

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Ж. С. Шашок, А. В. Касперович, Е. П. Усс

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШИН И РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Лабораторный практикум

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением
по химико-технологическому образованию
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности 1-48 01 02 «Химическая технология
органических веществ, материалов и изделий»
специализации 1-48 01 02 05 «Технология
переработки эластомеров»*

Минск 2020

УДК 678.4.065(076.5)(075.8)

ББК 35.728я73

Ш32

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра материаловедения и ресурсосберегающих технологий
УО «Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы» (заведующий кафедрой
кандидат технических наук, доцент *А. А. Скаскевич*);
начальник инженерно-технического центра ОАО «Белшина»
кандидат технических наук *С. Н. Каюшников*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Шашок, Ж. С.

Ш32 Технология производства шин и резинотехнических изделий.
Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов
специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических
веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 05
«Технология переработки эластомеров» / Ж. С. Шашок,
А. В. Касперович, Е. П. Усс. – Минск : БГТУ, 2020. – 104 с.
ISBN 978-985-530-814-1.

В учебно-методическом пособии описаны применяемые в технологии производства шин и резинотехнических изделий основные методы испытаний резиновых смесей и вулканизатов на их основе, армирующих материалов и готовых изделий. Приведены схемы используемого оборудования, методики выполнения лабораторных работ и техника безопасности при работе на лабораторном оборудовании и приборах. Пособие является основой для изучения дисциплины «Технология производства шин и резинотехнических изделий».

Предназначено для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 05 «Технология переработки эластомеров». Может быть рекомендовано для магистрантов и аспирантов, специализирующихся в области переработки эластомеров.

УДК 678.4.065(076.5)(075.8)

ББК 35.728я73

ISBN 978-985-530-814-1

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2020
© Шашок Ж. С., Касперович А. В.,
Усс Е. П., 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для углубления и закрепления студентами знаний, полученных при изучении теоретического курса «Технология производства шин и резинотехнических изделий».

В пособии содержатся методики выполнения лабораторных работ по определению конструктивных параметров деталей шины, усадки резиновых смесей при различных режимах шприцевания, свойств армирующих материалов и адгезии их к резинам, а также основных эксплуатационных характеристик резиновых изделий различного назначения.

В каждой главе приведены теоретическая часть, общие требования к подготовке образцов и проведению испытаний, методика выполнения работы и расчетов, контрольные вопросы к защите лабораторных работ.

Перед выполнением лабораторной работы студент должен ознакомиться с теорией, содержанием работы, устройством оборудования или прибора, методикой выполнения работы и необходимыми расчетами, а также с инструкцией по технике безопасности и охране труда.

К последующей работе можно приступить только после защиты предыдущей.

По окончании каждой лабораторной работы студент представляет преподавателю оформленный отчет, который должен включать:

- название, номер и цель лабораторной работы;
- устройство оборудования или схему прибора и их краткое описание;
- предварительные расчеты, необходимые для проведения работы;
- порядок выполнения работы;
- оформление результатов при проведении испытаний эластомеров;
- оценку полученных результатов. Результаты испытаний сравнивают с нормами ГОСТа или технических условий на данное изделие либо марку резины, а также технической спецификацией на изделие;
- выводы по работе.

Выполненные работы студенты защищают, анализируя и теоретически обосновывая полученные результаты. Для защиты лабораторных работ студент должен представить соответствующе оформленный лабораторный журнал и на собеседовании показать знание и понимание теоретических основ и практического выполнения работ.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и расписавшиеся в специальном журнале. За нарушение правил техники безопасности студенты отстраняются от выполнения лабораторных работ.

2. Опасными факторами при выполнении работ в лаборатории являются:

- возможность поражения электрическим током при работе с электроустановками и приборами;

- механические воздействия инструмента и движущихся частей оборудования;

- возможность ожога при работе с химреактивами и нагревательными приборами;

- порезы рук при небрежном обращении с лабораторной посудой;

- возникновение пожара при неаккуратном обращении с легковоспламеняющимися горючими веществами.

3. Каждый студент должен работать на закрепленном за ним рабочем месте. Переход на другое рабочее место без разрешения преподавателя не допускается.

4. Приступать к работе только после разрешения преподавателя.

5. Лабораторные работы необходимо проводить в халате с застегнутыми рукавами.

6. Студентам запрещается работать в лаборатории в отсутствие преподавателя и лаборанта.

7. Перед началом работы студент должен провести осмотр рабочего места, проверить исправность и чистоту оборудования, приборов.

8. Рабочее место и пол вокруг испытательного оборудования должны быть свободными и чистыми.

9. При обнаружении неисправностей оборудования, приспособлений и инструмента, замеченных в начале и в ходе работы, студент должен сообщить преподавателю или лаборанту.

10. При пуске машины студент должен предупредить всех лиц, находящихся рядом.

11. Во время работы *категорически* запрещается:

а) класть руки и облокачиваться на вращающиеся и движущиеся части машин, прикасаться к режущим поверхностям;

б) поправлять и подталкивать руками материал во вращающиеся, под режущие и смыкающиеся части машины; передавать инструмент через режущие и вращающиеся части машины;

г) обтирать и чистить машину на ходу;

д) оставлять работающую машину и нагревательные приборы без присмотра;

е) работать на машине студентам, не прикрепленным к данной работе и не прошедшим инструктаж по охране труда.

12. Перед пуском червячную машину следует тщательно осмотреть, обратив особое внимание на отсутствие посторонних предметов в загрузочной воронке и питающих устройствах. Запуск машины необходимо производить после ее прогрева до заданной температуры, начиная с минимальной частоты вращения червяка и плавно увеличивая его до номинального значения. Чистку оборудования производят незамедлительно после его остановки. При работе на червячной машине запрещается стоять против головки машины и подавать материал в зону червяка руками.

13. В лабораториях не создавать шум, не хранить пищевых продуктов, не принимать пищу.

14. По окончании выполнения работ студент обязан привести в порядок свое рабочее место, сдать приборы, инструмент.

Пневматическая шина представляет собой упругую оболочку, жестко смонтированную на ободе колеса и наполненную сжатым воздухом. Основным назначением шин является смягчение и гашение ударов, толчков и других динамических нагрузок, возникающих при движении автомобиля.

Шина состоит из покрышки (все шины), камеры (камерные шины) и ободной ленты (грузовые шины) (рис. 1).

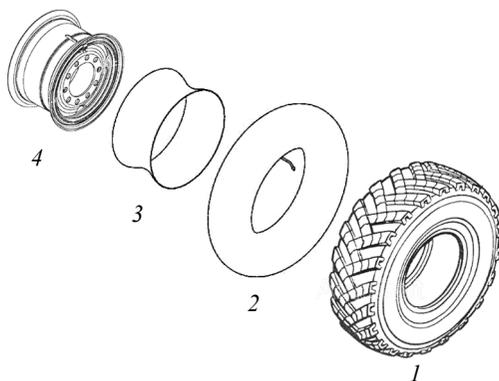


Рис. 1. Основные элементы пневматической шины:
1 – покрышка; 2 – камера; 3 – ободная лента; 4 – обод

Камера имеет вид торообразной эластичной резиновой трубки, снабженной вентилем с обратным клапаном для накачивания воздуха, и предназначена для обеспечения герметичности пневматической шины. По размерам камера немного меньше полости покрышки, что облегчает ее монтаж, а на внешней поверхности имеет ряд кольцевых выступов высотой 0,4–0,8 мм и шириной 1–2 мм для удаления воздуха из полости покрышки при накачивании собранной шины. Часть камеры у обода колеса называется бандажной, а прилегающая к покрышке в зоне протектора, – беговой. Толщина стенок камеры часто одинакова по всему поперечному сечению. Однако применяются камеры с увеличенной толщиной бандажной части или с большей толщиной беговой части. Утолщение стенки камеры в бандажной

части для повышения ее прочности в этой зоне делается с учетом старения резины вследствие нагрева обода от теплоты, выделяемой в тормозных барабанах. Такие камеры применяются обычно для шин, работающих на высоких скоростях. Увеличение толщины стенки беговой части камеры способствует предохранению ее от сквозных проколов. Такие камеры используются большей частью для шин, эксплуатируемых на неусовершенствованных дорогах. В камеру вмонтирован вентиль с обратным воздушным клапаном для накачивания и выпуска воздуха.

Ободная лента в виде профилированного эластичного резинового кольца располагается между ободом колеса и камерой для уменьшения ее истирания об обод, в легковых и бескамерных шинах она не используется.

Обод по способу крепления к ступице колеса может быть дисковым или бездисковым, по конструкции – разборным или неразборным, по конфигурации профиля – плоским, полуглубоким или глубоким, а также с цилиндрическими или коническими посадочными полками.

Наиболее важной и сложной по конструкции частью пневматической шины является покрышка, представляющая собой прочную резинокордную оболочку торообразной формы. Покрышка воспринимает усилия от внутреннего давления воздуха и веса автомобиля, передает тяговые, тормозные и боковые силы от автомобиля дороге, обеспечивает сцепление шины с дорогой и защищает камеру от механических повреждений.

Основными составными частями покрышки являются каркас, брекер, протектор, боковина и борта (рис. 2).

Каркас – это силовая часть покрышки пневматической шины, состоящая из одного или нескольких слоев обрешиненного корда (текстильного или металлокорда), закрепленных на бортовых кольцах. Число слоев и расположение кордных нитей в каркасе зависят от конструкции шины, типа корда, величины радиальной нагрузки, внутреннего давления, условий эксплуатации и др. При большом числе слоев корда между отдельными слоями прокладывают резиновые прослойки (сквиджи), снижающие сдвиговые напряжения между ними. Прослойки размещают преимущественно между слоями каркаса, расположенными ближе к протектору, в том месте, в котором возникают наибольшие деформации сдвига.

Брекер представляет собой несколько (2–4) слоев корда (для радиальных шин чаще всего высокомодульного) с меньшей частотой

нитей, которые размещаются поверх основных слоев каркаса. Под и над слоями брекера, а также между ними прокладывают резиновые прослойки. Брекер увеличивает прочность связи протектора с каркасом и снижает напряжения, возникающие в зоне беговой дорожки при действии внутреннего давления и сосредоточенных нагрузок. Главное назначение брекера – предохранение каркаса от резких ударных нагрузок, а также повышение механической прочности пневматической шины.

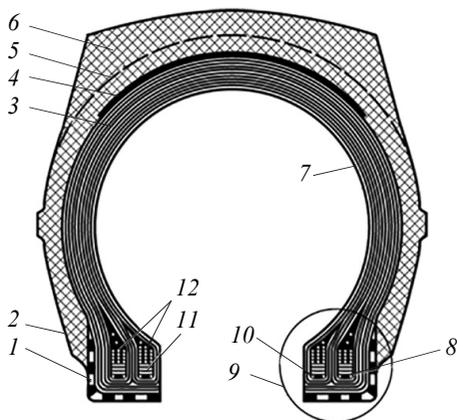


Рис. 2. Структура покрышки:

- 1 – бортовая лента; 2 – боковина; 3 – слои корда; 4 – брекер;
- 5 – протектор; 6 – беговая дорожка; 7 – каркас;
- 8 – пятка; 9 – борт покрышки; 10 – носок;
- 11 – проволочное кольцо; 12 – крепительные ленты крыла

Протектор – наружная резиновая часть покрышки, непосредственно контактирующая с дорогой; протектор обеспечивает сцепление шины с дорогой и предохраняет брекер и каркас от механических повреждений и проникновения влаги. В составе протектора выделяют беговую дорожку – поверхностный слой с определенным рисунком, подканавочный слой, располагаемый между беговой дорожкой и брекером, и плечевые зоны, соединяющие беговую дорожку и подканавочный слой с боковинами.

Тип рисунка протектора определяется условиями эксплуатации автомобиля или другого транспортного средства, для которого предназначена шина. Рисунок протектора состоит из выступов (в виде отдельных шашек или сплошных грунтозацепов), выемок (углублений

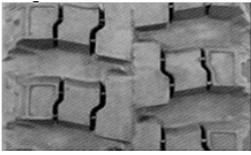
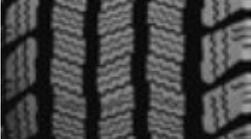
между грунтозацепами), канавок (углублений между шашками) и щелевидных прорезей шириной не более 1,5 мм в массиве выступов протектора. Под насыщенностью рисунка протектора понимают долю площади поверхности беговой дорожки, приходящейся на выступы.

Рисунок протектора оказывает очень большое влияние на работу шины и динамические свойства автомобиля, поскольку от характера рисунка зависят сцепление с дорогой, сопротивление качению, удобство управления машиной, шум. Тип рисунка протектора часто определяет и назначение шины. Различают шины: с дорожным рисунком (для дорог с усовершенствованным покрытием), с рисунком повышенной и высокой проходимости (для эксплуатации в условиях бездорожья, преимущественно на мягких грунтах), с универсальным рисунком (для дорог с различным покрытием) и карьерным рисунком (для эксплуатации в условиях каменных карьеров). Классификация шин по рисунку протектора представлена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация шин по рисунку протектора

Рисунок протектора	Описание назначения шины
Дорожный	
	<p>Рисунок протектора состоит из шашек или ребер, разделенных канавками, обычно не имеет грунтозацепов, характеризуется высокой насыщенностью (65–85%). Шины предназначены для эксплуатации на дорогах с покрытием хорошего качества (асфальт, бетон, гладкий грунт и др.), отличаются низким сопротивлением качению, высокой износостойкостью, низким шумообразованием</p>
Зимний	
	<p>Рисунок протектора покрышки, выступы которого имеют острые кромки. На твердых дорогах (асфальт, бетон, гравий) эти шины, как правило, шумны, «мягкая» резина быстро изнашивается, возрастает расход топлива</p>
Универсальный	
	<p>Рисунок протектора покрышки состоит из достаточно крупных шашек или ребер в центральной части беговой дорожки и грунтозацепов и выемок по ее краям. Такой рисунок имеет меньшую насыщенность (50–70%). Шины предназначены для эксплуатации на дорогах с различным покрытием</p>

Рисунок протектора	Описание назначения шины
Повышенной проходимости	
	Рисунок протектора покрышки состоит из грунтозацепов, разделенных выемками и чаще всего выполняется в виде «косой елки». Это снижает сцепные свойства на скользких участках, однако повышает курсовую устойчивость в условиях бездорожья
	Рисунок протектора покрышки состоит из массивных выступов различной конфигурации, разделенных узкими канавками. Шины предназначены для скалистых и каменных грунтов
Направленный	
	Рисунок протектора покрышки, не симметричный относительно радиальной плоскости колеса
Ненаправленный	
	Рисунок протектора покрышки, симметричный относительно радиальной плоскости колеса
Асимметричный	
	Рисунок протектора покрышки, не симметричный относительно центральной плоскости вращения колеса

Боковина – наружная резиновая часть покрышки, представляющая собой относительно тонкий слой эластичной резины, являющийся продолжением протектора на боковых стенках каркаса. Она предохраняет каркас от повреждений в боковой части и влаги. Боковина должна быть устойчивой к многократным деформациям и влиянию погодных условий.

Борт – жесткая часть покрышки, обеспечивающая крепление шины на ободе колеса. Ту часть борта, которая непосредственно

прилегает к ободу колеса, называют основанием, его внутреннюю часть носком, а наружную, прилегающую к закраине обода, – пяткой. Основными деталями борта являются бортовые крылья, состоящие из бортового кольца, наполнительного шнура, оберточной и крыльевой лент.

В зависимости от назначения пневматические шины подразделяются:

- на легковые (для легковых автомобилей всех типов и легких грузовиков);
- грузовые (для грузовых автомобилей всех типов, автобусов, троллейбусов и прицепов);
- сельскохозяйственные (для тракторов и сельскохозяйственных машин);
- строительно-дорожные (для строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин);
- мотошины (для мотоциклов, мопедов и мотороллеров);
- велошины (для велосипедов).

В зависимости от расположения нитей корда в слоях каркаса различают диагональные и радиальные (меридиональные) шины (рис. 3).

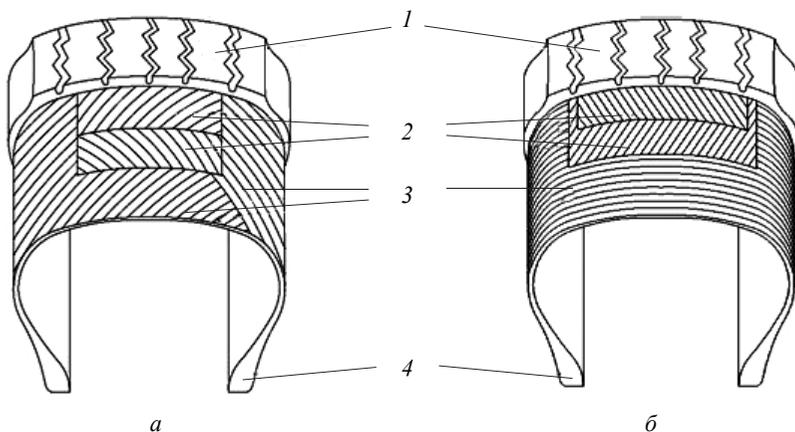


Рис. 3. Конструкция диагональной (а) и радиальной (б) шин:
1 – протектор; 2 – слои брекера; 3 – слои каркаса; 4 – бортовая часть

В **диагональных** шинах каркас состоит из четного количества об-
резиненных слоев корда, нити перекрещиваются, а угол их наклона
на экваторе шины к меридиональной плоскости, проходящей через

ось ее вращения, составляет $45-60^\circ$ и равен углу наклона нитей корда в брекере (как правило, двухслойном).

Преимущества шин диагональной конструкции: более простая конструкция; более высокая прочность шины; имеют предпочтение для некоторых условий эксплуатации, например в условиях высоких ударных нагрузок на дорогах низкого качества и в условиях бездорожья.

В *радиальных* шинах, называемых часто шинами типа *P (R)*, нити корда в слоях каркаса покрышки располагаются в меридиональной плоскости, обычно угол наклона нитей $0-5^\circ$, т. е. в соседних слоях не пересекаются, а размещаются радиально от борта к борту и параллельно друг другу во всех слоях. При этом нить корда в радиальной покрышке будет примерно в 2 раза короче, чем в диагональной, а следовательно, число слоев корда в каркасе шин радиальной конструкции может быть четным или нечетным.

В свою очередь, уменьшение слойности каркаса приводит к снижению жесткости бортовой части шины *P*. По этой причине производится усиление борта радиальной покрышки (рис. 4).

