

адекватное увеличение сжатия смеси, что приводит к ускоренному выдавливанию жидкости, содержащейся в отходах натуральных кожевенных материалов.

Таким образом, осуществленная разработка имеет двойной эффект. Во-первых, конструктивный, поскольку указанная разработка позволяет осуществить реализацию технологии рециклинга отходов. Во-вторых, экологический, который связан в основном с переработкой ранее не утилизируемых отходов пенополиуретана, а также менее проблематично перерабатываемых отходов кожевенных материалов. Правда, с точки зрения рециклинга отходов натуральных кож, последние используются наименее рациональным способом – просто как наполнитель. Их применение объясняется одной простой причиной, а именно тем, что объемы кожевенных отходов на обувных предприятиях наибольшие по сравнению с иными видами отходов и их требуется как-то перерабатывать. Тем не менее именно данная разработка позволяет предприятию эффективно утилизировать наименее используемые отходы, принося экономический эффект при рециклинге достаточно небольших объемов порядка 20 тонн отходов в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буркин А.Н., Матвеев К.С., Смелков В.К. Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска. – Витебск, ВГТУ, 2000. – 118 с.;
2. Буркин А., Матвеев К. Рециклинг отходов обувной промышленности // В мире оборудования.- 2002.-№ 5(22).- с.26-27.;
3. Матвеев К.С., Солтовец Г.Н., Буркин А.Н., Новиков А.К. Технология рециклинга полиуретанов интегральной структуры// БЕЛОРУССКО-ПОЛЬСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР./ Тезисы докладов.- Брест, БГТУ, 2002.-с. 148-149.;
4. Заявка РБ u20040001, С 08G 18/00, Экструдер для рециклинга отходов кожевенных материалов/ К.С.Матвеев, А.К.Новиков, А.Н.Голубев, П.В.Станкевич, П.М.Фомин (BY).- № u20040001.

УДК 621.85.052.44

А.Т.Скойбеда, А.Г.Баханович, И.Г.Баханович

ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВАННЫХЗУБЧАТЫХ РЕМНЕЙ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Основным мероприятием, позволяющим повысить несущую способность стандартных трапецеидальных зубьев ремней, является их армирование. Различают микро- и макроармирование. Поскольку в общей массе отказов зубчатых ремней преобладают износ их профиля и усталостное разрушение, армирующие элементы располагают таким образом, чтобы препятствовать распространению в материале зубьев деструктивных факторов.

Микроармирование сводится к замене части объема зуба, изготовленного из стандартной резины или полиуретана каким-либо композитом на каучуковой или иной полимерной основе. Такой композит обычно содержит отрезки рубленых стеклянных, вискозных или металлических волокон, обработанных для повышения адгезии с основой специальными составами. Отрезки обычно имеют длину 0,5...2 мм.

Исследования усталостной прочности зубьев, изготовленных из резины, армированной неориентированными отрезками вискозного волокна, пропитанных

латексом Л-19ф показали, что по этому показателю подобные ремни превосходят свои серийные аналоги на 50% [1].

Результаты анализа напряженно-деформированного состояния зубьев ремней свидетельствует о том, что наиболее нагруженной является примерно 1/3 их объема. При этом сдвигающие напряжения локализуются у боковой грани. Таким образом, признано целесообразным армировать не весь зуб, а лишь его периферийные участки [2]. Для повышения гибкости ремня, участок армированной резины выполняется с дугообразным углублением [3]. Повышение эффективности армирования в этих ремнях достигается путем придания отрезкам волокон определенного направления, близкого к направлению действия на зуб ремня сдвигающих сил.

Несмотря на свои преимущества, ремни, армированные волокнами, не нашли пока широкого распространения. Прежде всего, это следует связать с отсутствием эффективной технологии их изготовления. Лишь в последнее время разработан ряд методов [4], позволяющих получить требуемую конфигурацию и размеры армирующих слоев.

