

УДК 621.867.22

Грудачев А.Я., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

Гутаревич В.О., доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ НА РАЗРЫВ СТЫКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Аннотация: В статье приведены результаты экспериментальных исследований клеевого соединения ленты конвейера на разрыв. Дано описание стенда и порядок проведения замеров деформации стыка во время его разрыва. Выявлены зоны стыка с неравномерным распределением разрывного усилия и установлены значения относительного удлинения для каждой зоны.

Ключевые слова: конвейер, лента, стыковое соединение, разрывное усилие, деформация.

Постановка проблемы. Современный ленточный конвейер имеет бесконечно замкнутый тяговый орган, состоящий из нескольких отрезков. Их количество определяется длиной конвейера. Между собой отрезки тягового органа – конвейерной ленты, стыкуются механическим способом, горячей вулканизацией или склеиваются. Во время работы образуемые стыки являются кинематическими возмущениями, формирующими дополнительные нагрузки на роlikоопоры и барабаны ленточного конвейера, усложняют процесс передачи тягового усилия конвейерной ленте, а также ее очистку от налипшего материала. При этом возникает важная проблема, связанная с обеспечением прочности на разрыв стыкового соединения, поскольку практически всегда она ниже прочности отрезка конвейерной ленты. Именно на стыках или рядом с ними чаще всего происходят порывы тягового органа, приводящие к авариям на конвейерном транспорте.

Анализ последних публикаций по теме исследований показывает, что в этом направлении проводился ряд работ. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния резиноканевой конвейерной ленты с механическим стыком при изгибе на обводных барабанах приведены в

работах [1, 2]. В статье [3] предлагаются методы стыковки конвейерных лент, применяемые на ОАО «Курскрезинотехника», а также представлены преимущества каждого способа стыковки. Влияние параметров стыка резинотросовой ленты на его прочность рассмотрено в работах [4, 5]. Технические усовершенствования на конвейерном транспорте, а также способ соединения конвейерных лент с помощью пластин, которые соединяются между собой болтами приведены в статье [6]. В работе [7] выявлены основные причины, вызывающие износ и неисправности механических соединений и даны рекомендации по улучшению условий их эксплуатации. Оценка показателей надежности резинотросовых конвейерных лент по результатам неразрушающего контроля и алгоритм расчета прочности стыков резинотросовых лент приведены в статье [8]. Исследования [9] посвящены обоснованию параметров нагревательных плит шахтных переносных вулканизационных прессов с целью снижения неравномерности температурного поля. Новые способы стыковки механическими соединителями конвейерных лент, обеспечивающие безопасную работу конвейера приведены в статье [10]. В работах [11, 12] выполнена оценка прочности конвейерных лент с учетом стыковых соединений. Настоящая статья является продолжением указанных исследований стыков резинотканевой конвейерной ленты.

Выделение ранее нерешённой части проблемы. Из проведённого анализа следует, что несмотря на большой объем работ, остаются не исследованными процессы разрыва стыка конвейерных лент. Обобщить ранее полученные сведения и дать рекомендации по выбору рациональных параметров стыка является затруднительным. При этом требуется экспериментальное исследование процесса разрыва стыка конвейерной ленты.

Цель работы заключается в разработке и апробации методики испытаний на разрыв стыкового соединения ленты для установления зависимостей деформаций стыка от нагрузки.

Изложение основного материала. Для проведения испытаний использовалась горизонтальная разрывная машина лаборатории конвейерного

транспорта МакНИИ, которая дополнительно оборудовалась специальной металлоконструкцией и измерительной аппаратурой. Общий вид стенда для испытаний на разрыв стыков конвейерной ленты показан на рис.1.



Рис. 1. Общий вид стенда для испытаний на разрыв стыков конвейерной ленты

Процесс разрыва стыка регистрировался на две видеокамеры «Panasonic» со скоростной съемкой и дистанционным управлением. Одна видеокамера устанавливалась над образцом ленты, а другая – регистрировала показания динамометра. При этом запись велась синхронизировано и ее начало обеспечивалось за счет подачи светового импульса и регистратора.