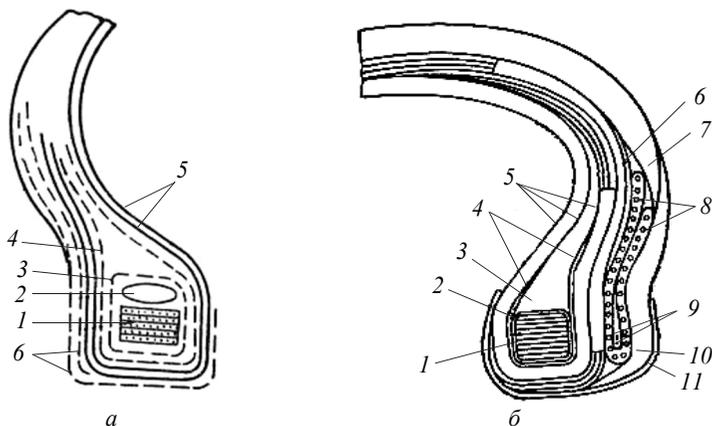


Рис. 4. Особенности устройства борта:

- a* – диагональная покрышка: 1 – бортовое кольцо; 2 – наполнительный шнур; 3 – оберточная лента; 4 – крыльевая лента; 5 – слои обрешиненного корда; 6 – бортовая лента;
- б* – радиальная покрышка: 1 – бортовое кольцо; 2 – лента для обертки кольца; 3 – наполнительный шнур; 4 – крыльевая лента; 5 – слои корда; 6 – профилированная резиновая лента; 7 – боковина; 8 – металлокордная лента дополнительного крыла; 9 – бортовое кольцо дополнительного крыла; 10 – бортовая резиновая лента; 11 – чеферная бортовая лента

Борт покрышки типа *P* включает те же детали, что и диагональной покрышки (рис. 4, *a*), но для повышения жесткости в его конструкцию вводятся дополнительные детали (рис. 4, *b*).

Каркас с радиальным расположением нитей обладает меньшей окружной жесткостью и для повышения прочности покрышки в целом он армирован жестким, практически нерастяжимым брекером, который называют брекерным поясом. В связи с этим в брекере шин *P* угол наклона нитей равен $70\text{--}85^\circ$ к меридиональной плоскости, т. е. нити располагаются примерно в окружном направлении. Жесткость брекера достигается также за счет применения высокомодульного текстильного корда или металлокорда и высокомодульных резин. Количество слоев в брекере зависит от размера шины: в легковых покрышках – 2–3 слоя, а в грузовых – 3–10.

Жесткий брекерный пояс способствует более высокому сцеплению шины с дорогой за счет увеличения площади поверхности контакта беговой дорожки протектора с дорогой. При этом контактное давление снижается и распределяется более равномерно, что приводит к уменьшению проскальзывания элементов протектора относительно поверхности дороги. Как следствие, уменьшается истирание покрышки и повышается боковая устойчивость шины (примерно на 25%). Относительная жесткость брекера дает большую свободу при разработке рисунка протектора и снижает опасность растрескивания по канавкам рисунка протектора, встречающегося в покрышках диагональной конструкции.

Снижение числа слоев каркаса в покрышках радиального типа и уменьшение проскальзывания в зоне контакта с дорогой приводит к меньшему теплообразованию, что также способствует большей износостойкости шин и позволяет повысить скорость движения. При этом боковины покрышки типа *P* испытывают большие деформации, и поэтому резина для боковин должна обладать высокой эластичностью, большим сопротивлением действию многократных деформаций и сопротивлением раздиру.

Протектор радиальных шин изготавливается более толстым по сравнению с диагональной шиной. Но при этом масса покрышки не увеличивается вследствие особенностей рисунка протектора, так как рисунок выполняется с более глубокими канавками, что способствует увеличению ходимости шины.

Благодаря всем этим достоинствам шины типа *P* имеют ходимость в 1,5–2,0 раза более высокую, чем диагональные, а более

низкое сопротивление качению (на 20–25%) делает радиальные шины более экономичными при эксплуатации (расход горючего снижается на 5–8%).

По способу герметизации шины делятся на камерные (рис. 5) и бескамерные (рис. 6).

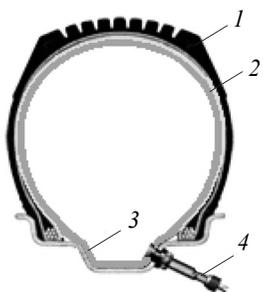


Рис. 5. Камерная шина:
1 – покрывка; 2 – ездочная камера;
3 – обод; 4 – вентиль

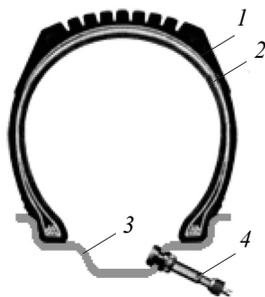


Рис. 6. Бескамерная шина:
1 – покрывка; 2 – герметизирующий
слой; 3 – обод; 4 – вентиль

Камерные шины более надежны в эксплуатации (чуть менее подвержены «проколам», не так боятся боковых повреждений); могут работать при более высоких динамических нагрузках, поэтому чаще применяются на грузовых автомобилях и внедорожниках.

Бескамерные шины обеспечивают повышенную безопасность движения автомобиля при высоких скоростях за счет медленного падения давления в шине при проколах, лучше реагируют на дорогу.

В зависимости от формы профиля поперечного сечения различают шины обычного профиля, широкопрофильные, низкопрофильные, арочные и пневмокотки.

Профиль шины – контур шины в радиальной плоскости колеса. Параметры профиля пневматической шины определяются на ненагруженной шине, смонтированной на обод при заданном внутреннем давлении (рис. 7).

Наружный диаметр (D) – диаметр наибольшего сечения пневматической шины в плоскости вращения колеса при отсутствии контакта с опорной поверхностью.

Посадочный диаметр (d) – диаметр окружности, являющейся линией пересечения поверхности основания борта шины с его наружной поверхностью.

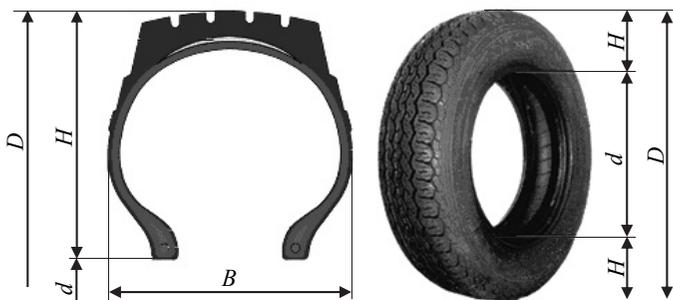


Рис. 7. Основные размеры шины:

D – наружный диаметр, мм; H – высота профиля шины, мм; B – ширина профиля шины, мм; d – посадочный диаметр обода колеса (шины), дюйм

Ширина профиля (B) – расстояние между двумя плоскостями вращения колеса, касающимися внешних поверхностей боковин шины.

Высота профиля (H) – полуразность между наружным и посадочным диаметрами шины.

Серия профиля – номинальное отношение высоты профиля H к ширине профиля B . Измеряется в процентах.

Ширина профиля обода (A) – ширина обода примерно на 5% меньше ширины профиля шины.

Статический радиус (R_c) – расстояние от центра неподвижного нагруженного нормальной нагрузкой колеса с шиной до плоской опорной поверхности.

В табл. 2 представлена классификация шин по серии профиля поперечного сечения.

Таблица 2

Классификация шин по серии профиля поперечного сечения

Название шин по высоте профиля	Серия профиля, %
Обычные	Свыше 89
Низкопрофильные	70–88
Сверхнизкопрофильные	60–70
Широкопрофильные	50–60
Арочные	39–50

Со снижением высоты профиля шин повышаются устойчивость, управляемость и плавность хода автомобиля, а следовательно, безопасность и комфортность езды, увеличиваются экономичность,

ходимость и грузоподъемность шин. Широкопрофильные шины обеспечивают повышенную проходимость по дорогам с мягким грунтом или плохим покрытием и несколько уменьшенный расход топлива.

По внутреннему давлению различают шины с постоянным и регулируемым давлением.

Индекс несущей способности шины (ИНС) – одно или два числа (например, 107/105 S), указывающие нагрузку, которую может выдержать одиночная или сдвоенная шина при скоростях, соответствующих надлежащей категории скорости (табл. 3).

Таблица 3

Некоторые значения индексов несущей способности

ИНС	Нагрузка, кг	ИНС	Нагрузка, кг	ИНС	Нагрузка, кг
62	265	84	500	106	950
63	272	85	515	107	975
64	280	86	530	108	1000
65	290	87	545	109	1030
66	300	88	560	110	1060
67	307	89	580	111	1090
68	315	90	600	112	1120
69	325	91	615	113	1150
70	335	92	630	114	1180
71	345	93	650	115	1215
72	355	94	670	116	1250
73	365	95	690	117	1285
74	375	96	710	118	1320
75	387	97	730	119	1360
76	400	98	750	120	1400
77	412	99	775	121	1450
78	425	100	800	122	1500
79	437	101	825	123	1550
80	450	102	850	124	1600
81	462	103	875	125	1650
82	475	104	900	126	1700
83	487	105	925	127	1750

Маркировка шины – это надпись на ее боковине, информирующая потребителя об основных характеристиках продукта.

Маркировка шин наносится на боковину шины и содержит следующие сведения, располагаемые непосредственно вблизи друг от друга: размер и конструкцию; характеристики условий эксплуатации. На боковину покрышки могут быть нанесены следующие надписи (рис. 8).

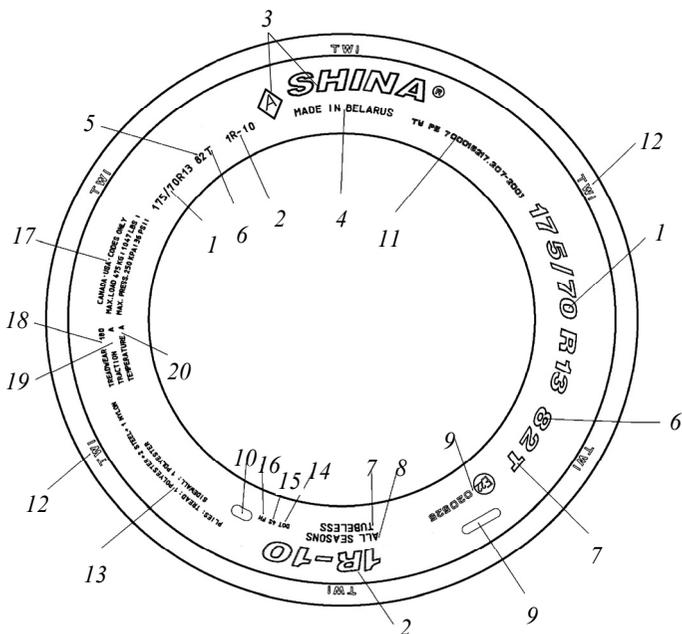


Рис. 8. Примерная надпись на боковине покрышки:

- 1 – обозначение шины (на обеих сторонах покрышки), камеры, ободной ленты;
 2 – торговая марка (модель шины); 3 – товарный знак предприятия-изготовителя;
 4 – страна-изготовитель; 5 – индекс несущей способности; 6 – индекс категории скорости;
 7 – обозначение TUBELESS для бескамерной шины; 8 – обозначение ALL SEASONS для шин со всепогодным рисунком протектора;
 9 – знак официального утверждения «Е» с указанием номера официального утверждения и кода страны, выдавшей сертификат соответствия Правилам ЕЭК ООН, например в обозначении E1 75R 005-4163 указана страна, проводившая сертификацию (E1 – Германия), и серийный номер (4163), 005 – номер официального утверждения; 10 – дата изготовления, состоящая, как правило, из четырех цифр, где две первые – номер недели, две последующие – год изготовления шины; 11 – обозначение технических условий; 12 – обозначение мест расположения индикаторов износа;
 13 – применяемые материалы и число слоев в каркасе и бреkerе;
 14 – DOT – обозначение американского стандарта качества, говорящее, что шина прошла тесты от данного учреждения (Department of Transportation – Министерство транспорта США); 15 – буквенно-цифровой код изготовителя (по регистрации департамента транспорта США); 16 – код размера шины; 17 – нормы эксплуатационных режимов для эксплуатации шины в Северной Америке; 18 – показатель степени износостойкости шины; 19 – способность шины к торможению на влажном дорожном полотне;
 20 – характеристика термостойкости шины

Индекс категории скорости – это указанная с помощью условного обозначения скорость, при которой шина может выдержать нагрузку, указанную соответствующим индексом несущей способности (табл. 4).

Таблица 4

Некоторые значения индексов категорий скорости

Категория скорости	Скорость, км/ч	Категория скорости	Скорость, км/ч
J	100	S	180
K	110	T	190
L	120	U	200
M	130	H	210
N	140	V	240
P	150	W	270
Q	160	Y	300
R	170	ZR	>240

Часто используются дополнительные обозначения, характеризующие специфические свойства покрышек. Например, покрышки для фургонов и микроавтобусов имеют обозначение C; низкопрофильные с посадочным диаметром более 14" – L; для гоночных автомобилей – Racing; участвующих в ралли – Rally. Все надписи и обозначения наносятся на боковину с двух сторон.

Примеры расшифровки обозначений шин:

205/75R17,5

- 205 – ширина профиля покрышки в миллиметрах;
- 75 – серия профиля или профильное число в процентах;
- R – радиальная конструкция;
- 17,5 – посадочный диаметр в дюймах.

12,00–20

- 12,00 – ширина профиля покрышки в дюймах;
- 20 – посадочный диаметр в дюймах.

12R22,5

- 12 – ширина профиля покрышки в дюймах;
- R – радиальная конструкция;
- 22,5 – посадочный диаметр в дюймах.

205/75 R16 C

- 205 – ширина профиля покрышки в миллиметрах;
- 75 – серия профиля или профильное число в процентах;
- R – радиальная конструкция;
- 16 – посадочный диаметр в дюймах;
- C – покрышка для легких грузовых автомобилей.

31×15,5 R16

- 31 – номинальный наружный диаметр в дюймах;
- 15,5 – ширина профиля покрышки в дюймах;
- R – радиальная конструкция;
- 16 – посадочный диаметр в дюймах.

30.5L-32

- 30.5 – ширина профиля покрышки в дюймах;
- L – низкопрофильная шина;
- 32 – посадочный диаметр в дюймах.

Для широкопрофильных шин указывают три размера в миллиметрах: $D \times B - d$, например 1000×350–508 или 1770×670–635. Крупногабаритные шины имеют двойное обозначение: в дюймах и в скобках в миллиметрах, например 18.00–25 (500–635). Арочные шины имеют миллиметровое обозначение $D \times B$, например 100×600.

В маркировке шин может быть указано назначение перед типоразмером:

- P* (*Passenger car*) – легковой автомобиль;
- LT* (*Light Truck*) – легкий грузовик, пикап или внедорожник;
- ST* (*Special Trailer*) – прицеп;
- LRO* (*Low Platform Trailer*) – прицеп с низкой платформой;
- T* (*Time*) – временная, запасная шина.

Обозначения в маркировке шин по сезону и покрытию могут включать:

- AS* – для всех сезонов (*All Season*);
- Any Season* – для любого сезона;
- R + W* – дорога плюс зима (*Road + Winter*);
- AW* – для любой погоды;
- WINTER* или пиктограмма «снежинка» – шины для использования в зимних условиях;

RAIN (дождь), *WATER* или *AQUA* (вода), пиктограмма «зонтик» – шины специально спроектированы для дождливой погоды и имеют высокую степень защиты от эффекта аквапланирования;

M&S – грязь плюс снег (Mud + Snow) – это специальная маркировка на боковине шины, которая имеет высокие характеристики на снежном покрытии;

A/T – для любой местности (All Terrain);

M/T – для бездорожья (Mud Terrain);

Spike – шипованная резина.

Дополнительная информация, указываемая в маркировке на боковине шины:

Rotation или стрелка – эта маркировка на боковине шины означает направленную шину. При установке покрышки нужно строго соблюдать направление вращения колеса, указанное стрелкой.

Outside и *Inside* – ассиметричные шины, при установке которых нужно строго соблюдать правило установки шины на диск. При установке надпись *Outside* должна быть с наружной стороны автомобиля, а *Inside* – с внутренней.

Left или *Right* означает, что шины этой модели бывают левые и правые. При их установке нужно строго соблюдать правило установки шины на автомобиль: левые – только слева, а правые, соответственно, только справа.

RSC (RunFlat System Component) – это покрышки, на которых можно продолжать движение на автомобиле со скоростью не более 80 км/ч при полном падении давления в шине (при проколе или порезе). На этих шинах в зависимости от рекомендаций производителя можно проехать от 50 до 150 км. Разные производители автошин используют различные обозначения технологии RSC: Dunlop – DSST (Dunlop Self-Supporting Technology), Bridgestone – RFT (Run-Flat Tyre), Continental – SSR (Self Supporting Run-Flat), Goodyear – RunOnFlat, Nokian – Run Flat, Michelin – ZP или ZP SR (Zero Pressure) и т. д.

Green X – фирменное обозначение производителя Michelin, свидетельствующее об энергосберегающих свойствах покрышки.

Tubeless (TL) – бескамерная шина. При отсутствии данной надписи покрышка может использоваться только с камерой.

Tube Type (TT) обозначает, что эта покрышка обязательно должна эксплуатироваться только с камерой.

Max Pressure – максимально допустимое давление в шине в килопаскалях.

Max Load – максимально допустимая нагрузка на каждое колесо автомобиля (в килограммах или фунтах).

Reinforced, Extra Load, XL – усиленные шины, способные нести большую нагрузку, чем стандартные.

All Steel – для шин с металлокордным брекером и каркасом.

Temperature A, B или *C* – температуростойкость шины при высоких скоростях на испытательном стенде (*A* – наилучший показатель).

Traction A, B или *C* – способность шины к торможению на влажном дорожном полотне (*A* – наилучший показатель).

Treadwear – коэффициент износостойкости (коэффициент 100 примерно равен 48 тыс. км пробега).

TWI (Tread Wear Indiration) – указатели индикаторов износа протектора автошины. Маркировка на колесе *TWI* также может быть со стрелкой. Указатели располагаются равномерно в восьми или шести местах по всей окружности покрышки и показывают минимально допустимую глубину протектора. Индикатор износа выполняется в виде выступа с высотой 1,6 мм (минимальная величина протектора для легких автомобилей) и располагается в углублении протектора (как правило, в водоотводящих канавках).

Лабораторная работа № 1 КОНСТРУКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ШИНЫ

Цель работы: изучить назначение, конструкцию и маркировку автомобильных шин; проверить соответствие деталей шины размерам, указанным в спецификации.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: штангенциркуль; транспортир; линейка; покрышка; срезы покрышек.

Порядок проведения работы

Проведение испытания. По срезам и готовым изделиям разбирают устройство их основных частей и определяют вид протекторного рисунка.

Для конструктивного анализа среза из покрышки вырезают в радиальном направлении образец толщиной 20–30 мм. По срезу измеряется толщина короны $d_{\text{кор}}$, боковины $d_{\text{б}}$, протектора $d_{\text{п}}$, его рисунка $d_{\text{рис}}$, подканавочного слоя $d_{\text{п.с}}$, брекера $d_{\text{бр}}$, каркаса ($d_{\text{сл}} + d_{\text{р}}$), резины боковины $d_{\text{бок}}$.

Анализируется правильность расположения деталей, отсутствие перекосов слоев каркаса, брекера, разрежения и извилистости корда, завышенных стыков, заворотов на крыло и под крыло, пузырей и расслоений между деталями.