Более эффективно на долговечность зубьев ремня влияет макроармирование. Наиболее простой его реализацией является оснащение зубьев ремня дополнительным слоем обкладочной ткани [5]. Ремни с двойной обкладочной тканью позволяют передавать в 1,35 раза большее окружное усилие по сравнению с обычным ремнем с однослойным покрытием при долговечности порядка 10^7 циклов, и в 1,25 раза при долговечности 10^8 циклов.

Известны конструкции зубчатых ремней с армирующими вкладышами в зубьях. Такие вкладыши располагают вдоль зуба ремня вблизи кордшнуров. Количество вкладышей в каждом зубе может варьироваться от 1 до 3, однако, наиболее благоприятное заполнение ими материала зуба наблюдается при их попарном расположении [6]. Для снижения концентрации напряжений у основания зубьев вкладышам может придаваться форма, соответствующая профилю зубьев ремня [7]. С этой же целью арматура может размещаться в местах наибольшей локализации напряжений [8].

Следует отметить, что подобные конструктивные решения в значительной мере утяжеляют ремень, увеличивается также его изгибная жесткость. Основным же недостатком является то, что при передаче окружного усилия наблюдается появление значительных сдвигающих напряжений в сравнительно тонком слое эластомера, расположенного между кордшнуром и арматурой. Более развитой поверхностью контакта с несущим кордшнуром и меньшей массой обладает арматура в виде спиральных пружин, расположенных вдоль зуба ремня между витками его кордшнура, а также специально изогнутая проволока различной конфигурации [9,10].

Полное устранение вышеназванного недостатка достигается в конструкциях ремней с механическим креплением арматуры к несущему кордшнуру или с непосредственной связью последних. Зубчатые ремни такого типа представляют собой ленту с отверстиями над зубьями, а арматура снабжена резьбовыми отверстиями [11]. Известны также ремни с провинчиваемыми зубьями, выполненными из износостойкого материала [12]. Несмотря на свои преимущества, к которым можно отнести высокую долговечность, ремонтпригодность и др., подобные ремни не получили широкого распространения из-за своей нетехнологичности и трудоемкости обслуживания в процессе эксплуатации. Определенным недостатком можно считать также то, что отверстия под болты в ленте являются концентраторами напряжений, наличие которых не позволяет задавать высокие значения натяжения ветвей.

Авторы [13,14] предлагают зубчатые ремни с несущим слоем в виде тонких (0,08...0,12 мм) металлических лент. Реализация непосредственной механической связи

арматуры с несущим слоем достигается путем пробивки и отгибания в теле зуба ремня лепестков разнообразной формы. Такие ремни обладают высокой продольной жесткостью $E\Gamma$, а их зубья имеют наивысшую, по сравнению с рассмотренными выше конструкциями, усталостную прочность [15]. К недостаткам ремней с кордом в виде металлической ленты следует отнести их повышенную изгибную жесткость. Для компенсации ее влияния требуется либо сплошная перфорация ленты, либо повышенное натяжение ремня. И то, и другое ведет к снижению долговечности самого ремня и других деталей передачи (валов, подшипников). Не исключается также ухудшение других эксплуатационных показателей, например, виброактивности привода и его к.п.д.

Иной подход предлагают авторы ремня с поперечными армирующими стержнями, обмотанными через определенные интервалы петлями несущего кордшнура [16]. В этом ремне высокая продольная жесткость сочетается с незначительной изгибной жесткостью кордшнуров. По показателю изгибной жесткости такой ремень не отличается от серийных неармированных аналогов. В то же время достигается непосредственная связь между кордшнуром и арматурой зуба. Практически окружное усилие с арматуры передается сразу на витки кордшнура, минуя промежуточные элементы. Однако, подобный ремень не получил широкого распространения из-за своей нетехнологичности, вытекающей из разного направления навивки петель кордшнура, охватывающих арматуру.

Основной недостаток ремней с пружинным армированием – отсутствие жесткой связи арматуры и несущего корда – полностью устранен у ремней с втулочно-петлевым армированием (ВПА), разработанных в Белорусском национальном техническом университете (рис.1).