Перед началом испытаний на образце наносились тонкие линии, образующие координатную сетку (рис.2). На стыках образовывалась косая

сетка с шагом 250 мм, проходящая по границам ступеней. Погрешность нанесения сетки составляла до ± 1 мм.



Рис. 2. Пример нанесения координатной сетки на испытываемый стык
конвейерной ленты

Во время испытаний производилась видеозапись процесса. Затем из полученного видео извлекались отдельные кадры, начиная от начальной кончая конечной точки отсчёта. Для каждого замера выделялось девять кадров. Эти кадры импортировались в графический редактор, где расстояния между линиями сетки показывались в относительных единицах, что позволяло произвести измерения вдоль или поперек стыка и построить компьютерную модель координатной сетки.

Для определения относительного удлинения стыка E_1 использовалась модель координатной сетки, приведенная на рис. 3. Линии координатной сетки, проходящие вдоль конвейерной ленты, обозначались как A, B, C, D и E . Место приложения растягивающего усилия на модели указывалось буквами S .

Измерения деформации стыков проводилось при растягивающих усилиях S от 2 до 65 кН. Указанные значения уславливались на основании методик [13, 14]. При этом диапазон изменения S позволял производить восемь замеров координатной сетки. В момент достижения $S = 65$ кН происходил порыв стыка.

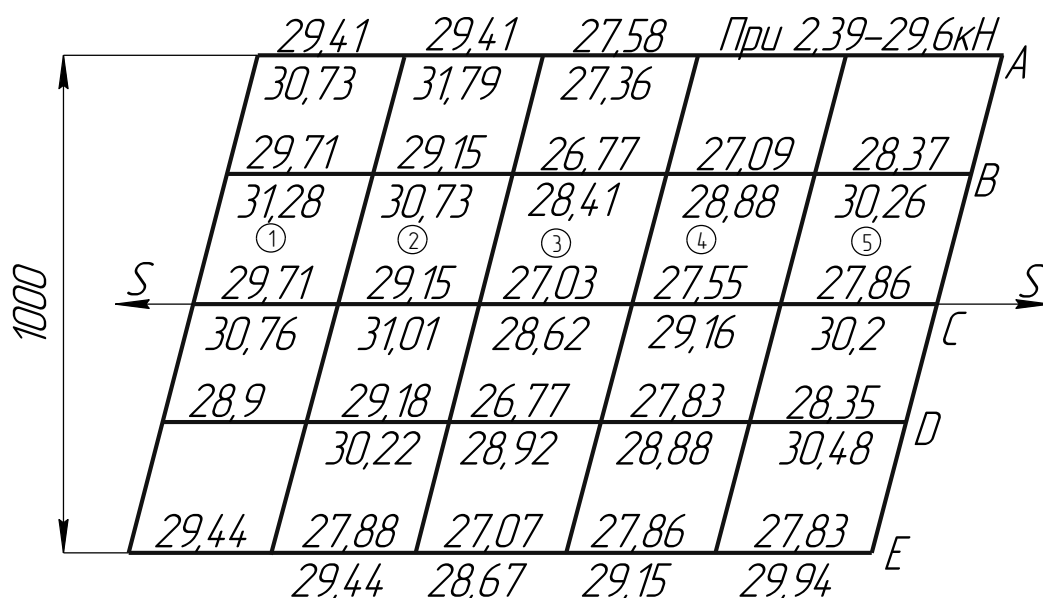


Рис. 3. Модель координатной сетки стыка конвейерной ленты в масштабных единицах

Таким же на сетке выделялись пять зон (ступеней), номера которых показаны в кружочках и определялось относительное удлинение всех пяти ступеней E_2 . Затем результаты координатных сеток переводились в абсолютные единицы. По результатам обработки построена зависимость относительного удлинения E_1 стыка в целом по линиям A, B, C, D, E (рис. 4) и относительное удлинение E_2 с первой по пятую ступени в процессе растяжения стыка (рис. 5).