Определяют толщину по короне и боковине. Все замеры проводятся по центру беговой дорожки протектора (по короне). Толщина протектора $d_{п}$ складывается из двух величин:

$$d_{п} = d_{рис} + d_{п.с.}$$

Толщина брекера $d_{бр}$ суммируется путем сложения толщины обрешеченных слоев брекера $d_{с.бр}$, надбрекерной $d_{н.р}$ и подбрекерной $d_{п.р}$ резин:

$$d_{бр} = d_{с.бр} + d_{н.р} + d_{п.р}.$$

Толщина каркаса $d_{к}$ измеряется как расстояние от подбрекерной резины до внутреннего контура покрышки. Толщина покрышки по короне равна

$$d_{кор} = d_{п} + d_{бр} + d_{к}.$$

Аналогично определяется толщина покрышки по боковине:

$$d_{б} = d_{бок} + d_{к}.$$

Находят угол наклона корда по короне и плотности нитей в слоях каркаса и брекера, для чего подвергают образец покрышки радиальной расслойке. Из первого слоя каркаса выдергивается нить. По короне в направлении этой нити транспортиром измеряется угол α . Аналогично измеряются углы наклона нитей корда в последующих слоях каркаса и брекера. Плотность нитей в слоях каркаса и брекера оценивается по числу нитей на участке шириной 25 мм.

Обработка результатов. Результаты конструктивного анализа срезов шины заносят в табл. 5.

Таблица 5

Конструктивный анализ автомобильной покрышки

Наименование показателя	Значение показателя
Наружный диаметр, мм	
Ширина профиля, мм	
Статический радиус, мм	
Толщина, мм:	
короны	
боковины	
протектора	
протекторного рисунка	
подканавочного слоя	
брекера	
каркаса	
резины боковины	
Плотность нитей в слоях каркаса	

На основании проведенного конструктивного анализа необходимо сопоставить произведенные замеры на сечениях покрышки с данными спецификаций и объяснить отклонения.

Записать маркировку изученной покрышки, перечислить обозначения надписей, приведенных на ее боковине, и расшифровать в соответствии с примером.

Пример расшифровки обозначения легковой шины:

175/70R13 Artmotion BEL-253 82T Tubeless

175	обозначение ширины профиля шины, мм
70	серия профиля, %
R	буквенный индекс радиальной шины
13	обозначение посадочного диаметра шины, соответствующее номинальному диаметру обода, дюймы
Artmotion BEL-253	торговая марка (модель шины)
T	индекс категории скорости
82	индекс несущей способности
Tubeless	бескамерная шина

Контрольные вопросы

1. Классификация шин по назначению, способу герметизации внутреннего объема, расположению нитей корда в каркасе, отношению высоты к ширине профиля, типу протектора.

2. Основные элементы автомобильной покрышки. Их назначение.

3. Типы протекторных рисунков и их характеристика.

4. Особенности шин радиальной и диагональной конструкций.

5. Преимущества и недостатки радиальных шин по сравнению с диагональными.

6. Преимущества и недостатки бескамерных шин по сравнению с камерными.

7. Основные размеры шины.

8. Маркировка шин.

АРМИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ ШИН И РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

2

2.1. Армирующие материалы в шинной промышленности

В качестве армирующих материалов в конструкции пневматической шины применяют металлический и текстильный корд, стальную проволоку и технические ткани (чефер и бязь). Корд представляет собой полотно из тонких, прочных нитей основы и слабых, редких нитей утка (уточный) или нитей без утка (безуточный), собираемых в полотно при обработке на шинных заводах. Он составляет 15–38% массы шины и является основным армирующим материалом, определяющим ее технический ресурс, ремонтпригодность и другие показатели качества.

Металлокорд нашел широкое применение в производстве современных шин и используется в слоях каркаса и брекера. Он также применяется для производства клиновых и приводных ремней, транспортерных лент, рукавов и других изделий.

Основными требованиями, предъявляемыми к этому виду армирующих материалов, являются:

- высокая прочность и стабильность размеров;
- адгезия к резиновой смеси;
- равномерное распределение расстояния между проволоками;
- коррозионная стойкость;
- жесткость при изгибе;
- устойчивость при воздействии давления;
- достаточное проникание смеси в межпроволочное пространство;
- гладкие кромки закроенных обрешиненных металлокордных материалов.

Металлокорд представляет собой свитый трос из специальной высококачественной стальной латунированной проволоки диаметром 0,15–0,27 мм холодного волочения. Качество металлического корда во многом определяется свойствами исходной проволоки:

выносливостью, разрывной нагрузкой и равномерностью всех физико-механических показателей. Одним из перспективных путей увеличения выносливости корда является повышение чистоты металла. Применяют сталь состава: углерод – 0,7%; марганец – 0,5%; кремний – 0,3%; сера – не более 0,3% и свинец – не более 0,03%.

Маркировка металлокорда: первые три цифры указывают число свитых проволок, последующие – диаметр использованных проволок (в миллиметрах×100), буквы Л – латунированный, А – высшей категории качества.

Конструкция корда записывается, начиная с сердечника с указанием числа проволок, а при разной их толщине – и толщины. Например, корд 9Л15/27 структуры 3×15+6×27 означает одну прядь из трех проволок (стренг) диаметром 0,15 мм и шести окружающих ее диаметром 0,27 мм. Для изготовления металлокорда применяют проволоку диаметром, мм: 0,150; 0,175 (0,180); 0,265 (0,270) и 0,30.

Конструкции некоторых типов применяемых кордов приведены на рис. 9.

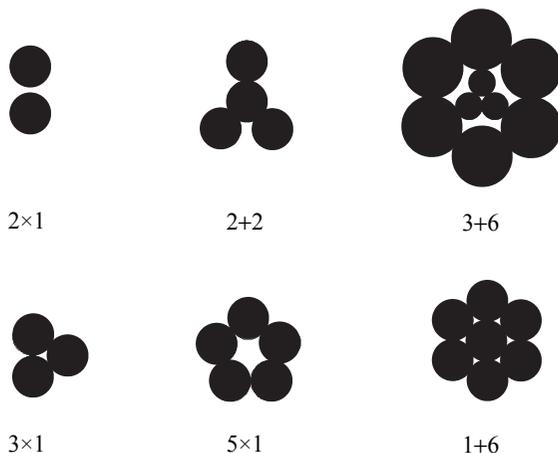


Рис. 9. Конструкции некоторых типов применяемых металлокордов

С увеличением толщины металлокорда повышается его прочность и ухудшаются технологические характеристики (становится жестче).

В последнее время осуществляется обновление ассортимента металлокорда, которое направлено на повышение его коррозионной

стойкости, сопротивления коррозии и экономичности. К новым видам корда относятся:

- корд открытых (ОС – open cord) и специальных конструкций, обеспечивающих улучшение затекания резиновой смеси в структуру нити (рис. 10, *a*);

- высокопрочный металлокорд из высокоуглеродистой и микролегированной стали (НТ – high tenacity cord);

- корд из проволоки повышенного диаметра;

- корд компактной конструкции с линейным касанием элементов (СС – compact cord);

- корд с повышенным относительным удлинением при разрыве (НЭ – high elongation cord).

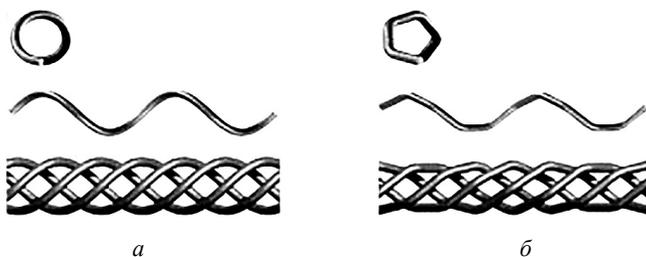


Рис. 10. Сравнение конструкций металлокорда
a – открытая (Open); *б* – Betru

В открытой конструкции проволоки имеют возможность перемещаться относительно друг друга, что способствует затеканию резины в нить. Однако при высоком натяжении корда в процессе обрезинивания эффект «открытости» не проявляется. В корде специальной конструкции одна прядь состоит из двух параллельных проволок, а вторая – из свитых, причем пряди свиты между собой. Поэтому натяжение нити при обрезинивании затрудняет затекание резины в меньшей степени.

Корд специальной конструкции, в отличие от корда обычной конструкции, имеет больший диаметр, меньший шаг свивки, несколько меньшую линейную плотность. Прочность связи резины с кордом специальной конструкции до и после различных видов старения выше по сравнению с аналогичным кордом традиционной конструкции. Разрывная нагрузка высокопрочного корда больше, чем у обычного корда такой же конструкции.

Компактный корд состоит из проволок, свитых в одном направлении и имеющих один и тот же шаг свивки. Его преимущество заключается в отсутствии внутренних полостей, вследствие чего этот корд имеет лучшую стойкость к фреттинг-коррозии, чем корд традиционной конструкции. Об этом свидетельствует меньшее снижение разрывной нагрузки корда компактной конструкции в процессе утомления при многократном изгибе по сравнению с кордом обычной конструкции, состоящим из такого же числа проволок.

Корд с высоким удлинением – это корд односторонней свивки, имеющий малый шаг свивки прядей и корда. Его относительное удлинение при разрыве составляет около 5%, тогда как в случае остальных конструкций оно равно 2,0–2,5%. Кроме того, по сравнению с кордом обычной конструкции, имеющим такой же диаметр, линейная плотность у него ниже.

За рубежом выпускаются металлокорд повышенной ударопрочности (HI – high impact cord) и корд конструкции Betru (Beckaert total rubber penetration), обеспечивающей высокую степень затекания резины в нить корда.

Корд повышенной ударопрочности состоит из одной пряди, в которой отдельные проволоки скручены с малым шагом. Он характеризуется высокой степенью проникновения резины в нить и высоким удлинением при разрыве, которое даже в обрешиненном состоянии находится на уровне 5%. Линейная плотность данного корда меньше по сравнению с этим показателем для корда традиционной конструкции с таким же диаметром.

Корд Betru (рис. 10, б) имеет зазоры между проволоками, возникающие вследствие того, что у одной из проволок поперечное сечение в виде многоугольника вместо обычно принятой окружности. Этот факт способствует максимальному проникновению резины в нить. Корд Betru характеризуется большей прочностью связи с резиной и большей ударопрочностью по сравнению с кордом обычной конструкции.

Работоспособность металлокорда во многом определяется качеством исходного материала – *катанки*. Снижают ее качество наличие микротрещин и высокий уровень неметаллических включений. Прочность металлокорда и ее сохранность при эксплуатации повышают за счет использования проволок с высокой удельной прочностью (НТ), а также их контактного расположения в витой структуре. По мнению ведущих специалистов, в современных конструкциях

шин требования к металлокорду для каркаса и брекера должны различаться. При линейном касании проволока повышается интенсивность износа их поверхности, что меньше снижает прочность металлокорда по сравнению с точечным касанием проволоки, когда уменьшается площадь поперечного износа в месте контакта. Поэтому для каркаса рекомендуют конструкции: $0,20+18\times 0,175$; $0,22+18\times 0,20$ и $0,25+18\times 0,22$. Металлокорд с высокой прочностью проволоки дороже аналогичных конструкций из проволоки нормальной прочности из-за пониженных скоростей переработки, кроме конструкций с большим диаметром проволоки: $3\times 0,20+6\times 0,35$ и $3\times 0,365/9\times 0,34+0,15\text{НТ}$. Применение металлокорда с высокой прочностью и большим (на 20%) шагом укладки при равной прочности слоев становится также экономически оправданным.

Качество металлокорда оценивается показателями прямолинейности, нераскручиваемости, выносливости и остаточного кручения. Металлокорд на *прямолинейность* оценивается по отрезку нити длиной в 3 м, который должен лежать в состоянии покоя на плоскости, ограниченной двумя прямыми линиями с расстоянием между ними 75 мм. Показатель улучшается путем снятия внутренних напряжений, влияет на точность расположения нитей в полотне и равномерность распределения нагрузок в шине. У отечественного металлокорда он хуже по сравнению с зарубежным. *Нераскручиваемость* влияет на прочность связи металлокорда с резиной и проявляется в том, что после разрыва он не расплетается при однократном надавливании на конец нити. *Выносливость* металлокорда определяет устойчивость прилагаемых к шине нагрузок «сжатие – растяжение – перегиб» и зависит от геометрии расположения проволоки, качества катанки и величины остаточных напряжений в проволоках после свивки. *Остаточное кручение* характеризуется крутящим моментом находящегося в свободном состоянии металлокорда и определяет его технологические свойства, а большие значения этого показателя приводят к выходу единичных проволок из брекера покрышек и его разрушению.

Недостатками металлокорда являются высокая плотность, низкие значения коррозионной стойкости и выносливости при многократных деформациях изгиба. Эксплуатационные свойства металлокорда зависят от его адгезионной способности, прочности связи с резиной, на которые, в свою очередь, влияют условия и срок его хранения. Поэтому за рубежом для контроля условий хранения металлокорда

в полиэтиленовую тару помещают, кроме силикагеля-осушителя, видимый через оболочку индикатор влажности.

Основные производители металлических армирующих материалов: Bekaert (Бельгия), Pirelli Steelcord (Италия), Sodetal (Люксембург), ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» (Республика Беларусь), Hyosung (Южная Корея), Stahlcord (Австрия), Drôtovňa Hlohovec (Словакия).

Проволока – это армирующий материал круглого сечения из углеродистой стали. В шинном производстве применяют стальную проволоку при изготовлении бортовых колец (диаметром $1 \pm 0,03$ мм). Для обеспечения высокой прочности сцепления с резиной проволока имеет латунированное или бронзированное покрытие:

- стальная латунированная проволока – 1 Л;
- стальная бронзированная проволока – 1 БП.

Проволока обеспечивает плотное и безопасное крепление основных элементов покрышки и ее посадку на обод.

Ведущие производители бортовой проволоки: GUSTAF WOLF (Австрия), EUROWIRE (Великобритания), KISSWIRE (Южная Корея), TRAFILERIE MERIDIONALI (Люксембург), Drôtovňa Hlohovec (Словакия).

Текстильный корд в большом ассортименте разных типов и плотностей (количество нитей на 10 см ширины полотна) применяется в конструкции шин различного назначения. Частота нитей корда в слоях диагональной покрышки определяется отношением толщины нити (b) к шагу (t) и равна 0,70–0,75 в основных слоях каркаса; 0,5–0,6 – в последних слоях каркаса и 0,3–0,4 – в брекере. В основных слоях каркаса применяют *плотный* корд с 89–95 нитями на 10 см ширины полотна (25А или 28КНТС), в последних слоях – *разреженный* с плотностью 72–75 нитей (252А или 282КНТС), а в брекере – *редкий* корд, обозначенный третьей цифрой 3 в марке (133А, 133КНТС), с плотностью 47–61 нить.

Снижение плотности корда позволяет за счет увеличения резино-содержания от жесткого каркаса к резиновому протектору повысить прочность связи между слоями покрышки, что обусловлено различиями в деформации слоев при эксплуатации шины – верхние слои деформируются больше нижних и, следовательно, опасность расслоения в них больше.

Кордная ткань для каркаса и брекера шин изготавливается из химических волокон. Производители шин предъявляют требования

к кордным тканям в зависимости от их назначения при армировании каркаса или брекера шин.

Каркасный корд для диагональной и радиальной конструкции должен быть высокопрочным и долговечным, сопротивляться действию статических и ударных нагрузок, иметь низкие значения теплообразования, разнашиваемости и ползучести.

Брекерный корд для диагональных шин должен отвечать тем же требованиям, что и каркасный. В случае, когда корд предназначается для брекера шин радиальной конструкции, он должен быть очень прочным и жестким, иметь высокий модуль упругости при растяжении, сопротивляться деформациям сжатия.

В технологии шин применяют полиамидный, вискозный, полиэфирный и стеклокорд.

Вискозный корд вырабатывается из вискозных кордных нитей по основе и хлопчатобумажных – по утку со строением нитей основы 184 текс×1×2 марок 17В, 172В и 173В и со строением 244 текс×1×2 марок 22В и 222В. В обозначении строения нити основы числа 184 и 244 показывают толщину нити в текс (1 текс – толщина нити массой 1 г и длиной 1000 м). Толщину определяют по следующей формуле:

$$T = 1000 \cdot \frac{m}{L},$$

где m – масса нити, г; L – длина нити, м.

1 – нить первого кручения (прясть), состоящая из 1100–1500 элементарных волокон; 2 – число прядей, подвергаемых второй крутке.

В зависимости от назначения выпускают корд различных марок: 17В и 22В для основных слоев каркаса, 172В и 222В для верхних слоев каркаса, 173В для брекера. В обозначении марок (например, 17В, 172В и 173В) число 17 характеризует разрывное усилие нити основы – не менее 170 Н; 2 – разреженный корд; 3 – корд-брекер, а буква В – вискозный корд. Нити основы корда марок одного комплекта (типа) имеют одинаковые прочность, диаметр и другие показатели, отличаются только числом нитей основы и утка на 100 мм, т. е. степенью разряжения. Ткань кордная вискозная высокопрочная выпускается марки 30В со структурой нити 244 текс×1×2, толщиной 1,02±0,03 мм, с числом нитей по основе 72, по утку – 10 на 100 мм.

Основные достоинства – повышенная теплостойкость при температурах эксплуатации в шине, низкая усадка при высоких температурах. К *недостаткам* вискозного корда следует отнести высокую

гигроскопичность, неудовлетворительные усталостные свойства, разрывную нагрузку для брекера радиальных шин. Изготавливают вискозный корд из волокна супер-2 структуры 184 текс×1×2 и 244 текс×1×2. Перспективной является кордная вискозная ткань из волокна супер-3 с высокорастяжимым бикомпонентным утком. Существует мнение, что применение вискозного корда из волокна супер-2 и супер-3 эффективно для основной массы легковых шин, за исключением скоростных и гоночных. По таким характеристикам, как цена и стабильность размеров, вискозный корд обладает преимуществом по сравнению с полиамидными и полиэфирными типами корда. Сырьевая база для вискозного корда не зависит от уровня цен на нефтепродукты. Существенными негативными факторами при производстве вискозного корда являются загрязнение окружающей среды парами сероводорода и рядом других химических компонентов, а также значительные расходы на строительство очистных сооружений.

Основные производители вискозных волокон: Cordenka (Голландия), Glanzstoff (Австрия), Sicrem (Италия), Rayon Shriram, Century (Индия), Lovosice (Чешская Республика).

Полиамидный корд (на основе полиамида 6 и полиамида 66) в отечественной шинной промышленности занял одно из ведущих мест.

Капроновый корд (полиамид 6) вырабатывается из стабилизированных и нестабилизированных полиамидных нитей по основе и хлопчатобумажной пряжи по утку марок: 12КТ; 122КТ и 123КТ; 12КНТС, 122КНТС и 123КНТС; 14К, 142К и 143К; 23КНТС и 232КНТС; 25КНТС и 252КНТС. В марках ткани числа обозначают разрывную нагрузку нити основы (не менее 120, 230, 250, 300, 600 и 900 Н), а буквы обозначают: К – капроновая ткань; Н – непромытые нити; Т – ткань для термовытяжки, выдерживающая большую нагрузку; С – содержит стабилизатор. По сравнению с вискозным имеет меньшую массу, большую прочность, влагостойкость, высокую выносливость при многократном сжатии, стойкость к тепловому старению. В то же время капроновый корд имеет повышенные ползучесть, усадку при высоких температурах, разнашиваемость. Перечисленные недостатки снижаются термовытяжкой и стабилизацией при температуре 190°С в течение 20 с, а также термофиксацией, т. е. остыванием под натяжением. Такая обработка позволяет снизить остаточное удлинение корда с 30–35 до 16–17 %.