Все петли продольно навитого корда 1, охватывающие втулки 2, размещенные вдоль зубьев 3 ремня имеют одно направление навивки [17]. Последняя конструктивная особенность обеспечивает достаточно высокую технологичность процесса сборки заготовок ЗР и позволяет осуществлять армирование ЗР с $t > 10$ мм. Изготовлены опытно-промышленные партии ЗР с ВПА, имеющие шаг зубьев 50,8 мм. Как видно из рис.1 окружное усилие с зубьев ремня передается корду без возникновения в массиве ЗР сдвигающих напряжений. При этом прочность зубьев ЗР определяется не механическими свойствами эластомера или прочностью его адгезии к корду, а показателями кордшнура.

Улучшенные разновидности ЗР с ВПА представлены на рис.2 [18,19,20]. В частности, более надежная фиксация армирующих втулок в массиве зуба ремня достигается двойным и более петлеобразованием троса на втулках. Осевое смещение петель троса при сборке заготовки ремня исключается в ремнях, оснащенных резьбовыми втулками, при этом направление резьбы на втулках соответствует направлению намотки петли троса, а сама петля троса размещается между витками резьбы. Втулки можно также выполнять со шлицевыми участками, чередующимися с гладкими. При этом для улучшения сцепления втулки с эластомером зуба на ее шлицевые участки надеваются перфорированные пластины, соответствующие профилю зуба, а на гладких участках между пластинами размещаются петли троса.

Разработаны также конструкции с регулируемым шагом зубьев [20], осуществляемым путем разжатия разрезанных по образующей армирующих втулок, охваченных петлями троса. Петли троса могут также быть расположены в плоскости тела ЗР, при этом сквозь втулки пропускаются крепежные детали для присоединения зубьев ремня [21].