Из рис. 4 следует, что стык в целом растягивался практически равномерно по его ширине и разброс E_1 не превышает 3...5%, а значит разрывная машина обеспечивает равномерный зажим ленты. Из рис. 5 видно, что относительное удлинение E_2 с 1-й по 4-ю ступени имеет разбег 2...3%, а 5-я ступень имеет наибольшее относительное удлинение. На этой ступени происходит порыв стыка.

При испытании стыка установлено, что средние значения относительного удлинения в момент порыва стыка, а следовательно, и деформаций растяжений для зон, соответствующих с 1-й по 4-ю ступени – 11%, а для 5-й – 15%.

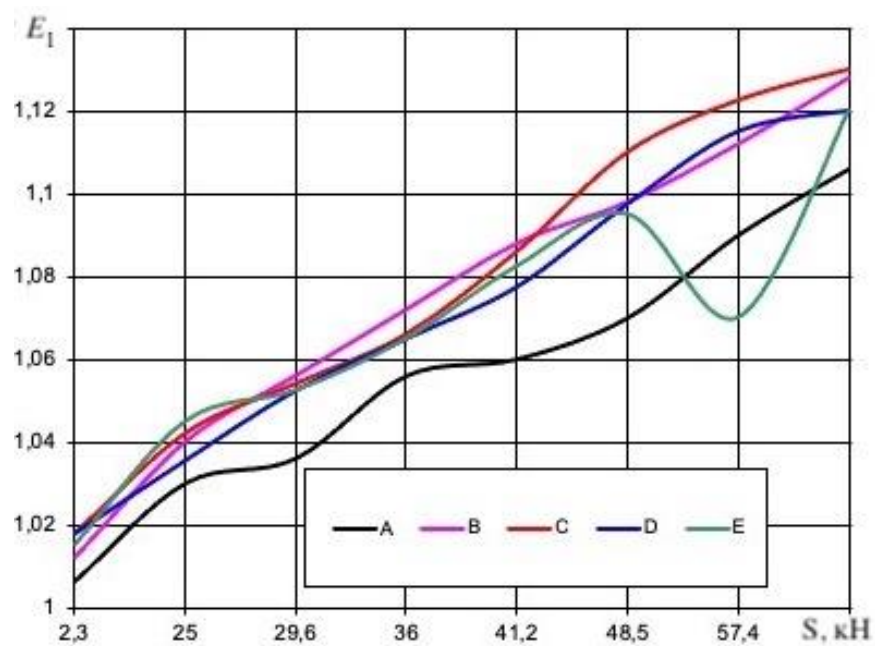


Рис. 4. Относительное удлинение E_1 стыка в целом по линиям А, В, С, D, Е в процессе растяжения