Анидный корд (полиамид 66) вырабатывается из стабилизированных полиамидных нитей по основе и хлопчатобумажной пряжи

по утку со строением нити основы 93,5 текс×1×2 и толщиной 0,50 мм марок 132А и 133А и соответственно 93,5 текс×2×2 и 0,70 мм – марок 23А и 232А. Буква А в марке обозначает анидный корд. Также существуют марки 13АТ (анидный, Т – термообработка), 25АТ, 30А, 13АДУ (ДУ – двухкомпонентный уток). Анидный корд имеет преимущества перед капроновым по работоспособности при высоких температурах, что обусловлено более высокой температурой плавления (250–260 вместо 212–216°С); термостойкость, динамическая выносливость, относительная прочность выше на 8–10%, тепловая усадка ниже на 3–5%. В процессе вулканизации при высоких температурах (165–170°С) потеря прочности у анидного корда меньше и поэтому он обладает более благоприятным сочетанием технико-экономических свойств. При утомлении в нитях анидного корда возникает меньшее количество дефектов, чем у капронового, вследствие чего он обладает повышенными ресурсными характеристиками. Ассортимент анидных кордов значительно расширился. Для армирования каркаса однослойных радиальных легковых шин применяется корд 13АЛТДУ: А – анидный, Т – термообработанный, Л – область применения (легковые шины), ДУ – двухкомпонентный уток (хлопчатобумажное волокно + анид). Для армирования каркаса и брекера СКГШ применяют высокопрочные корды марок 30А и 302А (210 текс×1×2) и 133А (94 текс×1×2). Используются корды 13АТЛ ДУ, 14АДУ. Применение анидных кордов в каркасе грузовых шин позволяет снизить массу, материалоемкость готовой продукции, потери массы на качество.

Сравнение свойств полиамида 6 и 66 представлено в табл. 6.

Таблица 6

Физико-механические свойства полиамидов 6 и 66

Параметр	Единицы измерения	Полиамид 66	Полиамид 6
Плотность	кг·м ⁻³	1,14	1,14
Влажность	%	3,8	4,3
Усадка	%	8–10	12–15
Температура плавления	°С	258	218
Прочность	cN/dtex	8–10	7–9
Удлинение	%	17,6	17

Основные производители полиамидных волокон: Du Pont (США), Acordis (Голландия), Asahi (Япония), Teijin (Япония), Unitika (Япония), Toray (Япония), Rhodia Humenné (Словакия).

Полиэфирный корд изготавливается из полиэфирного волокна (лавсан, терилен). Для улучшения механических свойств корда полиэфирное волокно, стабилизированное фосфорорганическими соединениями, подвергают термической обработке при температурах, близких к температуре плавления полимера (более 200°C). Он обладает высокой ударной прочностью. Полиэфирный корд по прочности, плотности, влагостойкости, устойчивости к многократным деформациям к действию высоких температур превосходит вискозный корд. По сравнению с полиамидным он более влагостоек, но ввиду плохого смачивания водными адгезивами для повышения адгезии к резине требуются специальные технологические приемы. Основной задачей при использовании полиэфирного корда является разработка специального пропиточного состава при одностадийной обработке корда и рецептуры модифицированной каркасной резины. За рубежом полиэфирный корд применяется в основном при армировании каркаса легковых и грузовых шин небольшого размера, главным образом марки 18 ПДУ. В зависимости от нагруженности шин, запаса прочности, режимов эксплуатации используются различные структуры полиэфирного корда: от наиболее тонкого 94 текс×1×2 с диаметром нити 0,5 мм до толстого 144 текс×1×2 диаметром нити 0,8 мм. В последнее время во всем мире наблюдается тенденция увеличения производства и потребления полиэфирного волокна. По сравнению с амидным полиэфирный корд имеет существенные преимущества по жесткостным и усадочным характеристикам, что делает его незаменимым армирующим материалом для каркаса высокоскоростных шин (серий H, V, Z).

Основные производители полиэфирных волокон: Honeywell (США), Hoechst Celanese (США), Acordis (Голландия), Asahi (Япония), Teijin (Япония), Toray (Япония), SH Senica (Словакия), Slovkorд Senica (Словакия).

Стеклокорд получают из волокон алюмоборсиликатного стекла, которое для снижения хрупкости обрабатывают кремнийорганическими соединениями, взаимодействующими с поверхностью силикатного стекла, а затем полимерным пропиточным составом на основе эпоксидных, фенольных и других олигомеров. Из расплава стекла формируют волокна диаметром 9 мкм, замазывают их и скручивают нити необходимой структуры (например, 33 текс×10×3). По свойствам стеклокорд близок к металлокорду и позволяет на 10–14% уменьшить массу шины и на 20–30% – ее стоимость, снизить

сопротивление качению, повысить комфортабельность езды. Основным недостатком стеклокорда, сдерживающим его широкое применение в шинной промышленности, является низкая прочность связи с резиной. В России выпускают стеклокорд марки 26С.

С точки зрения повышения качества шин перспективны новые высокомолекулярные корды из *ароматических полиамидов*, близкие по деформационным характеристикам к металлокорду, при этом имеют меньшую массу, в пять раз меньшую плотность и не подвержены коррозии. Высокопрочные высокомолекулярные синтетические волокна на базе ароматических полиамидов (параарамидные волокна) характеризуются высокими температурами стеклования, высокой термической и термоокислительной стабильностью. Для этих материалов характерна высокая устойчивость к действию открытого огня. Особенно важна малая усадка параарамидных волокон и изделий из них при высоких температурах. В шинной промышленности применяются арамидные волокна Kevlar (DuPont) и Twaron (Akzo/Acordis), изготавливаемые на основе поли-*n*-фенилэтерэфталамида. За рубежом корд «кевлар» применяют в основном в брекере легковых шин высокого класса, в шинах для полицейских автомобилей, гоночных и скоростных шинах.

Ведущие производители арамидных волокон: Du Pont (США), Teijin Aramid (Япония).

2.2. Армирующие материалы в производстве резинотехнических изделий

Резинотканевые и резинометаллические изделия занимают значительное место в ассортименте резиновых технических изделий. Армирующие материалы служат силовым элементом каркаса, воспринимающим основные нагрузки, или являются конструктивной деталью второстепенного назначения (например, оберточные ткани для облицовки клиновых ремней и др.).

В производстве резинотехнических изделий в качестве армирующих материалов применяются как натуральные, так и химические волокна в виде отдельных нитей или пряжи, кордшнуров, тканей разнообразных типов. Волокна, перерабатываемые в технические ткани, должны обладать повышенной прочностью, стойкостью к истиранию, физическим и химическим воздействиям, а также другими особыми свойствами в зависимости от области их применения.

Нити и пряжу применяют в основном в производстве рукавов. Они должны иметь равномерную прочность, деформируемость и толщину по всей длине, хорошо выдерживать многократные изгибы. Чем больше крутка нити, тем она плотнее и прочнее. Для армирования рукавов в ограниченном количестве применяют хлопчатобумажные нити и пряжу (чаще всего для вспомогательных слоев под металлооплетку или навивку), а для силовых каркасов используют синтетические (в основном, лавсановые) нити. Ткани, применяемые в производстве рукавов, должны обладать одинаковой прочностью и растяжимостью по основе и утку и поэтому, как правило, имеют полотняное переплетение. Рукавные ткани могут быть хлопчатобумажными, льняными, полиамидными.

Толстые двухкруточные нити, применяемые для армирования приводных ремней, называют кордшнурами. В ряде случаев кордшнуры собирают в полотна шнуровой ткани шириной от 70 до 120 см, в которых тонкие нити утка выполняют вспомогательную функцию, фиксируя положение кордшнуров друг относительно друга.

Для армирования транспортерных лент и плоских приводных ремней применяют ткани с большей прочностью и растяжимостью по основе, чем по утку, что связано с особенностями их механического нагружения при эксплуатации. При стационарных режимах работы этих изделий удлинение ткани не превышает 4–5%, однако при пиковых нагрузках (например, в момент пуска) удлинения могут достигать 15–18%, и существенная растяжимость ткани делает ленты и ремни достаточно эластичными, что предотвращает их преждевременное разрушение. Ткани для изготовления транспортерных лент выпускаются из одинаковых или комбинированных нитей основы и утка, из волокон капроновых, анидных, полиэфирных и хлопчатобумажных. Комбинированием полиэфирных волокон с хлопчатобумажными или полиамидными добиваются приемлемого уровня сцепления резины с тканью.

В клиновых ремнях ткани используют как армирующий материал для силового слоя (в этом случае они должны иметь большую прочность по основе и сравнительно низкую растяжимость), а также для обертывания ремней. Оберточные ткани после обрезинивания должны быть равнопрочными по обоим направлениям, обладать высокой эластичностью (чтобы при обертывании сердечника не образовывать складки) и стойкостью к истиранию. С целью улучшения качества клиновых ремней предусматривается сокращение потребления

в несущем слое капроновых, амидных и вязкозных текстильных материалов и увеличение потребления полиэфирных. В качестве обертки клиновых ремней используют хлопчатобумажные оберточные ткани.

В ряде изделий текстильные армирующие материалы применяют в виде трикотажных, круглотканых, нитепрошивных и других полотен.

Ассортимент металлоарматуры в производстве резинотехнических изделий весьма разнообразен. При изготовлении рукавов высокого давления используют стальную проволоку диаметром 0,3–0,6 мм прочностью 15,0–75,0 МПа (желательно латунированную). Для спиралей всасывающих рукавов применяют проволоку из более мягкой стали диаметром от 1,6 до 6,0 мм (для открытых спиралей проволока должна быть оцинкованной). В ряде случаев стальная проволока может использоваться в виде плетенок, сеток из стальной или латунной проволоки, тросов различных по структуре и толщине и т. д. Металлотросы представляют собой тросы, свитые из латунированной или оцинкованной проволоки диаметром от 0,12 до 0,23 мм. В транспортных лентах применяют тросы диаметром от 2,5 до 13 мм, приводных ремнях – от 0,35 до 0,65 мм. Используют их для производства практически нерастяжимых плоскозубчатых и вариаторных приводных ремней, а также для изготовления высокопрочных транспортных лент, буровых рукавов, муфт для нефтегазовой промышленности.

2.3. Методы испытания текстильных материалов

Качество кордных тканей определяется характеристиками, выбор которых связан главным образом с условиями эксплуатации изделий. Нагрузочная характеристика показывает зависимость между нагрузкой и удлинением и является одной из основных при оценке механических свойств корда и тканей. Эта характеристика определяется при испытании материала на разрывной машине.

Разрывная нагрузка и удлинение корда определяют прочность резинокордных систем. Применение в шинах корда с более высокой разрывной нагрузкой при сохранении или увеличении усталостной прочности корда приводит к улучшению качества шин, уменьшению числа шин, вышедших из строя по причине разрушения каркаса, повышению общего пробега шин.

Нестабильность результатов по разрывной нагрузке и удлинению – это характеристики, от которых зависит качество шин и резиновых

технических изделий. При пропитке, обрезинивании кордной ткани, а также эксплуатации шин под воздействием напряжений каждая нить подвергается растяжению. При этом напряжение на каждую нить распределяется пропорционально модулю каждой нити, поэтому одновременность работы нитей системы зависит от ровности по разрывному удлинению и нагрузке.

Крутка кордной нити выбирается таким образом, чтобы обеспечить оптимальную усталостную прочность при сохранении разрывной нагрузки нити на достаточно высоком уровне. Для оценки скрученности нитей применяют следующие характеристики: направление крутки и число витков на 1 м (или шаг свивки – для металлического корда).

В конструкции шин, резиновых технических изделий наиболее перспективным и экономичным является применение малослойных резинокордных систем, изготовленных из корда той же толщины, что и многослойные, но с более высокими абсолютной и усталостной прочностями нити. Например, в шинах используют полиамидный корд с толщиной нити 0,70 мм при разрывной нагрузке 240–250 Н. Использование корда такой толщины при разрывной нагрузке 300 Н позволяет значительно уменьшить слойность и массу шины.

При выборе толщины кордной нити конструкторы стремятся по возможности сохранить геометрическое подобие конструктивных элементов шины.

Плотность кордной ткани характеризуется числом нитей основы и утка на 20 см ткани. В конструктивных элементах шины используют кордную ткань различной плотности. В основных слоях каркаса применяется ткань повышенной плотности, в последних слоях каркаса, брекере, – разреженный корд. Такой выбор кордов связан с различной деформацией слоев каркаса. Верхние слои будут испытывать более высокое напряжение сдвига в зоне контакта шины с дорогой при качении и больше нагреваться, чем нижние слои. Следовательно, опасность расслоения и разрушения больше в области верхних слоев. С целью повышения прочности сцепления при изготовлении верхних слоев каркаса многослойных покрышек используют разреженный корд.

Особенно важно для новых типов кордов определение таких характеристик, как усадка корда при нагреве и изменение прочностных характеристик в мокром состоянии (влагостойкость), поскольку они влияют на выбор режима обработки корда.

При испытании текстильных материалов встречаются следующие основные понятия и определения.

Образец ткани – отрезок, вырезанный из куска ткани во всю ее ширину; длина его определяется в зависимости от ширины ткани и видов лабораторных испытаний, предусмотренных в стандартах на методы испытаний.

Образец штучного изделия – отдельный экземпляр или часть штучного изделия, размер которого определяется в зависимости от видов лабораторных испытаний, предусмотренных в стандартах на методы испытаний.

Проба – отрезок ткани или штучного изделия, вырезанного из образца. Форма и размер пробы обусловлены видом лабораторного испытания, предусмотренного в стандартах на методы испытаний.

Длина ткани в куске L – расстояние между началом и концом куска:

$$L = L \cdot n + L_1,$$

где L – длина каждого участка, м; n – число измеренных участков куска; L_1 – длина последнего участка, измеренного линейкой, м.

Ширина ткани в куске – расстояние между двумя краями полотна ткани вместе с кромками или без них в направлении, перпендикулярном нитям основы.

Длина и ширина штучного изделия – расстояние между двумя противоположными краями штучного изделия вместе с кромками, подружкой, кистями или без них в направлении, перпендикулярном нитям утка и нитям основы – для ширины.

Длина образца – расстояние между началом и концом образца по нитям основы.

Ширина – расстояние между двумя краями образца, определенное в направлении, перпендикулярном нитям основы.

Масса l м – отношение массы образца ткани или штучного изделия к его длине:

$$M = \frac{m}{L_2} \cdot 100,$$

где m – масса образца, выдержанного в нормальных атмосферных условиях, г; L_2 – средняя длина образца, см.

Масса l м² – отношение массы образца ткани или штучного изделия к его площади:

$$M_1 = \frac{m}{L_2 \cdot b} \cdot 1000,$$

где b – средняя ширина образца, выдержанного в нормальных атмосферных условиях, см.

Кондиционная масса 1 м² – фактическая масса 1 м² ткани или штучного изделия, приведенная к кондиционной влажности:

$$M_k = M_1 \cdot \frac{100 + W_n}{100 + W_{cp}},$$

где W_n – кондиционная влажность ткани или штучного изделия, %;
 W_{cp} – фактическая влажность ткани или штучного изделия, %.

Линейные размеры – длина и ширина ткани в рулоне. Длина ткани в рулоне – протяженность одного рулона кордной ткани в метрах.

Плотность по основе – число нитей основы на 10 см ткани по ширине. *Плотность по утку* – число нитей утка на 10 см ткани по длине. *Поверхностная плотность* – масса 1 м² кордной ткани в граммах с учетом нормированной влажности ткани.

Разрывная нагрузка – наибольшее усилие, выдерживаемое нитями при растяжении их до разрыва, Н.

Относительное разрывное удлинение – приращение длины растягиваемых нитей в момент разрыва, выраженное в процентах к зажимной длине.

Относительное промежуточное удлинение – приращение длины растягиваемой нити в момент достижения стандартной нагрузки, выраженное в процентах к зажимной длине.

Крутка – число кручений, приходящееся на 1 м кордной нити. *Первая крутка* – число кручений комплексной нити, определяемое раскручиванием одной из крученых комплексных нитей, входящих в кордную нить, до полной параллельности составляющих ее элементарных нитей. *Вторая крутка* – число кручений кордной нити, определяемое раскручиванием кордной нити до полной параллельности составляющих ее крученых комплексных нитей.

Лабораторная работа № 2

ЛИНЕЙНАЯ УСАДКА КОРДНОЙ НИТИ

Цель работы: определить относительное изменение длины под действием воздушно-тепловой обработки.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: приспособление для измерения длины нити с погрешностью ± 1 мм; сушильный

шкаф, обеспечивающий температуру сушки $160 \pm 2^\circ\text{C}$; термометр с ценой деления не более 2°C ; грузы.

Испытание проводится согласно ГОСТ 23785.5-2001 «Ткань кордная. Метод определения линейной усадки».

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. От образца кордной ткани отрезают пробу вместе с заработкой по всей длине образца шириной не менее 50 мм. Пробы ткани из синтетических волокон должны быть выдержаны в свободном состоянии не менее 2 ч при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $65 \pm 2\%$. Пробы ткани из искусственных волокон подсушивают в сушильном шкафу в течение 2 ч при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Количество нитей от каждой лабораторной пробы должно быть не менее 5. Общее количество испытаний должно быть не менее 25.

Проведение испытания. Из каждой отобранной пробы вынимают один конец нити, завязывают петлю и закрепляют в зажиме измерительного приспособления так, чтобы узел петли находился с левой стороны зажима на расстоянии 5–10 мм. Сохраняя крутку, вынимают второй конец нити, направляют нить через ролик и подвешивают груз предварительной нагрузки. Предварительную нагрузку устанавливают в зависимости от номинальной линейной плотности из расчета 5,0 мН/текс.

У делений 0 и 250 на нить карандашом наносят метку с погрешностью не более ± 1 мм. Нить перехватывают перед роликом, снимают груз и, перегибая нить, завязывают петлю. Затем нить освобождают от зажима и за петли подвешивают на крючки приспособления. Приспособление с подвешенными нитями помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до $160 \pm 2^\circ\text{C}$, выдерживают 20 мин с момента достижения указанной температуры. Требуемая температура должна устанавливаться не более чем за 10 мин после помещения нитей в шкаф. Контроль температуры воздуха в шкафу осуществляется в точке, находящейся на середине стрелы прогиба подвешенных нитей.

Прогретье нити вместе с приспособлением вынимают из шкафа и выдерживают 30 мин. Нить за петли снимают с крючков, закрепляют зажим измерительного приспособления так, чтобы нулевая отметка находилась на нулевом делении шкалы, натягивают и прижимают к линейке в месте нахождения петли, направляют через ролик,

подвешивают груз и измеряют расстояние между петлями с погрешностью не более ± 1 мм.

Обработка результатов. Линейную усадку нитей Y , %, вычисляют по следующей формуле:

$$Y = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100,$$

где L_1 – длина точечной пробы после обработки, мм; L_0 – длина точечной пробы до обработки, мм.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое результатов всех испытаний с округлением до первого десятичного знака.