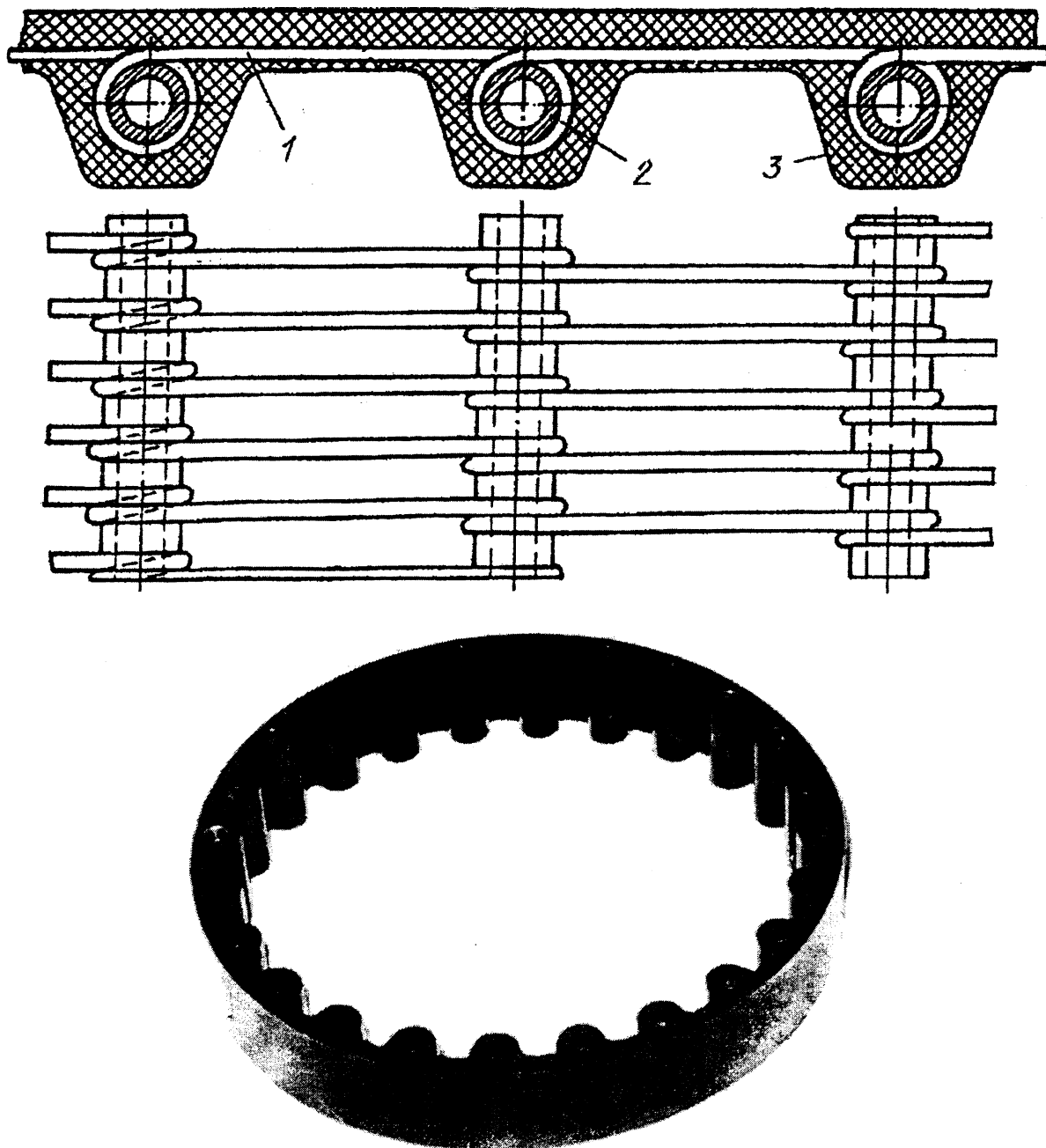


Рис.1. Зубчатый ремень с втулочно-петлевым армированием (ВПА)
1- корд; 2 – втулки; 3 – зубья ремня

Ремень с уравновешенным осевым усилием содержит кордшнур с различным направлением навивки, симметрично расположенный у противоположных торцов ЗР [22]. Ремни, содержащие ВПА, могут иметь зубья с двух сторон. При этом соседние зубья с одной стороны ремня обернуты петлями одного направления, благодаря чему ремень не подвержен расслаиванию [23].

Другие способы повышения долговечности ЗРП заключаются в армировании деформируемых частей зубьев [24], применении металлокорда в виде тросов, шаг скрутки которых не кратен шагу зубьев $z_{ш}$, что исключает местное нагружение проволок корда [25,26].

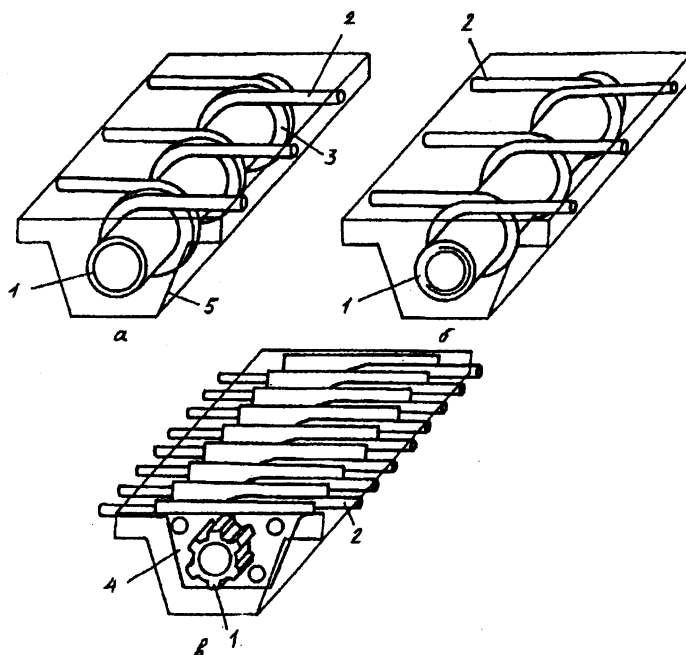


Рис.2. Разновидности ремней с ВПА: а - с двойными петлями троса на втулках; б - с резьбовыми втулками; в - со шлицевыми втулками и перфорированными пластинами; 1 - втулка; 2 - трос; 3 - петли троса; 4 - перфорированные пластины; 5 - зуб ремня