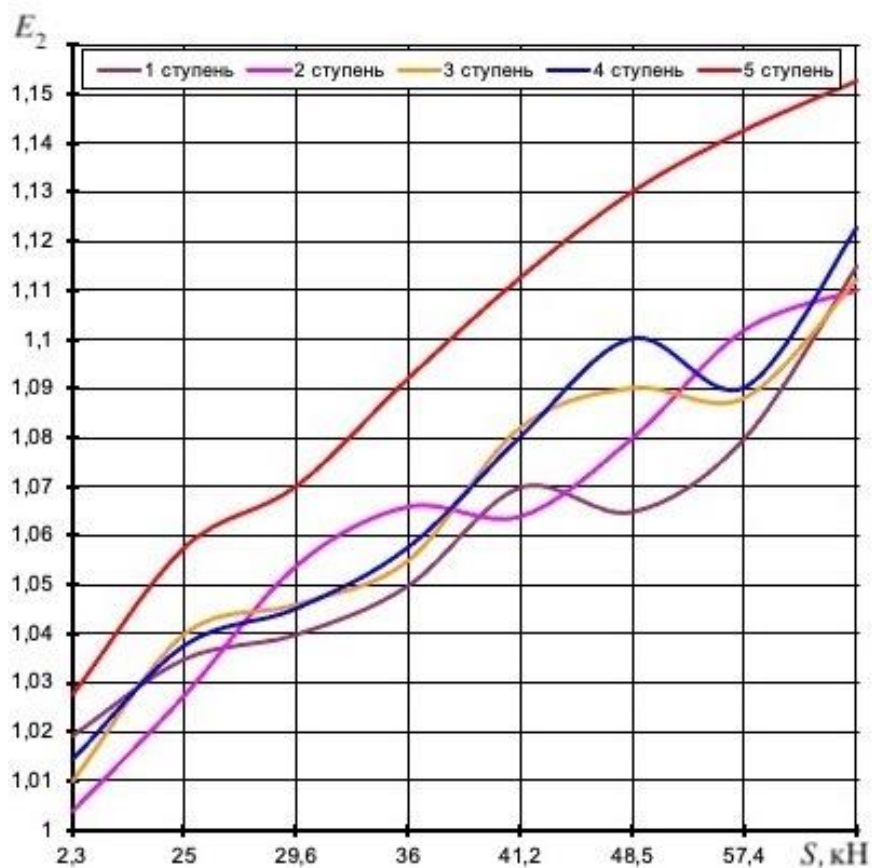


Рис. 5. Относительное удлинение E_2 ступеней 1 - 5 в процессерастяжения стыка

Для оценки достоверности двух вариационных рядов использовался t -критерий, который вычислялся как

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sigma_{cp}},$$

где $\overline{x_1}$ – средняя первого ряда; $\overline{x_2}$ – средняя второго ряда; σ_{cp} – средняя ошибка средних арифметических.

При этом учитывали, если значение критерия t больше 3, то разность между средними значениями рассматриваемых рядов существенна и не обусловлена случайными ошибками. Средняя ошибка средних арифметических при количестве членов в ряду, меньше 50, определялась по формуле:

$$\sigma_{cp} = \sqrt{\frac{(S_1 + S_2) \cdot (n_1 + n_2)}{(n_1 + n_2 - 1) \cdot n_1 \cdot n_2}},$$

где S_1 – сумма квадратов отклонений отдельных значений от средней в первом ряду; S_2 – то же во втором ряду; $n_1 n_2$ – количество членов в соответствующих рядах.

Полученные результаты обработки экспериментальных данных показали, что во всех рядах сетки по горизонтали t -критерий меньше 3. Это говорит о том, что ряды относятся к одной совокупности.

Следовательно, разность между средними значениями рассматриваемых рядов не существенна, а значит, обусловлена случайными ошибками. Так же можно предположить, поскольку разница между средними значениями удлинения отдельных участков сетки по горизонтали меньше 3 средних ошибок, то в этом случае по рассмотренным данным нельзя утверждать, что среднее удлинение отдельных участков сетки по горизонтали, например, первого участка больше, чем второго. Отсюда следует, что гидрозажимы разрывной машины обеспечили надёжный захват концов стыка.

Аналогично сравнению средних величин по горизонтали было произведено сравнение по вертикали.

Обработав полученные результаты эксперимента, можно утверждать, что испытываемый образец стыка тянулся с 1-й по 5-ю ступени неравномерно. При этом наблюдалось не равномерное распределение разрывного усилия, выраженного в качестве критерия совокупности средних величин,

рассматриваемых по вертикальным линиям модели координатной сетки, которое определяется выражением $t < 3$.

Выводы. В ходе испытаний было выяснено что стык в целом растягивался практически равномерно по его ширине и разброс E_1 не превышает 3...5%, а значит разрывная машина обеспечивает равномерный зажим ленты относительное удлинение E_2 с 1-й по 4-ю ступени имеет разбег 2...3%, а 5-я ступень в момент порыва стыка имеет наибольшее относительное удлинение.

При испытании стыка установлено, что средние значения относительного удлинения, а стало быть, и деформаций растяжений, по ступеням составили: с 1-й по 4-ю ступени 11%, а в момент порыва стыка в зоне 5-й ступени относительное удлинение составляет 15%.