Лабораторная работа № 3 ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ОСНОВНОЙ НИТИ ПОЛИАМИДНОЙ КОРДНОЙ ТКАНИ

Цель работы: определить термостойкость нити полиамидной кордной ткани по отношению разрывной нагрузки нитей после их прогрева к первоначальной.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: рамка металлическая жесткая с зажимами и легким блоком, укрепленным на ползушке, соответствующая размерам сушильного шкафа с учетом зажимной длины нити; шкаф сушильный, обеспечивающий температуру $200 \pm 2^\circ\text{C}$; машина разрывная; термометр с ценой деления не более 2°C ; грузы.

Испытание проводят согласно ГОСТ 23785.6-2001 «Ткань кордная. Метод определения термостойкости».

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. От каждого образца кордной ткани отрезают пробу, которую подготавливают аналогично тому, как это сделано в работе 2. Количество нитей, отбираемых от каждой лабораторной пробы, должно быть не менее 5. Общее число испытаний должно быть не менее 25.

Проведение испытания. Из пробы ткани вынимают один конец нити и закрепляют в зажимах рамки. Сохраняя крутку, вынимают

второй конец нити, направляют нить через ролик и подвешивают груз предварительной нагрузки. Предварительную нагрузку устанавливают в зависимости от номинальной линейной плотности из расчета 5,0 мН/текс. В сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры $200 \pm 2^\circ\text{C}$, помещают рамки с закрепленными нитями и выдерживают 2 ч с момента достижения указанной температуры. Крайние нити в рамке должны находиться на расстоянии не менее 50 мм от стенок шкафа. Требуемая температура должна установиться не более чем за 15 мин после помещения рамки с нитями в сушильный шкаф. Температуру испытания измеряют в зоне расположения нитей. Рамку с прогретыми нитями вынимают из сушильного шкафа и выдерживают в течение 30 мин при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $65 \pm 2\%$.

Разрывную нагрузку нитей до и после прогрева определяют на разрывной машине. При определении разрывной нагрузки прогретых нитей необходимо в зону растяжения разрывной машины помещать участок нитей, находящийся между зажимами рамки.

Обработка результатов. Термостойкость T , %, вычисляют по следующей формуле:

$$T = P \cdot \frac{100}{P_0},$$

где P – среднее арифметическое значение разрывной нагрузки прогретой нити, Н; P_0 – среднее арифметическое значение разрывной нагрузки нити до прогрева, Н.

Лабораторная работа № 4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТКАНИ

Цель работы: определить прочность, удлинение, плотность и вес 1 м² ткани.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: разрывная машина РМИ-250; оптические увеличительные средства; толщиномер; линейка измерительная с ценой деления 1,0 мм; ножницы; пинцет; шаблон; игла препарационная; карандаш.

Испытание проводят с использованием ГОСТ 29104.4-91 «Ткани технические. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве».

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. Образец ткани подравнивают ножницами по направлению уточных нитей для придания ему прямоугольной формы. Измеряют линейкой ширину и длину образца с точностью до 0,5 мм и взвешивают его на весах с точностью до 0,1 г.

Ширина каждой полоски составляет около 50 мм. Для тяжелых тканей (масса 1 м² более 350 г) ширина полосок должна быть примерно 68 мм. Длина пробных полосок около 350 мм, рабочий участок составляет 200 мм. У вырезанных пробных полосок с обеих сторон удаляют продольные нити, чтобы ширина полоски составила 50 мм.

У подготовленных четырех уточных и трех основных полосок зачищают один конец до получения бахромы длиной около 5 мм. Зачищенный конец отрезают в виде ленточки шириной 2,0–2,5 см. Выдерживанием нитей, образующих бахрому, подсчитывают число нитей в пробной полоске. Можно подсчитать нити и непосредственно по бахrome пробных полосок с помощью специальной лупы.

Проведение испытания. Расстояние между зажимами машины должно быть равно 200 ± 1 мм. Для машины РМИ-250 установку производят вращением маховика ручного привода. С помощью шкалы вариатора устанавливают заданную скорость движения зажима. Если скорость не задана, ее принимают равной 110 мм/мин.

Пробную полоску без перекоса по метке закрепляют в верхнем зажиме, пропускают в нижний и подвешивают груз предварительного натяжения. Чуть ослабив верхний зажим, полоске дают возможность слегка опуститься, а затем плотно зажимают верхний и нижний зажимы.

Включают электродвигатель и в момент прекращения роста нагрузки (начало разрушения образца) снимают показания удлинения по верхней шкале и записывают фиксированную на циферблате разрывную нагрузку. Таким же образом испытывают остальные пробные полоски.

Обработка результатов. За разрывную нагрузку пробной полоски по основе или утку принимают среднее арифметическое всех первичных результатов испытаний.

Удлинение образца L , %, при разрыве пробных полосок по основе или утку вычисляют по следующей формуле:

$$L = \frac{L_1}{200} \cdot 100,$$

где L_1 – удлинение при разрыве, мм; 200 – расстояние между зажимами разрывной машины, мм.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение всех измерений по основе или по утку.

За удлинение ткани при стандартной нагрузке принимают среднеарифметическое значение всех измерений по основе или утку.

Результаты испытаний заносят в табл. 7.

Таблица 7

Результаты испытаний

Наименование показателя	Значение показателя
Ширина образца, мм	
Длина образца, мм	
Масса образца, г	
Масса 1 м ² ткани, г	
Плотность, число нитей / 10 см ткани	
по основе	
по утку	
Среднеарифметическое значение разрывной нагрузки, Н	
по основе	
по утку	
Среднеарифметическое значение удлинения при разрыве, %	
по основе	
по утку	
Среднеарифметическое значение удлинения при стандартной нагрузке, %	
по основе	
по утку	

Контрольные вопросы

1. Армирующие материалы в резиновых изделиях.
2. Виды армирующих материалов, их характеристика.
3. Методы определения основных технических характеристик тканей.

2.4. Методы определения прочности связи в резинокордных системах

Большинство изделий работает не только в статических условиях, но и в условиях многократного динамического нагружения, поэтому существующие методы определения прочности связи можно разделить в основном на две группы:

– *статические методы*, при которых определяется величина нагрузки, вызывающая расслоение или выдергивание нити;

– *динамические методы*, при которых резинокордная система подвергается различным видам многократных деформаций.

К статическим методам определения прочности связи относятся отслаивание, выдергивание и расслаивание.

Метод отслаивания определения прочности связи основан на отслоении единичной нити корда от резины при статическом сжатии. Испытания образцов в виде пробок проводятся после их прогрева в течение 1–2 ч в термостате при 120°C. Метод визуальный, однако отличается высокой чувствительностью, поэтому он получил распространение как контрольный метод определения прочности связи корда, пропитанного в производственных условиях, с контрольными резинами. Поскольку результаты испытания в значительной степени зависят от твердости резины и ее модуля, этот метод не может применяться при сравнительной оценке адгезионных свойств резины.

Метод выдергивания основан на выдергивании нити из резинового блока. В зависимости от формы резинокордного образца существует несколько модификаций этого метода – методы *H*, *U*, *T*. *H*-метод основан на выдергивании нити из резинового блока в виде буквы *H*. Испытания проводят при комнатной температуре после прогрева образцов при температуре от 100 до 150°C и предварительного утомления. Метод используется на практике и пригоден для оценки адгезионных свойств корда и резины. *U*-метод основан на выдергивании обоих концов нити в форме буквы *U* из испытуемого образца. *T*-метод основан на выдергивании одного конца нити из резинового блока в форме буквы *T*. Два последних метода не нашли распространения.

Метод расслаивания основан на статическом расслаивании резиноканевых образцов. При расслаивании фиксируется сила (нагрузка), необходимая для отделения ткани (ленты) от резины в дублируемых двухслойных образцах заданного размера. Метод расслаивания позволяет выявить колебания в прочности связи на отдельных участках расслаиваемого образца по соответствующим колебаниям наблюдаемой при испытании нагрузке. Поэтому расслаивание следует предпочесть из всех методов испытания образцов.

В условиях многократных деформаций связь на границе раздела корд – резина снижается, поэтому динамические методы испытания

прочности резинокордных систем, как правило, являются более чувствительными к рецептурным и технологическим факторам, чем статические, хотя разброс показателей при этом увеличивается. Испытания на прочность связи резины с отдельными нитями корда заключаются в многократных деформациях резиновых образцов с завулканизованными в них нитями, которые при испытаниях находятся под натяжением грузов.

Существующие методы в основном классифицируют по типу реализуемых деформаций образца в целом: сжатия, растяжения, изгиба, сдвига и др.

1. Метод, основанный на многократном сжатии резинокордного образца в виде цилиндра с кордной нитью по диаметру с последующим выдергиванием нити. Недостатком является разнашиваемость резины в процессе испытания образца.

2. Метод, основанный на деформации изгиба и сжатия. Кордная нить расположена вдоль резинового образца в виде длинной трубки с фланцами на концах. Испытания проводят либо до выдергивания кордной нити из образца, либо до утомления образца при определенном числе циклов с последующим выдергиванием нити.

3. Метод, основанный на утомлении образцов в виде *H*-блоков при деформации растяжения, направленной перпендикулярно кордным нитям. Утомление образцов производится в течение заданного времени с последующим выдергиванием нити. Преимущество этого метода заключается в том, что результаты испытаний не зависят от модуля резины, поэтому он может быть использован для оценки адгезионных свойств как корда, так и резины.

4. Резинокордным образцам в форме гантелей задается деформация растяжения – сжатия на машине МРС-2 со специальным приспособлением. Испытание проводят до выдергивания нитей из образца. Преимуществом этого метода является возможность проведения испытаний при заданной деформации.

5. Резинокордные образцы для испытания при деформации многократного сдвига могут быть изготовлены из одиночной кордной нити или из ткани. При испытании резинотканевых образцов они изготавливаются из одного слоя кордной ткани. Испытания проводят при дополнительной статической нагрузке и соответствующем поджатии до момента отслоения кордной ткани от резины. Момент отслоения фиксируется визуально.

6. Резинокордные образцы для испытания при многократном изгибе могут быть из единичной нити или из ткани (ленты). Единичная нить корда располагается вдоль цилиндрического образца, изгиб достигается в результате деформации образца между неподвижным стыком и плунжером. Одновременно образец подвергается деформации сжатия.

В отечественной практике наибольшее распространение получил следующий комплекс методов определения прочности связи корда с резиной: отслоение единичной нити корда от резины при статическом сжатии; *H*-метод испытания до и после утомления; расслаивание резинотканевых образцов; многократное сжатие резинокордных образцов с единичной нитью; многократный сдвиг резинотканевых образцов; многократное растяжение – сжатие резинокордных образцов в виде гантелей.

Прочность связи, полученная методом отслоения при статическом сжатии, *H*-методом при многократном сжатии резинокордных образцов с единичной нитью, хорошо коррелирует с прочностью связи между резинокордными слоями шин, ходимостью шин на стендах и при эксплуатации.

Лабораторная работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СВЯЗИ ЕДИНИЧНОЙ НИТИ КОРДА С РЕЗИНОЙ *H*-МЕТОДОМ

Цель работы: определить прочность связи единичной нити корда из текстильных волокон, металлической проволоки, стекловолокна и других с резиной *H*-методом, основанным на определении силы, необходимой для выдергивания кордной нити из резинового образца, имеющего форму *H*.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: разрывная машина для испытания, которая должна обеспечивать замер нагрузок с точностью до $\pm 2\%$; скорость подвижного зажима 100 ± 10 и 150 ± 10 мм/мин. Для закрепления образцов машина должна быть снабжена двумя держателями с шириной прорези для нитей $1,6 \pm 0,1$ и $2,0 \pm 0,3$ мм.

Испытание проводят согласно ГОСТ 14863-69 «Резина. Метод определения прочности связи резина-корд (*H*-метод)».

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. По форме образцы типов I, II и III должны соответствовать указанным на рис. 11.

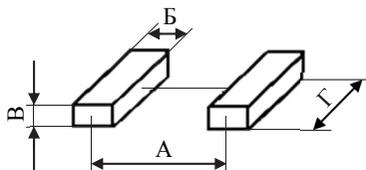


Рис. 11. Вид образца

Толщина В, высота Б резинового блока и расстояние между центрами блоков А определяются размерами пресс-формы, схема одного из вариантов которой и основные размеры для образцов типов I, II, III приведены на рис. 12 и в табл. 8 соответственно.

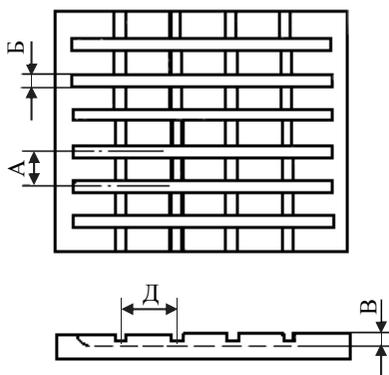


Рис. 12. Вид пресс-формы

Таблица 8

Размеры (в мм)

Тип образца	А	Б	В	Д
I	$16,4 \pm 0,2$	$6,4 \pm 0,05$	$3,2 \pm 0,05$	$25 \pm 0,05$
II	$35,0 \pm 0,2$	$10,0 \pm 0,1$	$6,0_{-0,2}$	—
III	$35,0 \pm 0,2$	$10,0 \pm 0,1$	$8,0_{-0,2}$	—

Допускается размер А для образцов типа I принимать равным $26,4 \pm 0,2$ мм. Образцы типа I применяют для кордов диаметром

нити до 1,0 мм, образцы типа II – для кордов диаметром нити более 1,0 мм до 1,2 мм, образцы типа III – для кордов диаметром нити более 1,2 мм.

Образцы изготавливают следующим образом. Резиновую смесь снимают с вальцов или каландра в виде листов толщиной $2 \pm 0,2$ мм для образцов типа I; 3,5–4,0 мм – для образцов типа II; 4,5–5,0 мм – для образцов типа III. Из листов резиновой смеси ножницами нарезаются 8 полосок размера $(8 \div 10) \times 360$ мм и прямоугольный лист по шаблону размера 355×195 мм. Затем нарезают полоски целлофана размером $(20 \div 22) \times 370$ мм в количестве 4 шт. Кордные нити в количестве 18 шт. укрепляются на металлической планке, соответствующей размерам формы.

Загрузка формы осуществляется следующим образом. В глубине предварительно нагретой нижней формы закладываются полоски резиновой смеси. Планка с нитями корда укрепляется на шпильках формы. Нити направляются соответственно через прорези в бортах формы. На свободном конце каждой нити укрепляется для выпрямления груз массой 200 ± 5 г. Вдоль выступов формы на нити корда накладываются полоски целлофана, а затем на всю поверхность формы накладывается прямоугольный лист резиновой смеси.

Форма закрывается подогретой крышкой и помещается между плитами вулканизационного пресса. Режим вулканизации определяется рецептурой применяемой резиновой смеси. Давление плит пресса должно обеспечить удельное давление на форму не ниже 3,5 МПа. Свулканизованные резинордные образцы нарезают на индивидуальные *H*-блоки.

Проведение испытания. Испытания проводятся на разрывной машине, снабженной специальным держателем, при скорости движения нижнего зажима 100 ± 10 мм/мин или 150 ± 10 мм/мин. Образцы могут испытываться при нормальной температуре ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) или при повышенных ее значениях. В последнем случае осуществляют предварительный прогрев в термостате образцов типа I – 10–20 мин, типа II – 15–25 мин, типа III – 20–30 мин. Образец вставляют в держатели так, чтобы кордная нить вошла в прорезь без трения и видимого перекоса. Включают машину и отмечают максимальную силу выдергивания нити из резинового блока.

Обработка результатов. За показатель прочности связи принимается максимальная сила (в Ньютонах), фиксируемая по шкале

разрывной машины в момент выдергивания нити из резинового блока. Число испытываемых образцов должно быть не менее 12. Из полученных результатов подсчитывается среднее арифметическое значение, которое и является величиной прочности связи кордной нити с резиной.

В качестве дополнительного показателя определяют условное сдвиговое напряжение σ_c , МПа:

$$\sigma_c = \frac{f}{\pi \cdot d \cdot l},$$

где f – разрушающая нагрузка, Н; d – толщина нити корда, м; l – длина нити на участке контакта с резиной, м.

Рекомендуется оценивать точность результатов испытания с вероятностью 0,95 по формуле

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{a^2 \cdot \sigma^2}{n^2}},$$

где $a = 2,0$; n – число образцов; $\sigma = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$ – средняя квадратичная ошибка; X_i и \bar{X} – отдельные и средние значения определяемого показателя, соответственно.

Результаты испытания записывают в табл. 9.

Таблица 9

Результаты испытаний

Наименование показателя	Значение показателя											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шифр резиновой смеси												
Марка корда												
Толщина нити												
Максимальная сила, Н												
Условное сдвиговое напряжение, МПа												
Среднее значение: прочности связи кордной нити с резиной, Н												
условного сдвигового напряжения, МПа												

Лабораторная работа № 6 ПРОЧНОСТЬ СВЯЗИ МЕЖДУ СЛОЯМИ ПРИ РАССЛОЕНИИ

Сущность метода заключается в расслоении образцов и определении силы, необходимой для отделения двух испытуемых слоев друг от друга. Настоящим методом устанавливают прочность связи между слоями резина – резина, резина – ткань, резина – прорезиненная ткань, прорезиненная ткань – прорезиненная ткань, при расслоении образцов, вырезанных из многослойных изделий: покрышек, конвейерных лент и т. п.

Цель работы: определить прочность связи между слоями резина – резина, резина – ткань, резина – прорезиненная ткань, прорезиненная ткань – прорезиненная ткань, при расслоении образцов.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: машина для испытания должна обеспечивать надежное крепление образцов в зажимах без перекоса; перемещение подвижного зажима со скоростью 100 ± 10 мм/мин; измерение силы с погрешностью не более $\pm 1\%$ от измеряемой величины. Машина должна иметь безынерционный силоизмеритель. Допускается проводить испытания на машине с маятниковым силоизмерителем. При этом шкалу выбирают так, чтобы измеряемая сила находилась в пределах от 20 до 85% номинального значения шкалы. Машина должна быть обеспечена для записи диаграммы расслоения самопишущим прибором, погрешность записи которого не должна превышать $\pm 2\%$ от измеряемой величины. Испытуемые образцы.

Испытание проводят согласно ГОСТ 6768-75 «Резина и прорезиненная ткань. Метод определения прочности связи между слоями при расслоении».

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. Образцы для испытания должны иметь форму прямоугольного параллелепипеда шириной $25 \pm 1,0$ мм, толщиной не более 12 мм и длиной, обеспечивающей расслоение на участке не менее 100 мм. Для образцов из готовых изделий допускается длина, обеспечивающая расслоение на участке не менее 60 мм. Толщина расслаиваемых слоев образца должна быть не более 6 мм.

Если толщина выше, ее доводят до требуемой. При испытании образцов из готовых изделий допускаются другие размеры, предусмотренные нормативно-технической документацией на изделия. Для предотвращения растяжения резины при испытании рекомендуется к ее нерасслаиваемой поверхности привулканизовывать или приклеивать ткань. Образцы вырезают из многослойных вулканизованных пластин так, чтобы направление каландрования резины и основы ткани совпадали с длиной образца. В зависимости от вида и конструкции изделий образцы, вырезанные из них, могут иметь два или несколько слоев.