ЛИТЕРАТУРА

1. Никончук А.Н., Шпилевский В.И. Усталостная прочность зубьев зубчатых ремней/ Бел. политехн. ин-т. - Минск, 1989. - 16с. - Деп. во ВНИИТЭМР 19.10.89, №286-МШ89; 2. Пат. №2149927 (Великобритания), МКИ³ F16G1/28, 1985. Belt construction and method of making the same; 3. Заявка №56-48021 (Япония), МКИ³ F16G1/28, 1981. Зубчатый ремень. 4. А.с. №1426835 (СССР), МКИ³ B29D29/08. Способ изготовления зубчатых ремней и устройство для его осуществления/ Никончук А.Н., Козачевский Г.Г., Бондаренко А.Г. и др. Бел. политехн. ин-т.- заявл. 18.11.86, опубл. 30.09.88. Бюл. №36; 5. Cicognani M. Zur Anvengung von Zahnriemen fur den Antrieb// Motor-technische Zeitschrift. - 1978, vol.39. - №12. - p.551-556; 6. Пат. №3772929 (США), МКИ³ F16G5/00. Cog-belt and method for its production/ Redmond John D. - заявл. 14.10.71; опубл. 20.11.73; 7. Заявка №63-24179 (Япония), МКИ³ F16G5/06, 1988. Зубчатый ремень; 8. Пат.№2624238 (Франция) МКИ³ F16G5/10, 1989. Perfectionnements aux courroies de transmission puissanse/ Jean-Michel Simon; 9. Пол. реш. ВНИИГПЭ по заявке №4059035/25-28 (СССР), МКИ⁴ F16G5/00. Зубчатый ремень/ Скойбеда А.Т., Бондаренко А.Г., Зуб А.Н., Никончук А.Н., Наталевич А.Н. Бел. политехн. ин-т. - заявл. 18.04.86. 10. А.с.№1449745 (СССР), МКИ⁴ F16G5/00 Зубчатый ремень/ Скойбеда А.Т., Зуб А.Н., Наталевич А.Н. Бел. политехн. ин-т.- заявл. 06.11.86, опубл. 07.01.89. Бюл. №1. 11. Заявка №62-7416 (Япония), МКИ⁴ F16G5/06, 1987. Приводной ремень для передачи высоких нагрузок. 12. Заявка №60-84439 (Япония), МКИ³ F16G1/28. Power transmission belt/ Jirov Watase. Yamaha Hatsudoki К.К. - заявл.15.10.83, опубл. 14.09.85; 13. Прогрессивные конструкции зубчатых ремней и технология их производства: (Тематический обзор. Серия: Производство резинотехнических и асбестотехнических изделий)/ Н.В.Лапшина, Ю.Н.Городничев, В.П.Бойков, Г.Г.Козачевский. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1987. - 55 с.; 14. Международная заявка РСТ №87/01779, МКИ⁴ F16G1/28. Courroie dentee/ Guskov V.V., Kozachevsky G.G., Boikov V.P. etc. Belor. Poly-