Полученные экспериментальные данные целесообразно применять для оценки достоверности теоретических исследований деформированного состояния стыков и разработки рекомендаций по выбору параметров клеевых соединений резиноканевых конвейерных лент.

Список использованных источников

1. Моделирование с применением ANSYS Workbench напряженно-деформированного состояния резиноканевой конвейерной ленты с механическим стыком при изгибе на обводных барабанах / С. В. Корнеев, В. Ю. Доброногова, В. П. Долгих, О. В. Захаров // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – 2020. – № 18(61). – С. 101-109.
2. Корнеев С. В., Доброногова В. Ю., Захаров О. В. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния многорядных механических соединений конвейерных лент с применением программного комплекса ANSYS Workbench // 65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации: Сборник тезисов докладов юбилейной международной

- научно-технической конференции, Алчевск, 13–14 октября 2022 года. Том 2. – Алчевск: Донбасский государственный технический институт, 2022. – С. 27-28.
3. Вакуленко Д. А. Методы стыковки конвейерных лент, применяемые на ОАО «Курскрезинотехника» // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: Электронный сборник статей по материалам IX студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 13 января 2022 года. Том 1 (108). – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2022. – С. 45-51.
4. Герасимов Г. К., Ушаков Е. Н. Влияние параметров стыка резинотросовой ленты на его прочность // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2006. – № 2. – С. 113-116.
5. Герасимов Г. К., Ушаков Е. Н. О прочности вулканизированных стыковых соединений резинотканевых конвейерных лент // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2007. – № 1. – С. 61-64.
6. Папоян Р. Л. Технические усовершенствования на конвейерном транспорте // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № 8. – С. 228-233.
7. Комраков А. Н., Кондрашин А. Ю., Николаев Р. Н. Применение механических соединений для стыковки конвейерных лент на угольных шахтах и промышленных предприятиях России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № S10. – С. 44-55.
8. Оценка показателей надёжности резинотросовых конвейерных лент по результатам неразрушающего контроля / В. Ю. Волоховский, А. Н. Воронцов, В. П. Радин, М. Б. Рудяк // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № S16. – С. 54-77.
9. Мананников П. Н. Обоснование и выбор параметров нагревательных плит шахтных переносных вулканизационных прессов с целью снижения

неравномерности температурного поля: автореф. дисс... канд. техн. наук. – М., 2005. – 20 с.

10. Иванов Л. М. Вопросы по нормам безопасности при эксплуатации механических стыковых соединений конвейерных лент в современных условиях // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 8. – С. 61-63.
11. Ушаков Е. Н., Мерзляков П. Е. К вопросу расчета прочности конвейерных лент с учетом стыковых соединений // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2012. – № 2. – С. 180-182.
12. Шубин А. А., Раевский В. А., Донченко М. В. Исследование напряженно-деформированного состояния стыка конвейерной ленты // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 7. – С. 73-80.
13. Теоретические основы и расчёты транспорта энергоёмких производств / В.А. Будишевский, А.Я. Грудачев, В.О. Гутаревич и др.; под ред. В.П. Кондрахина. – Донецк: ДОННТУ, 2017. – 216 с.
14. Расчеты и проектирование транспортных средств непрерывного действия / А.И. Барышев, В.А. Будишевский, В.О. Гутаревич и др.; под ред. В.П. Кондрахина. – Донецк: ДОННТУ, 2017. – 689 с.

Grudachev A.Ya. candidate of technical Sciences, assistant professor, Donetsk National Technical University;

Gutarevich V.O., doctor of technical Sciences, assistant professor, Donetsk National Technical University.

RESULTS OF TEARING TEST OF CONVEYOR BELT BUTT JOINT

Abstract: The article presents results of experimental studies of the adhesive joint of the conveyor belt at break. Description of stand and procedure for measuring deformation of joint during its rupture are given. The joint zones with uneven distribution of breaking force are identified and the values of relative elongation for each zone are established.

Key words: conveyor, belt, butt joint, breaking force, deformation.