Образцы надрезают или расслаивают между двумя слоями на длину, обеспечивающую надежное закрепление их в зажимах машины.

Допускается применять образцы с фиксированной границей раздела между слоями на участках, закрепляемых в зажимах машины. Для этого между слоями закладывают антиадгезионный материал и получают фиксированную границу раздела при вулканизации пластин.

Образцы заготавливают не ранее чем через 16 ч после вулканизации. Время между вулканизацией и испытанием не должно превышать 30 сут.

Проведение испытания. Заготовленные образцы выдерживают не менее 24 ч при $23 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности 50–70%. Испытания проводят при температуре $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Измеряют ширину образца с погрешностью не более $\pm 0,5$ мм в трех точках участка расслоения; в расчет принимают среднее арифметическое. Ширину образца из готовых изделий других размеров и форм допускается измерять после расслоения. В зажимах машины закрепляют слои образца, между которыми определяется прочность связи. Включают машину и проводят расслоение на участке не менее 100 мм, а для образцов из готовых изделий – на участке не менее 60 мм. При испытании записывается диаграмма «сила – время». При отсутствии самопишущего прибора следят за колебаниями стрелки силоизмерителя и записывают по шкале не менее пяти пар максимальных и минимальных показаний силы. При этом минимальные значения в расчет не принимаются, а записываются для отчетливого выделения максимумов.

При переходе расслоения в другой слой образец надрезают так, чтобы расслоение проходило по первоначально заданному направлению. Результаты, записанные во время надрыва образца, не учитывают.

Обработка результатов. Прочность связи при расслоении σ_r , Н/м, вычисляют по следующей формуле:

$$\sigma_p = \frac{P_{\text{ср}}}{b},$$

где $P_{\text{ср}}$ – средняя сила расслоения, Н; b – ширина образца, м.

Среднюю силу расслоения $P_{\text{ср}}$ определяют как среднее арифметическое не менее чем из трех наименьших максимальных показателей шкалы соизмерителя. За результат испытания принимают среднее арифметическое показателей не менее трех образцов, отличающихся от среднего не более чем на $\pm 10\%$.

Результаты испытаний записывают в табл. 10.

Таблица 10

Результаты испытаний

Наименование показателя	Значение показателя
Шифр резиновой смеси	
Средняя сила расслоения, Н	
Показатель прочности связи при расслоении, Н/м	

Контрольные вопросы

1. Методы крепления армирующих материалов к резине.
2. Методы определения прочности связи резина – армирующий материал.
3. Факторы, влияющие на прочность связи резина – армирующий материал.

Высокое качество изделий в значительной степени обеспечивается соблюдением требований к качеству профилируемых полуфабрикатов, а главное из них – точно и стабильно воспроизводить их геометрические размеры в соответствии со спецификацией (прецизионность заготовок). Не менее важна однородность поперечного сечения профилированного полуфабриката по массе, обеспечивающая на последующих переделах стабильность и однородность усадки. Необходимы также высокое качество поверхности заготовок (монолитность, гладкость, ровность, отсутствие надрывов по кромке) и отсутствие в их массиве кусочков подвулканизированной смеси. Профилирование заготовок со стабильными геометрическими размерами и качеством поверхности для современных шин не обеспечивается червячными экструдерами теплого питания. Агрегаты разогревательных и питательных валцов не обеспечивают требуемую гомогенизацию резиновых смесей по массе и температуре, что приводит к неоднородности усадки профильных заготовок. Валцы не справляются также с переработкой смесей повышенной жесткости (перегрев на валках и «шубление») и с высокими адгезионными свойствами (залипание и переход на задний нерабочий валок), являются травмоопасным оборудованием и требуют тяжелого физического труда.

Перспективное оборудование для профилирования заготовок – это червячные экструдеры холодного питания (МЧХ), позволяющие отказаться от подогревательных валцов, что облегчает автоматизацию процесса питания и обеспечивает постоянство теплового режима и геометрических размеров ленты. Методом шприцевания получают профильные заготовки в виде трубок, шнуров, пластин со сложной геометрией поперечного сечения и пр. Обычно червячные машины являются базовыми агрегатами в поточно-автоматических линиях непрерывного формования различных заготовок (протектора шин, ободные ленты, автомобильные камеры, длинномерные уплотнители со сложной конфигурацией и пр.).

Энергосиловые параметры процесса и производительность червячных машин зависят от реологических свойств резиновой смеси,

частоты вращения, геометрических размеров и конструкции червяка, сопротивления головки, температурного режима шприцевания. Перерабатываемый материал в червячной машине находится в сложном поступательном и вращательном движении.

Качество профильных заготовок зависит от состава резиновой смеси, правильного выбора оптимальных параметров и условий шприцевания, от конструкции червяка, конфигурации профильного сечения и размера заготовок.

Независимо от типа червячных машин после выхода из профилирующего канала происходит усадка резиновой смеси. В момент прохождения резиновой смеси через зазор макромолекулы каучука находятся в растянутом состоянии; после выхода из зазора они стремятся принять первоначальное положение. При этом наблюдаются два вида деформации: эластическая, которая характеризуется частичным восстановлением первоначальных свойств резиновой смеси, и пластическая деформация, при которой не происходит восстановления первоначальных свойств смеси. На рис. 13 приведена схема деформации заготовки резиновой смеси.

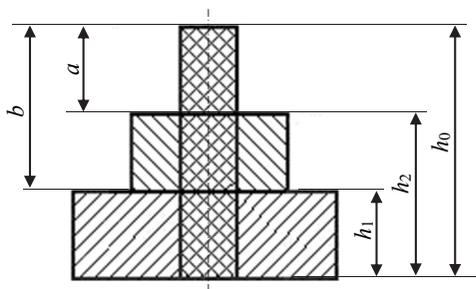


Рис. 13. Схема деформации заготовки резиновой смеси:
 h_0 – высота образца до деформации; h_1 – высота образца при полной деформации; h_2 – высота образца после восстановления;
 a – пластическая деформация; b – общая деформация

Для шприцевания заготовок важное значение имеет величина $h_0 - h_2$ (пластическая деформация). Чем больше пластическая деформация, тем лучше происходит шприцевание резиновой смеси.

Абсолютная усадка определяется по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{a_0 - a}{a} \cdot 100,$$

где α – усадка, %; a_0 – калибр или ширина резиновой заготовки в сыром (шприцованном) состоянии, мм; a – величина зазора или ширина профильного приспособления, мм.

Усадка в процессе шприцевания носит более сложный характер чем при каландровании и приводит к искажению формы профиля заготовки по сравнению с сечением профилирующего отверстия.

Это явление называется *деформацией сечения* шприцованных полуфабрикатов и связано с различиями в скоростях движения в разных точках сечения потока резиновой смеси в головке шприц-машины и в профилирующей детали: в центре потока скорость выше, чем у стенок или в углах детали, где течение замедляется трением смеси о неподвижные поверхности. Создается разность скоростей движения соседних слоев, которая по законам реологии приводит к их взаимному скольжению. Интенсивность скольжения определяется градиентом скорости. Сравнение эпюр скоростей для двух типов сечений (рис. 14) показывает, что между соседними слоями смеси при шприцевании (экструзии) возникает внутреннее трение. Градиент скорости и внутреннее трение ориентируют макромолекулы и анизотропные частицы в тем большей степени, чем выше скорость и, соответственно, ее градиент между слоями.

Величина деформации каучука и проявление его упругих свойств зависят от конфигурации профильного зазора.

Для круглого сечения в любом направлении по радиусу градиент скорости меняется плавно от стенки до центра круга (рис. 14), в связи с чем степень ориентации макромолекул от центра до стенок меняется монотонно, а потому степень усадки, «разбухания» круглой заготовки во всех направлениях одинакова и заготовка не меняет своей формы, увеличиваясь по диаметру. У профилирующего отверстия прямоугольной формы степень ориентации макромолекул неодинакова по сечению: максимальна ближе к центру (рис. 14), меньше у плоских стенок и минимальна в углах отверстия. Следует также учитывать в этом случае и чисто объемные факторы шприцевания – в точках с меньшей скоростью движения потока выдавливается меньшее количество смеси.

Оба фактора обуславливают большее разбухание профиля в зонах большей скорости и ее градиента, и, как следствие, изменяются размеры, заготовка имеет не квадратное сечение, а сечение с выпуклыми сторонами (рис. 14) с одновременным ростом его общей площади. Для получения заготовки прямоугольной формы необходимо уменьшить объемную скорость выдавливания резиновой смеси в зонах высоких скоростей и их градиентов, например сделать вогнутые боковые отверстия (рис. 14).

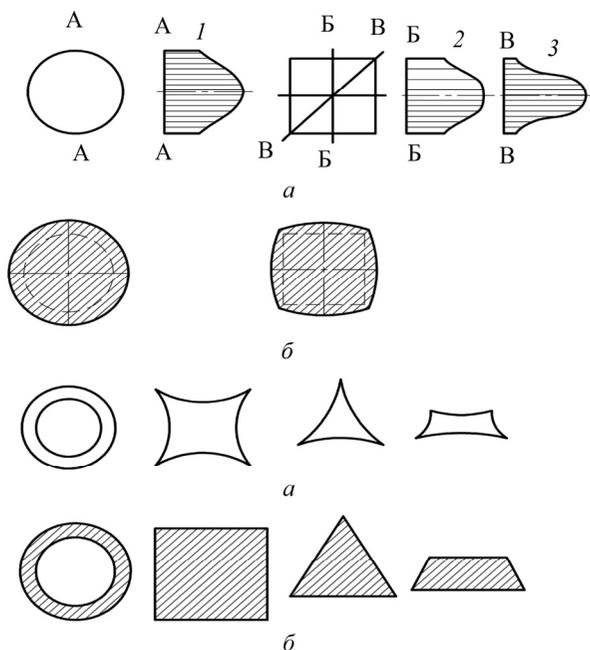


Рис. 14. Сечения профилирующих отверстий (а), заготовок (б) и эпюры скоростей (1–3) при шприцевании

Вследствие того, что усадка при шприцевании обусловлена релаксацией высокоэластической деформации, запасенной при течении резиновой смеси в каналах головки, на ее значение оказывают большое влияние как реологические свойства материала, так и условия его деформирования.

Все факторы, которые способствуют повышению скорости течения и напряжения сдвига, а также уменьшению времени пребывания в канале, приводят к повышению усадки для данного материала вследствие увеличения доли и времени запаздывания восстановления высокоэластической деформации. Таким образом, повышение частоты вращения червяка, повышение сопротивления головки, уменьшение длины канала мундштука вызывают увеличение усадки при шприцевании и ухудшение качества заготовок.

С повышением температуры увеличивается интенсивность теплового движения макромолекул каучука, повышается текучесть материала. Чем выше температура, тем меньше эластическое восстановление и, следовательно, тем меньше усадка образца резиновой смеси.

Таким образом, при значительном разогреве корпуса или головки экструдера резиновая смесь при выходе из зазора профильного приспособления расширяется меньше, чем при выходе из холодного корпуса или головки, и дает меньшую усадку.

Способность резиновых смесей к шприцеванию в первую очередь зависит от типа и вязкости каучука, его молекулярно-массового распределения, типа и содержания наполнителей и мягчителей (пластификаторов).

Повышение молекулярной массы каучука (соответственно вязкости), увеличение его полидисперсности приводит к заметному повышению усадки и ухудшению качества заготовки. При слишком высокой вязкости каучука шприцевание протекает крайне неудовлетворительно, обычно заготовки имеют неровную поверхность, рваные кромки, смесь сильно разогревается, что может привести к подвулканизации.

Повышение содержания технического углерода и его структурности значительно улучшают способность резиновых смесей к шприцеванию – резко снижается усадка, повышается качество заготовок. Это явление связано с несколькими факторами: уменьшение доли каучука в смеси, образование «поглощенного каучука» техническим углеродом, который действует при течении как наполнитель, уменьшение ориентации макромолекул и пр.

Действие мягчителей (пластификаторов) на процесс шприцевания весьма многообразно. Правильным подбором типа и дозировок мягчителей и специальных технологических добавок можно значительно улучшить шприцуемость резиновых смесей и качество получаемых заготовок.

Лабораторная работа № 7 СКОРОСТЬ ШПРИЦЕВАНИЯ И УСАДКА ШПРИЦУЕМЫХ ЗАГОТОВОК

Цель работы: изучить сущность метода шприцевания резиновой смеси через отверстие определенной формы и размера.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: червячная машина; часы режимные; секундомер; термометры лучковая и игольчатая; штангенциркуль; металлическая линейка; детали профилирующие;

набор гаечных ключей; нож вальцовочный; ножницы, металлические противни; лопатка для чистки машины; щетка волосяная; резиновые смеси типа протекторных, автокамерных и др.; мел кусковой, тальк, мыльный раствор, силиконовая эмульсия, целлофан.

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. Предварительно резиновую смесь разогревают на вальцах до температуры, равной температуре цилиндра, и снимают в виде полосы шириной 25–30 мм, которую затем равномерно подают в загрузочную воронку червячной машины.

Проведение испытания. Устанавливают температуру цилиндра и головки червячной машины. Рекомендуются следующие температурные режимы шприцевания резиновых смесей на основе различных каучуков (табл. 11).

Таблица 11

Режимы шприцевания резиновых смесей

Тип каучука-основы резиновой смеси	Температура, °С	
	цилиндра	головки
НК	65–70	90–95
СКИ-3	55–60	70–75
СКС	60–65	70–75
БК	65–70	110–115
БНКС	50–60	90–95
ХПК	40–45	55–60
СКЭПТ	65–70	95–100

Устанавливают мундштук в головке машины и с помощью конусообразного цилиндра шайбы и упорной гайки закрепляют его. При минимальной частоте вращения червяка в загрузочную воронку подают резиновую смесь.

Определяют массовую производительность машины, взвешивая шприцованную заготовку резиновой смеси, полученную за 1 мин работы машины. На шприцуемой заготовке, выходящей из мундштука, через каждые 5–10 с (в зависимости от скорости шприцевания) мелом ставят метки и измеряют расстояние между ними. Метки ставят на участке поверхности заготовки длиной около 1 м. Полученный профиль принимают на прямоугольный противень, дно которого

предварительно промазывают мыльным раствором (или силиконовой эмульсией). Из полученных заготовок вырезают пять образцов длиной 150–200 мм. После 24 ч вылежки на воздухе или 3 ч охлаждения водой из них вырезают образцы длиной 100 мм, измеряют с точностью до 0,5 мм и взвешивают. По окончании работы останавливают машину, перекрывают вентили на трубопроводах, отвинчивают упорную гайку и при включенном прессе выталкивают из головки профилирующие детали смесью. Затем чистят пресс и профилирующие детали.

Обработка результатов. Среднюю скорость шприцевания $V_{\text{ср}}$, м/с, рассчитывают по следующей формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{G}{\rho \cdot S},$$

где G – массовая производительность машины, кг/с; ρ – плотность смеси кг/м³; S – площадь профилирующего отверстия, м².

Средняя скорость шприцевания, м/с, на выходе из головки будет

$$V_{\text{ср1}} = \frac{L}{\tau},$$

где L – длина участка шприцуемой заготовки между метками, м; τ – продолжительность движения участка заготовки, с.

Теоретическую длину, м, каждого образца рассчитывают по следующей формуле:

$$L_{\tau} = \frac{P}{\rho \cdot S},$$

где L_{τ} – теоретическая длина «безусадочной» резиновой смеси, м; P – масса участка заготовки длиной 0,1 м, кг.

Усадку, %, по Гарвею определяют по следующей формуле:

$$U = \frac{L_{\tau} - L_{\text{изм}}}{L_{\tau}} \cdot 100,$$

при $L_{\text{изм}} = 0,1$ м.

Среднюю скорость шприцевания $V_{\text{ср2}}$, м/с, с учетом усадки находят по следующей формуле:

$$V_{\text{ср2}} = \frac{V_{\text{ср}} \cdot 100}{U + 100}.$$

Результаты испытаний заносят в табл. 12.

Таблица 12

Результаты испытаний

Наименование показателя	Значение показателя
Средняя скорость шприцевания, м/с	
Средняя скорость шприцевания на выходе из головки, м/с	
Средняя теоретическая длина образца, м	
Усадка по Гарвею, %	
Средняя скорость шприцевания с учетом усадки, м/с	

Контрольные вопросы

1. Зависимость качества заготовок от различных факторов.
2. Усадка и причины ее вызывающие.
3. Технологические и рецептурные факторы, влияющие на усадку.
4. Неравномерность усадки в сложных профилях; причины ее возникновения и методы устранения.
5. Правила безопасной работы на червячных машинах.

4.1. Методы испытания конвейерных лент

Транспортерная лента представляет собой гибкий замкнутый элемент транспортирующей установки, служащий для перемещения различных грузов.

В зависимости от назначения транспортирующей установки и особенностей ее конструкции различают конвейерные, элеваторные, гусеничные и эскалаторные ленты.

Конвейерная лента – наиболее распространенный вид транспортерных лент. Она является основной частью ленточного конвейера (рис. 15). Бесконечная гибкая лента, опираясь на верхние и нижние роликоопоры, огибает расположенные по концам оборудования приводной и натяжной барабаны.

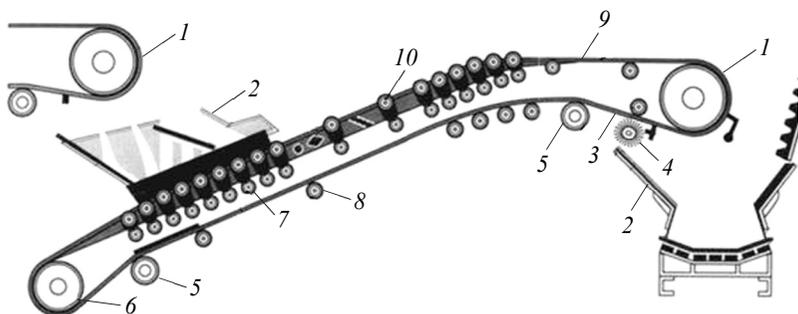


Рис. 15. Схема ленточного конвейера:

- 1 – приводной барабан (приводит ленту в движение); 2 – загрузочный лоток (для погрузки сыпучих материалов на рабочую поверхность); 3 – прижимной ролик; 4 – очистное устройство; 5 – отклоняющий барабан; 6 – концевой барабан (придает натяжение); 7 – амортизирующие роликоопоры; 8 – нижние роликоопоры; 9 – лента; 10 – верхние роликоопоры

Основные элементы конвейерной ленты – каркас и наружная резиновая обкладка. *Каркас* – основной тяговый элемент (состоит

из нескольких слоев прорезиненной ткани или одного слоя металлоэлемента (трос, сетка или металлическая лента).

По видам и конструкции сердечника ленты подразделяют на резинотканевые и резинотросовые (рис. 16).

