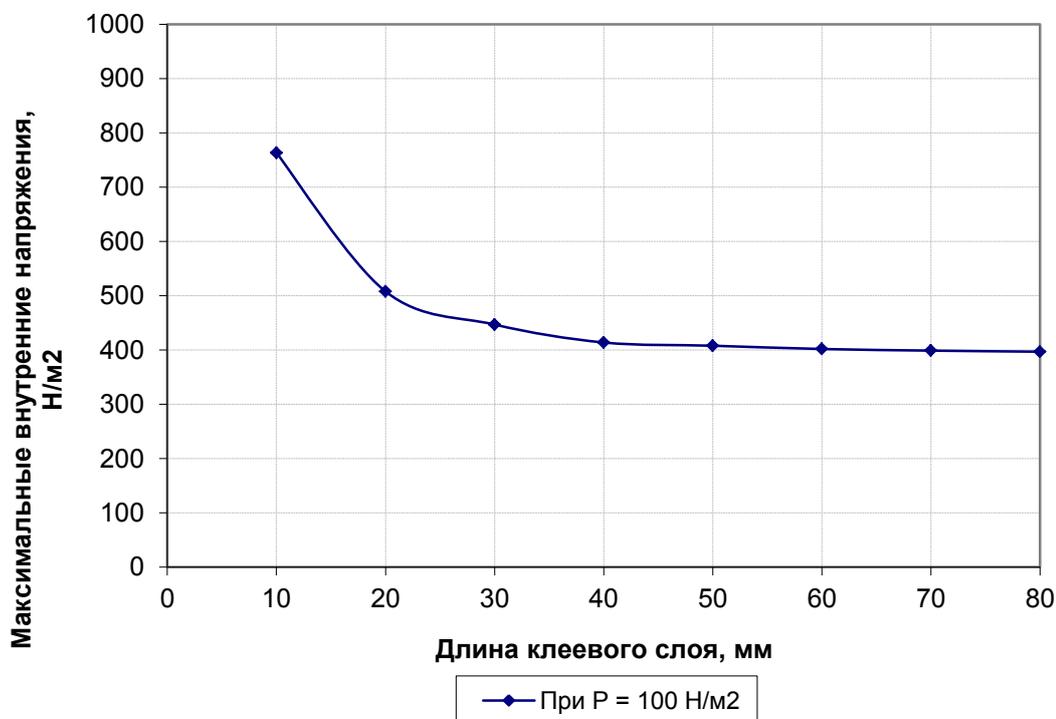


Рисунок 6 – График зависимости внутренних напряжений от длины стыка

Из графика на рисунке 6 следует, что увеличение нахлеста в исследуемой системе свыше 50 мм не приносит упрочнения стыка. Это обусловлено неравномерностью распределения внутренних напряжений по клеевой пленке.

Выводы и направления дальнейших исследований

Основными результатами данной работы являются:

- зависимость внутренних напряжений от растягивающей нагрузки в стыковом соединении имеет линейный характер,
- уменьшение относительного коэффициента Пуассона Δ приводит к росту значений внутренних напряжений клеевой пленки стыка,
- изменение модуля Юнга приводит к незначительному изменению внутренних напряжений в стыке,
- увеличение нахлеста свыше 50% мм от ширины ленты не приносит упрочнения стыка.

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. Алямовский А.А. SolidWorks/CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.: ил.