technichesky institut. - заявл. 19.09.85; опубл. 26.03.87; 15. Козачевский Г.Г. Повышение долговечности зубчато-ременных передач: Дисс.... канд. техн. наук. - Минск. - 1985. - 181с.; 16. Doug McCormick. Getting step Ruth hybrid belts / Design Engineering. - 1981, vol.52. - №4. - p.19-26.; 17. А.с. 1669756 (СССР), МКИ⁵ В29D29/08. Устройство для сборки бесконечных резиновых лент/ А.И.Бобровник, А.Н.Никончук, А.Т.Скойбеда, М.И. Корженцевский; Бел. политехн. ин-т. - №4400460/05; Заявл. 30.03.88; опубл. 15.08.91, Бюл. №30// Открытия. Изобретения. - 1993. -№30. - с.54. 18. А.с. 1712234 (СССР), МКИ⁴ В62D55/24. Резинометаллическая гусеница/ А.Н.Никончук, М.А.Родионов, А.Т. Скойбеда, А.И.Бобровник, Бел. политехн. ин-т. -№4827871/11; заявл. 21.05.90; опубл. 15.02.92, Бюл. №6// Открытия. Изобретения. - 1992. - №6. - с. 85; 19. А.с. 1784764 (СССР), МКИ⁵ F16G1/28. Зубчатый ремень/ А.Н.Никончук, М.А.Родионов и др.; Бел. политехн. ин-т. - №4789354/27; заявл. 07.02.90; опубл. 30.12.92, Бюл. №48// Открытия. Изобретения. -1992. -№48.- с. 101; 20. А.с. 1751544 (СССР), МКИ⁵ F16G1/21. Зубчатый ремень/ А.Н.Никончук, А.И.Бобровник и др.; Бел. политехн. ин-т. - №4793430/27; заявл. 16.02.90; опубл. 30.07.92, Бюл. №28// Открытия. Изобретения. -1992. -№28.- с. 162; 21. А.с. 1784789 (СССР), МКИ⁵ F16G1/28. Зубчатый ремень/ А.Н.Никончук, А.А.Баран, А.И.Бобровник и др.; Бел. политехн. ин-т. №4768662/27; заявл. 11.12.89; опубл. 30.12.89, Бюл. №48// Открытия. Изобретения. - 1992. -№48.- с.105; 22. А.с. 1712233 (СССР), МКИ⁵ В62D55/24. Резинометаллическая гусеница/ А.Н.Никончук, М.А. Родионов, В.И.Шпилевский; Бел. политехн. ин-т.- №827720/11; заявл. 21.05.90; опубл. 15.02.92, Бюл. №6// Открытия. Изобретения. -1992. -№6. - с. 85; 23. А.с. 1677409 (СССР), МКИ⁵ F16G1/28. Двусторонний зубчатый ремень / А.Н.Никончук; Бел. политехн. ин-т. - №4773742/00-27; заявл. 30.08.89; опубл. 15.09.91, Бюл. №34// Открытия. Изобретения. -1991. -№34. - с. 149; 24. А.с. 1665769 (СССР), МКИ⁵ F16H7/00 Зубчато-ременная передача/ А.Т.Скойбеда, А.Н.Зуб, А.Н.Никончук, и др.; Бел. политехн. ин-т. - №4072478/28; заявл. 29.05.86; ДСП; 25. А.с. 1742555 (СССР), МКИ⁵ F16G5/00. Зубчатый ремень/ А.Н.Никончук, В.И.Шпилевский; Бел. политехн. ин-т. - №4758558/27; заявл. 13.05.90; опубл. 23.06.92, Бюл. №23// Открытия. Изобретения. -1992, -№23.- с.140. 26. А.с. 1521959 (СССР), МКИ⁵ F16H7/02. Зубчато-ременная передача/ А.Г. Бондаренко, А.Н.Никончук и др. Бел. политехн. ин-т. - №4196383/25-28, заявл. 16.02.87; опубл. 15.11.89, Бюл. №42// Открытия. Изобретения. -1989. - №42. - с. 148.

УДК 621.85.052.44

А.Г. Баханович

ЗУБЧАТО-РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ С ПОВЫШЕННОЙ ПЛАВНОСТЬЮ РАБОТЫ И ПОНИЖЕННЫМ ШУМОИЗЛУЧЕНИЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Основная акустическая мощность зубчато-ременной передачи имеет своей причиной ударное взаимодействие зубьев ремня и шкива, поэтому снижение ударного импульса будет сопровождаться эквивалентным снижением акустической эмиссии. Наиболее простой путь снижения ударного импульса – уменьшение твердости материалов зубьев ремня и шкива. Поскольку в подавляющем большинстве силовых и скоростных конструкций зубчато-ременных передач используют стальные или