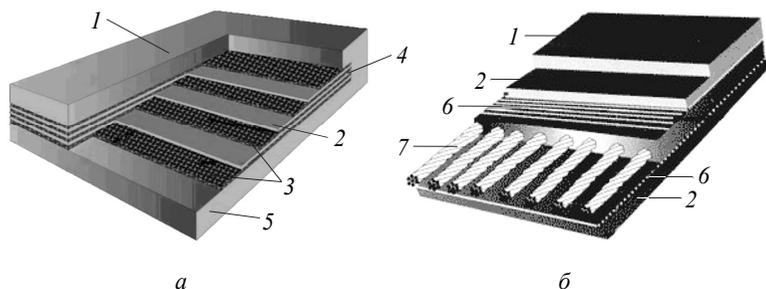


Рис. 16. Конвейерные ленты:

a – резинотканевые; *б* – резинотросовые:

1 – рабочая резиновая обкладка; 2 – резиновая прослойка; 3 – тканевый каркас;

4 – резиновый борт; 5 – нерабочая резиновая обкладка;

6 – поперечный армирующий слой; 7 – стальные тросы в резиновой обкладке

Конвейерные ленты в процессе эксплуатации должны обладать высокой прочностью при растяжении, обеспечивающей передачу тягового усилия с учетом коэффициента запаса прочности. Максимальное значение отношения прочности к массе ленты позволяет снизить мощность привода и диаметр барабанов конвейера, увеличить производительность и длину конвейера. Малое удлинение при рабочей нагрузке обеспечивает минимальный ход натяжных устройств конвейера и позволяет снизить число перестыковок ленты в процессе эксплуатации.

Каркасность ленты удерживает транспортируемый материал на ее поверхности. Конвейерные ленты должны иметь стойкость к ударным нагрузкам, износу обкладки, продольным порывам и порезам, расслоению, распространению разрушения после частичного повреждения. В зависимости от назначения от лент требуется атмосферостойкость, свето- и водостойкость, стойкость к гниению, плесени, микроорганизмам и насекомым, термо- и химостойкость, негорючесть, работоспособность при низкой температуре, низкое набухание в маслах и других средах, возможность транспортировать пищевые продукты. Качество готовых изделий оценивают комплексом различных испытаний. Стандартами ряда стран предусмотрено определять условную

прочность при растяжении и относительное удлинение, прочность связи между слоями, испытания обкладочных резин на условную прочность при растяжении и относительное удлинение, истирание, твердость. Кроме того, для лент специального назначения определяют огнестойкость, старение, водопоглощение, раздир, усталостное сопротивление под действием ударов при растяжении, сопротивление многократным ударам на наковальне.

При работе конвейеров на поверхности ленты возникают статические заряды электричества, которые могут привести к воспламенению рудничного газа. Если лента достаточно электропроводна, статическое электричество отводится и опасность новообразования не возникает. Измеряют величину, обратную электропроводности, т. е. электрическое сопротивление участка ленты. Величина поверхностного сопротивления ленты не должна превышать 3–10 Ом.

Важнейшим показателем, позволяющим оценить качество лент, является ее гибкость. Так, гибкость по основе характеризует поведение ленты при огибании барабанов и роликоопор, а поперечная гибкость способствует образованию желоба. Испытания на гибкость проводят отдельно для образцов, вырезанных в направлении основы и утка.

В условиях эксплуатации возможно возникновение аварий и остановок конвейеров из-за разрыва лент в местах соединения вследствие низкой прочности стыка. Предусмотрено испытание стыков на статическое растяжение для двух видов стыковки – металлическими замками и вулканизацией. При испытании образцов 150×100 мм определяют растягивающее усилие, необходимое для разрыва стыка.

Качество резинотканевых лент оценивается по результатам испытаний образцов, вырубленных из готовых изделий. По ГОСТ 20-2018 предусмотрено определение размеров лент, испытание лент на прочность при растяжении, относительное удлинение, прочность связи между слоями и испытание обкладочной резины на определение физико-механических показателей, истирания и огнестойкости в пламени горелки.

Стандартами предусмотрены следующие виды испытаний обкладочной резины конвейерных лент: определение прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве, коэффициента морозостойкости при растяжении, сопротивления истиранию по ГОСТ 426-77, потери объема при истирании по ГОСТ 23509-79. Метод определения прочности при растяжении и относительного удлинения обкладочных резин заключается в том, что образец, вырезанный

из обкладки ленты, растягивается на разрывной машине до разрыва и при этом измеряют нагрузку, вызывающую разрыв и удлинение. Испытание проводят в соответствии с ГОСТ 270-75.

Истирание обкладочных резин – один из основных показателей, позволяющий судить о качестве конвейерной ленты. Истирание предусмотрено проводить на машине типа Грассели. Образцы в количестве 6 шт. заготавливают из рабочей обкладки готовой ленты. Форма образца – прямоугольный параллелепипед с истирающей поверхностью в виде квадрата 20×20 мм. Перед истиранием образцы притирают для достижения их равномерного прилегания к истирающей поверхности.

Лабораторная работа № 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАЗРЫВЕ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

Цель работы: измерить растягивающее усилие, вызывающее разрыв образца резинотканевой ленты.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: разрывная машина с допускаемой погрешностью измерения усилия $\pm 1\%$ и скоростью подвижного зажима 100 ± 10 мм/мин; вырубной пресс; металлическая измерительная линейка с ценой деления 1 мм или рулетка; кусок ленты (проба).

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. Не менее чем через 8 ч после вулканизации отбирают кусок ленты длиной 500 ± 50 мм и шириной, равной ширине ленты. Пробу вырезают параллельно кромке ленты, отступая от нее не менее чем на 50 мм и от конца ленты не менее чем на 1 м. Образцы или заготовки образцов лент, вырубленных из пробы, выдерживают перед испытанием при температуре $23 \pm 5^\circ\text{C}$ не менее 12 ч. Для определения прочности при разрыве одной прокладки по основе и по утку вырезают из проб заготовки образцов шириной не более 70 мм и длиной не менее 400 мм. Заготовку образца ленты с двумя или более прокладками расслаивают на отдельные прокладки и удаляют или подрезают крайние нити.

Проведение испытания. На подготовленном образце шириной $25,0 \pm 11,0$ мм отмечают рабочий участок длиной $200 \pm 1,0$ мм двумя

параллельными метками. Для лент на основе синтетических тканей прочностью 300 и 400 Н/мм допускаются образцы шириной 25 ± 2 мм и длиной 200 ± 2 мм. Образец по меткам закрепляют в зажимах разрывной машины. Включают машину и проводят испытание при скорости подвижного зажима 100 ± 10 мм/мин.

Прочность при разрыве прокладки по основе и по утку определяют на шести образцах, испытывая по два образца любых прокладок от каждой из трех заготовок образцов ленты.

Обработка результатов. Прочность при разрыве P , Н/мм, ширины одной прокладки вычисляют по следующей формуле:

$$P = \frac{P_1}{b},$$

где P_1 – прочность при разрыве образца, Н; b – ширина образца, мм.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое шести показателей.

Лабораторная работа № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ ЛЕНТ

Цель работы: определить относительное удлинение при нагрузке, составляющей 10% номинальной прочности образца.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: разрывная машина с допускаемой погрешностью измерения усилия $\pm 1\%$ и скоростью подвижного зажима 100 ± 10 мм/мин; вырубной пресс; металлическая измерительная линейка с ценой деления 1 мм или рулетка; кусок ленты (проба).

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. Вырезают образцы размером 400×50 мм с рабочим участком 200 ± 1 мм.

Проведение испытания. Образцы испытывают, сохраняя полное число прокладок. Допускается испытывать образцы без резиновых обкладок. Закрепляют образец в зажимах разрывной машины и испытывают со скоростью подвижного зажима 100 ± 10 мм/мин. Удлинение рабочего участка образца измеряют с погрешностью не более 1 мм в момент достижения заданной нагрузки, соответствующей 10% номинальной прочности испытуемого образца. Допускаемая погрешность

заданной нагрузки при растяжении должна быть $\pm 1\%$ от предельного значения выбранной шкалы нагрузок. Номинальную прочность образца вычисляют, умножая номинальную прочность одной тяговой прокладки, указанной в табл. 13, на ширину образца (в миллиметрах) и число тяговых прокладок образца.

Обработка результатов. Относительное удлинение образца ε , %, вычисляют по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot (l_1 - l_0)}{l_0},$$

где l_0 – начальная длина рабочего участка, мм; l_1 – длина рабочего участка измерения, мм.

Таблица 13

Номинальная прочность при разрыве тяговой прокладки

Тип ткани	По основе	По утку
Ткань с основой и утком из полиамидных нитей	400	100
	400	75
	300	50
	200	65
	100	60
Ткань с основой из полиэфирных нитей и утком из полиамидных нитей	300	60
	200	55
Ткань с основой и утком из комбинированных нитей (полиэфир/хлопок)	55	20

За результат испытания принимают среднее арифметическое трех показателей.

Лабораторная работа № 10
ИСПЫТАНИЕ ОБКЛАДОЧНОЙ РЕЗИНЫ
РЕЗИНОТКАНЕВЫХ ЛЕНТ НА ИСТИРАЕМОСТЬ

Цель работы: определить истираемость обкладочной резины резинотканевых лент.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: резиновые стандартные образцы; шлифовальная шкурка; машина МИ-2; набор грузов, весы аналитические.

Порядок проведения работы

Проведение испытания. Образцы для испытания с истирающейся поверхностью в форме квадрата со стороной 20 мм снабжены заплечиками шириной 4 мм и высотой 3 мм, служащими для закрепления в рамках держателя (рис. 17). Истираемая часть, выступающая над рамкой держателя, должна иметь высоту $(3,5 \pm 0,5)$ мм. Образцы (6 шт.) готовят путем вулканизации в специальной пресс-форме. После вулканизации их следует выдержать не менее 16 ч и не более суток. На поверхности образцов не должно быть трещин, пор, раковин и других дефектов.

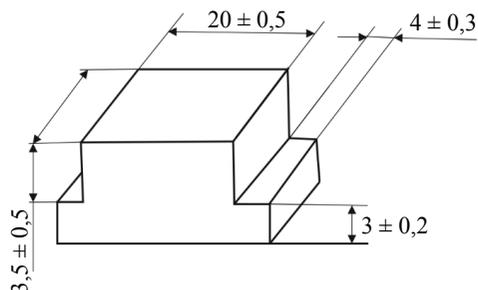


Рис. 17. Образец для определения сопротивления истиранию резины при скольжении

Сопротивление истиранию определяется при постоянной нагрузке 26 Н. Испытание рекомендуется проводить при давлении 0,0325 МПа. На диске закрепляют истирающую шкурку, устанавливают на машину держатель с образцами. Машину включают и стабилизируют шкурку в течение 15 мин при давлении 0,0325 МПа. После этого притирают образцы к шкурке до снятия наружной пленки со всей рабочей поверхности. Притирание образца и стабилизацию шкурки можно производить одновременно.

После этих подготовительных операций выключают электродвигатель, отмечают карандашом положение образцов в рамках, вынимают их, очищают от пыли и бахромки, взвешивают с точностью до 0,001 г. Затем взвешенные образцы снова закрепляют в рамках и устанавливают держатель на машину так же, как для притирки. Подвешивают прижимающий груз в 26 Н. Конечный выключатель счетчика ставят на цифру «200».

Включают электродвигатель и подвергают образцы истиранию в течение 5 мин. В ходе испытания через каждую минуту записывают

массу уравнивающего груза. По окончании истирания образцы снова очищают и взвешивают. Потери массы резины при истирании должны составлять не менее 0,05 г, в противном случае продолжительность испытания увеличивают.

Истирающую способность каждого круга шкурки с помощью эталонной резины проверяют до и после испытания шести пар образцов. При уменьшении истирающей способности круга шлифовальной шкурки на 20% и более его заменяют новым.

Обработка результатов. Результаты испытания резины на истирание выражаются показателями истираемости α , износостойкости – сопротивления истиранию β , удельной истираемости $I_{уд}$, коэффициентом трения μ .

Истираемость α характеризуется убылью объема двух образцов резины ΔV , приходящейся на единицу работы трения A :

$$\alpha = \frac{\Delta V}{A}.$$

Убыль объема, m^3 , двух образцов резины рассчитывают по следующей формуле:

$$\Delta V = \frac{m_1 - m_2}{\rho},$$

где m_1 – начальная масса образцов после притирания, кг; m_2 – масса образцов после истирания, кг; ρ – плотность резины, kg/m^3 .

Так как вращающий момент, создаваемый силами трения, уравновешивается грузом, подвешенным к длинному плечу рычага, то работа трения на приборе МИ-2 равна

$$A = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot (P_1 \cdot R + P_2 \cdot R) = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot R \cdot (P_1 + P_2),$$

где n – число оборотов диска за время испытания; P_1 – среднее значение уравнивающего груза, подвешенного к длинному плечу рычага, Н; R – расстояние от точки подвеса уравнивающего груза P_1 до центра грузового стержня, т. е. до центра вращения рычага, м; P_2 – «постоянная» машины (разность массы плеч рычага, определяемая без образцов и прижимного груза), Н. «Постоянная» машины P_2 определяется по специальной схеме и проверяется не реже 1 раза в год.

Результаты испытаний заносятся в табл. 14.

Износостойкость (сопротивление истиранию) β определяется работой, затраченной на истирание единицы объема резины:

$$\beta = \frac{A}{\Delta V}.$$

В данном случае $\beta = \frac{1}{\alpha}$.

За показатель износостойкости резины принимается среднее арифметическое значение результатов испытания не менее трех пар образцов, которые отличаются от среднего не более чем на 10%.

Таблица 14

**Результаты испытаний по определению сопротивления
резин истиранию при скольжении**

Показатель	Образцы			Среднее значение
	1	2	3	
Масса образца: до истирания				
после истирания				
Потери массы, кг				
Плотность резины, кг/м ³				
Уравновешивающий груз, Н				
Постоянная машины, Н				
Работа трения, Дж				
Истираемость, м ³ /Дж				
Сопротивление истиранию				
Коэффициент трения				

Коэффициент трения μ определяют по следующей формуле:

$$\mu = \frac{F}{P},$$

где F – сила трения, действующая на оба образца, Н; P – прижимающее усилие, Н;

На основании равенства моментов сил $F = 62 \cdot (P_1 + P_2)$.

Контрольные вопросы

1. Конвейерные ленты. Назначение, виды, условия работы.
2. Конструкции и классификация конвейерных лент.
3. Требования, предъявляемые к материалам основных элементов лент.
4. Методы испытаний конвейерных лент.
5. Правила безопасной работы при проведении испытаний.

4.2. Методы испытания рукавов

Рукавные изделия (рукава) представляют собой длинномерные цилиндрические полые изделия, которые обладают гибкостью. Благодаря ей рукавные системы, подвергаясь в процессе эксплуатации воздействию давления, температуры, динамических и изгибающих нагрузок, вибрации, агрессивных сред, обеспечивают надежность и безопасность машин, их компактность и комфортность. Рукава предназначены для транспортировки жидких, сыпучих или газообразных продуктов под давлением или разрежением. Они применяются в качестве гибких соединительных трубопроводов в различных узлах аппаратов, машин и приборов, используемых практически во всех отраслях народного хозяйства.

По назначению рукава делятся на следующие виды:

- напорные для транспортировки сыпучих веществ, жидкостей и газов под давлением;
- рукава высокого давления (напорные) для использования в качестве гибких трубопроводов в гидросистемах различной техники, нефтедобывающей промышленности, транспортировки масел, жидкого топлива и других сред в интервале температур от -50 до $+150^{\circ}\text{C}$;
- всасывающие, транспортирующие рабочие среды под разрежением;
- напорно-всасывающие, эксплуатируемые как под давлением, так и при разрежении;
- уплотнительные или упругорасширяющиеся, которые способны к изменению геометрических размеров под действием внутреннего давления.

Рукав представляет собой цилиндрическую оболочку, состоящую из трех основных элементов (рис. 18).

Камера обеспечивает герметичность рукава и защищает каркас от воздействия передаваемых по рукаву материалов. В зависимости от конструкции, рабочего давления и вида передаваемой среды толщина камеры составляет 1,2–12,3 мм.

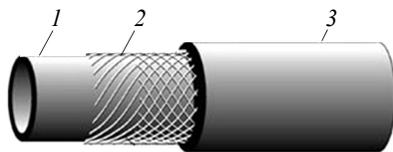


Рис. 18. Конструкция рукава:
1 – камера; 2 – каркас; 3 – наружный слой (обкладка)

Каркас обеспечивает прочность рукава и его долговечность, воспринимает внутренние и внешние нагрузки на рукав, сохраняет постоянство размеров рукава при эксплуатации. Он может состоять из прокладок, оплеток, навивок, обмоток. При наложении элементов на камеру важную роль играет угол наложения относительно оси рукава. Он равен $54-55^\circ$ и называется равновесным. Этот угол обеспечивает постоянство размеров рукава, находящегося под давлением или разрезением. Угол определяется расчетом на основании теории нагружения цилиндрической сетчатой оболочки.

В зависимости от вида материала и способа его наложения каркас может иметь следующую конструкцию: прокладочную, оплеточную, навивочную, обмоточную, круглотканую, трикотажную (с вязанным каркасом), спиральную.

Для большей части рукавов важным показателем качества является прочность связи между резиной (внутреннего или наружного слоя) с текстильными слоями каркаса, и этот показатель определяется обычными методами. Кроме того, возможны некоторые специальные испытания, например определение маслобензостойкости резин, истираемости наружного резинового слоя, сминаемости внешним давлением (для всасывающих и напорно-всасывающих рукавов) и т. д.

Лабораторная работа № 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ РУКАВНЫХ РЕЗИН К НАБУХАНИЮ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Цель работы: определить деформационно-прочностные свойства резин для каркасных смесей рукавных изделий.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: пресс вулканизационный; штанцевый нож; микрометр; разрывная машина; резиновая смесь; краска для меток.

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. Из резиновой смеси, предназначенной для изготовления каркаса рукава, вулканизуют по рецептурным данным техническую пластину толщиной $2 \pm 0,2$ мм и вырезают не менее 10 двухсторонних лопаток.

Проведение испытания. Пять образцов испытывают на растяжение до воздействия агрессивной среды, пять – после ее воздействия.

Обработка результатов. Стойкость резины к воздействию агрессивной среды оценивают по коэффициенту изменения физико-механических показателей (условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве), которые рассчитывают по следующей формуле:

$$K = \frac{n_1}{n_0},$$

где n_0 – показатель до воздействия среды; n_1 – показатель после воздействия среды.

Результаты исследований записывают в табл. 15.

Таблица 15

Результаты исследований

Показатель	Образцы											
	до воздействия среды					после воздействия среды						
	1	2	3	4	5	среднее значение	1	2	3	4	5	среднее значение
Размеры рабочего участка образца до испытания: ширина, м												
средняя толщина, м												
площадь поперечного сечения, м ²												
Разрушающая нагрузка, МН												
Условная прочность при растяжении, МПа												
Относительное удлинение при разрыве, %												
Коэффициент изменения: прочности при растяжении K_1												
относительного удлинения при разрыве K_0												

Контрольные вопросы

1. Рукавные изделия. Назначение и основные требования к рукавам.
2. Конструкции и классификация рукавов.
3. Требования, предъявляемые к материалам основных элементов рукавов.
4. Методы испытаний рукавов.

4.3. Методы испытания резинометаллических изделий

Прочность связи резины с металлом является основным показателем, характеризующим качество резинометаллических изделий, которые в процессе эксплуатации находятся под действием статических или динамических нагрузок. Поэтому необходимо заранее провести оценку прочности адгезионных соединений и выбрать метод крепления, обеспечивающий работоспособность изделия.

Оценку прочности адгезионных соединений осуществляют различными методами: в лабораторных условиях на специальных резинометаллических образцах, при помощи стендовых и эксплуатационных испытаний готовой продукции. Методы определения прочности связи резины с металлом на специальных образцах широко применяются в лабораторной практике, так как позволяют достаточно быстро и надежно оценивать качество адгезионных соединений. Испытание ответственных деталей проводят на специально сконструированных стендах в условиях, близких к эксплуатационным. Такие испытания более надежно характеризуют изделие с точки зрения его долговечности, стойкости к действию динамических нагрузок, агрессивных сред и повышенных температур. Окончательные выводы о надежности выбранного метода крепления резины к металлу получают, проводя испытания опытной партии готовых изделий в условиях их эксплуатации.

Лабораторные методы испытания прочности резины к металлу на отслаивание, отрыв и сдвиг стандартизованы. Метод испытания на отслаивание по ГОСТ 411-77 применяется при необходимости определить прочность между твердым и гибким материалом. В соответствии с ГОСТ 209-75 определяется прочность связи на отрыв металлических образцов от резинового массива, завулканизованного между ними. Прочность связи резины с металлом находится также методом параллельного сдвига двух металлических пластин, между которыми завулканизована резина, относительно друг друга. Разрушающая сила, измеренная этими методами, существенно зависит от размеров образца и упругогистерезисных свойств резины. В случае высокой прочности связи происходит значительная деформация резины и опасным местом становится массив резины. Для того чтобы разрушение происходило по адгезиву, предложено при испытании на отрыв использовать образцы конусоидальной формы. Но даже и в этом случае возможен переход зоны разрушения в резиновый массив, если резина имеет слабое сопротивление надрыву.

Для решения проблем, имеющих место при креплении резины к металлу, необходимо сначала определить тип дефекта крепления (рис. 19):

- дефект РК (расслаивание между резиной и адгезивом);
- дефект М (расслаивание между металлом и праймером или адгезивом);
- дефект КП (расслаивание между адгезивом и праймером).

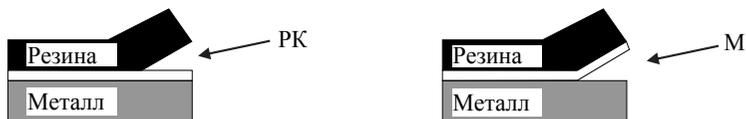


Рис. 19. Схематическое изображение возможных дефектов крепления

В табл. 16 приведены основные причины возникновения дефектов.

Таблица 16

Факторы, влияющие на расслаивание в зависимости от характера разрушения

Резиновая смесь (металлическая поверхность для дефекта М)	Адгезив	Вулканизация
РК		
подвулканизованная смесь; слишком долго хранилась; высокая температура хранения; выпотевание мягчителей	недостаточная однородность; недостаточно высушен; слишком малая толщина слоя; неправильное разбавление; предварительное сшивание; загрязненная поверхность	неправильная температура; плохая теплопередача; длинный путь течения смеси
М		
неправильная обработка металлической поверхности; слишком долго хранилась после дробеструйной обработки; загрязненная крошка для дробеструйной обработки; загрязнение поверхности после дробеструивания; высокая температура при нанесении адгезива	недостаточная однородность; слишком высушен; слишком малая толщина слоя; неправильное разбавление	неправильный выбор температуры; плохая теплопередача; миграция мягчителей

Резиновая смесь (металлическая поверхность для дефекта М)	Адгезив	Вулканизация
КП		
короткий индукционный период; миграция мягчителей	недостаточная однородность; недостаточно высушен праймер; слишком малая толщина слоя; загрязненная поверхность праймера; применялся слишком сухим; неправильное разбавление	неправильная температура; плохая теплопередача

При этом следует отметить, что дефекты типа КП встречаются крайне редко и идентифицировать их в большинстве случаев очень сложно, так как, как правило, расслаивание между адгезивом и праймером распознать очень трудно.

Лабораторная работа № 12 ПРОЧНОСТЬ СВЯЗИ РЕЗИНЫ С МЕТАЛЛОМ ПРИ ОТРЫВЕ

Цель работы: определить силу, необходимую для разрушения связи между склеенными поверхностями резины и металла путем растяжения цилиндрического образца резины, основания которого приклеены к двум металлическим дискам.

Применяют методы А и В для оценки прочности связи резины с металлом при креплении резиновой смеси к металлу в процессе вулканизации, метод Б – вулканизованных резин к металлам. Метод А соответствует международному стандарту ГОСТ ISO 814-2013.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: разрывная машина с приспособлением, обеспечивающим центрирование направления прикладываемой нагрузки в ходе испытания и установку испытуемого образца таким образом, чтобы в ходе испытания сила отрыва действовала перпендикулярно поверхности склеивания; резиновая смесь; вулканизованная пластина; клей.

Общий вид приспособлений, применяемых при испытании по методу А, показан на рис. 20, по методам Б и В – на рис. 21. Скорость

движения подвижного зажима машины 25 ± 5 мм/мин при проведении испытаний по методу А и 25–100 мм/мин – по методам Б и В. Испытания при повышенных температурах проводят на машине, снабженной тепловой камерой, которая обеспечивает заданную температуру с погрешностью не более 1%.

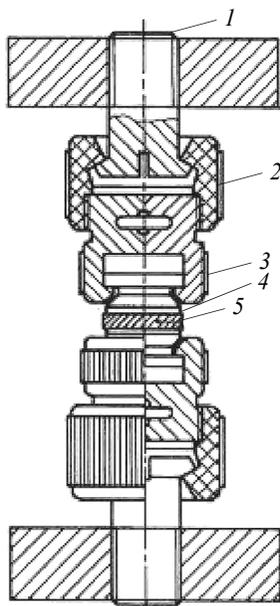


Рис. 20. Приспособление для закрепления испытуемого образца по методу А:
 1 – хвостовик для крепления в разрывной машине;
 2 – устройство сопряжения резьбового соединения с деталью 3;
 3 – съемная резьбовая вставка для установки и крепления образца в деталь 2; 4 – металлическая деталь образца; 5 – резина

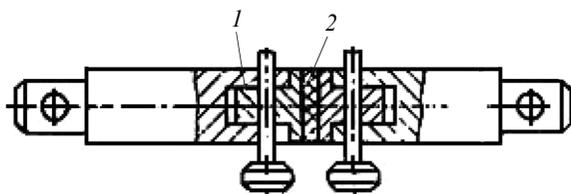


Рис. 21. Приспособление для закрепления испытуемого образца по методам Б и В:
 1 – металлическая часть образца; 2 – резина

Испытание проводят в соответствии с ГОСТ 209-75 «Резина и клей. Методы определения прочности связи с металлом при отрыве», ГОСТ ISO 814-2013 «Резина или термопластик. Определение прочности связи с металлом методом двух пластин».

Порядок проведения работы

Подготовка к испытанию. Образец для испытания по методу А представляет собой резиновый цилиндр (рис. 22) высотой $3 \pm 0,1$ мм и диаметром $35 \pm 0,1$ мм, к основаниям которого прикреплены два металлических диска толщиной не менее 9 мм с диаметром, меньше диаметра резинового цилиндра приблизительно на 0,08 мм.

Образцы для испытания по методам Б и В представляют собой резиновый цилиндр высотой $\pm 0,1$ мм и диаметром $25 \pm 0,1$ мм, к основаниям которого прикреплены два металлических диска толщиной не менее 3 мм (рис. 23). Металлические диски изготавливают из металла, отвечающего требованиям, указанным в технической документации на изделие.

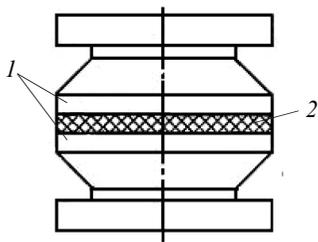


Рис. 22. Общий вид образца для испытания по методу А:
1 – металлические диски;
2 – резина

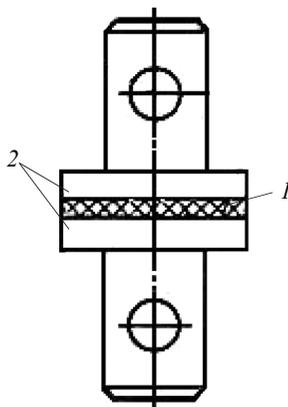


Рис. 23. Общий вид образца для испытания по методам Б и В:
1 – резина;
2 – металлические диски

Заготовки из резиновой смеси для метода А вырезают в форме цилиндра размерами, обеспечивающими ограниченную выпрессовку. Образцы для метода Б вырезают из резины в форме цилиндра

с размерами, указанными выше. Перед склеиванием поверхности металлических дисков и резинового цилиндра обрабатывают в соответствии с требованиями, указанными в технической документации на изделие, например освежают бензином с последующим нанесением клея. На склеенные поверхности резины и металла не должны попадать пыль, влага и другие посторонние вещества. Количество слоев клея или другого средства крепления для методов А и В, наносимого на поверхности металлических дисков, режим сушки, допустимое время хранения подготовленных металлических дисков с нанесением средством крепления до вулканизации устанавливают в соответствии с технической документацией на клей или изделие. Образцы для испытания по методам А и В помещают в пресс-форму, общий вид и размеры которой для метода А приведен на рис. 24, метода В – рис. 25. Время, давление на пресс-форму и температуру вулканизации устанавливают в соответствии с технической документацией на резину.

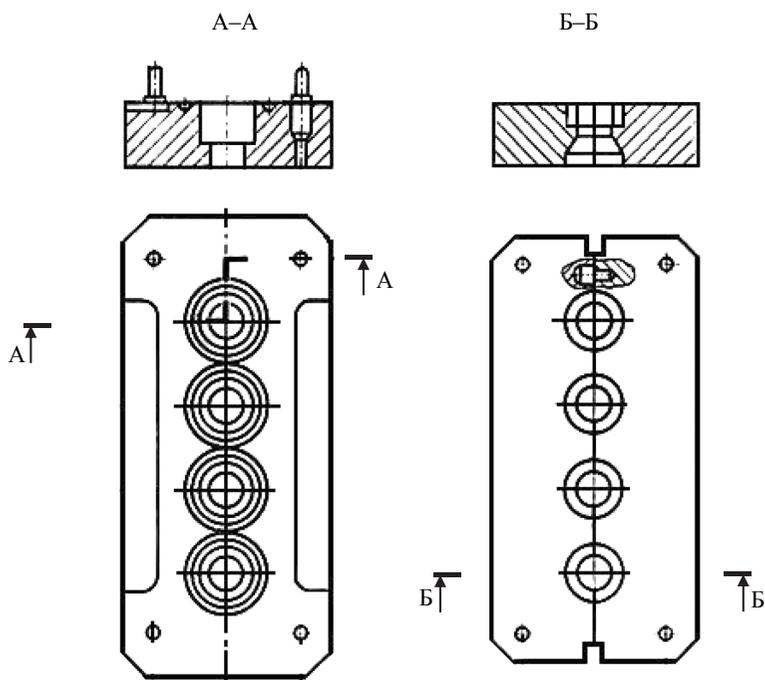


Рис. 24. Общий вид пресс-формы по методу А

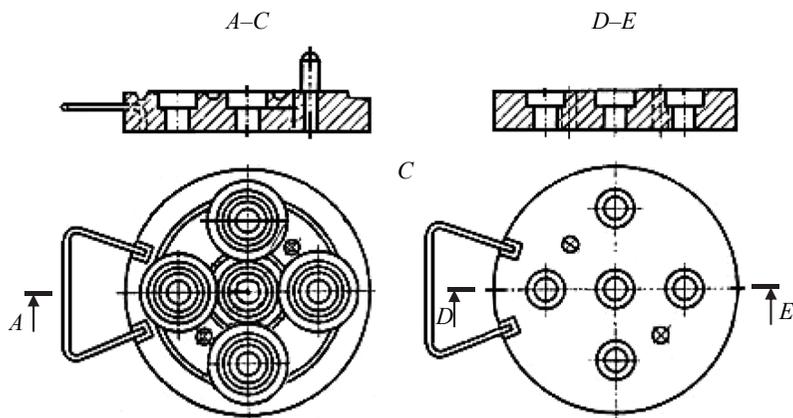


Рис. 25. Общий вид и размеры пресс-формы по методу В

Во время сборки образцов нельзя касаться скрепленных поверхностей посторонними предметами и руками. Образцы для испытания по методам А и В испытывают не ранее, чем через 16 ч, и не позднее, чем через 6 сут после вулканизации. Они не должны иметь недопрессовок, перекосов, трещин резины и т. п. Непосредственно перед испытанием их кондиционируют для метода А в течение 16 ч, для методов Б и В – в течение 3 ч при температуре 20 ± 2 ; 23 ± 2 или $27 \pm 2^\circ\text{C}$.

Проведение испытания. Образец для испытания закрепляют в зажимах устройства разрывной машины, включают ее и проводят испытание до разрушения образца. Регистрируют силу, соответствующую разрушению, и характер разрушения образца. Испытанию подвергают четыре образца от каждой характеризуемой пробы. Для проведения испытания при повышенной температуре в тепловой камере разрывной машины устанавливают соответствующую температуру. Время нагрева образца в камере перед испытанием и температуру испытания устанавливают в соответствии с технической документацией на изделие или клей. Рекомендуемая продолжительность выдержки – 10–15 мин.

Обработка результатов. Показатель прочности связи резины с металлом σ , МПа, вычисляют по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{F}{S},$$

где F – сила отрыва, МН; S – площадь поперечного сечения образца, для расчета которой берут номинальный диаметр металлического диска, м².

За результат опыта принимают показатели испытаний четырех образцов. По методам Б и В допускается подсчет среднего арифметического из показателей не менее трех образцов.

Характер разрушения образца указывается следующими обозначениями: Р – разрушение произошло по массиву резины; РК – по границе резина – клей; КП – по границе клей – праймер (методы А и В); К – по клею (метод Б); М – по границе металл – праймер (методы А и В), металл – клей (методы А, Б и В) или металл – резина (методы А и В). Определяют характер разрушения визуально и ориентировочно выражают в процентах, например: для методов А и В – 20% Р; 30% РК; 40% КП; 10% М; для метода Б – 20% Р; 30% РК; 40% К; 10% М.

Результаты испытаний (табл. 17) записывают в протокол, который должен содержать следующие данные: обозначение резины, клея; марку металла; метод крепления резины к металлу; режим вулканизации (для методов А и В); дату изготовления образцов и дату испытания; температуру кондиционирования и испытания; тип разрывной машины; результат испытания каждого образца; описание характера разрушения каждого образца и выражение его в процентах. Обнаружение дефекта на образце (недопрессовка, посторонние включения и т. п.) также заносят в протокол испытания.

Таблица 17

Результаты испытаний

Наименование показателя	Значение показателя
Шифр резиновой смеси	
Марка клея	
Марка металла	
Метод крепления резины к металлу	
Характер разрушения образца	
Показатель прочности связи резины с металлом, МПа	

Контрольные вопросы

1. Прочность связи резины с металлом.
2. Методы оценки прочности адгезионных соединений.
3. Основные дефекты при креплении резины к металлу.
4. Способы повышения прочности связи резины к металлу.

4.4. Методы испытания уплотнительных изделий

Резиновые уплотнители (РУ) прочно вошли в конструкции современных машин, аппаратов и приборов. Широта использования резиновых уплотнителей выдвигает перед конструкторами высокие требования по эксплуатационным и качественным показателям как материала, так и конструкции уплотнителей. От РУ требуют сохранения работоспособности в контакте с различными средами (от инертных газов до высококонцентрированных кислот с хладагентами и теплоносителями, с маслами и топливами) в диапазоне температур от -60 до $+300^{\circ}\text{C}$, при давлениях от тысяч атмосфер до глубокого разряжения, при фрикционном, ударном и вибрационном воздействиях. При этом РУ не должны вызывать коррозию контактирующих с ними материалов, выделять вредные для человека вещества и иметь высокий ресурс работы.

По функциональному назначению уплотнители могут быть разделены на ряд классов:

1. Уплотнители неподвижных соединений, работающие при осевом и радиальном сжатиях и при радиальном растяжении.

2. Уплотнители подвижных соединений с возвратно-поступательным, вращательным, вращательно-колебательным и винтовым движением.

3. Уплотнители периодического действия.

Классифицируя уплотнители **по конструктивному признаку**, можно выделить основные типы:

1) кольцевые прокладки прямоугольного и квадратного, круглого и овального, трапецидального и Т-образного, Х-образного, П-образного и других сечений;

2) прокладки различного сечения со сложной формой периметра: прямоугольной, овальной, трапецидальной и т. п.;

3) манжеты *V*-образного профиля;

4) шевронные уплотнители;

5) манжеты с металлической арматурой (сальники);

6) резинометаллические клапаны;

7) мембраны;

8) трубчатые уплотнители;

9) пластины, диски и пр.

По роду герметизирующей среды уплотнители можно разделить на следующие виды:

1. Уплотнители газообразных сред.

2. Уплотнители жидких сред (физически агрессивных, химически агрессивных).

3. Уплотнители вакуума.

Герметизация любого соединения, в котором действует избыточное давление или разрежение, заключается в надежном перекрытии зазоров между двумя сопрягаемыми поверхностями. Зазоры могут увеличиваться и уменьшаться вследствие деформации элементов соединения под действием избыточного давления, износа и приработки трущихся поверхностей, коррозионного разрушения, а также по другим причинам.

К неформовым резиновым изделиям относят изделия, вулканизуемые без пресс-форм. Форма и геометрические размеры таких изделий формируются до вулканизации, исключение составляют губчатые изделия, изменяющие свои размеры при вспенивании и вулканизации, а также изделия, вулканизуемые в барабанных вулканизаторах и на установках с удлиненными фильерами.

По назначению неформовые изделия классифицируют на шланги, уплотнители, пластинные изделия, изделия кабельной промышленности.

По конструкции: армированные, неармированные, полые, сплошные.

По типу резины, применяемой для их изготовления: монолитные, пористые.

Значительную часть в объеме неформовых РТИ занимают экструдированные детали различного профиля. Эти изделия могут быть как монолитными, так и пористыми. Преимущественно это уплотнители для окон, дверей, автомобилей и других машин, крышек аппаратов (котлов, автоклавов и др.), для бытовых машин (холодильников, стиральных машин, пылесосов), виброизоляторы, губчатые уплотнители, трубки, шланги.

К пластинным неформовым изделиям относят резиновые и резиноканевые пластины, коврики, маты, покрытия для полов и т. д.

К неформовым РТИ предъявляются различные требования в зависимости от назначения и условий эксплуатации. Требования эти устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ или ТУ.

Резина является высокоэластичным материалом, которому свойственны обратимые деформации, приводящие к восстановлению первоначальной формы и размеров образца после снятия нагрузки. Вследствие особенностей строения (наличия совокупности несшитых

участков макромолекул, присутствия добавок сыпучих ингредиентов и мягчителей, разрыва связей, протекания термоокислительных процессов, разрушения сетки при длительной релаксации и др.) наблюдаются остаточные деформации. Поэтому у реальных резин после снятия нагрузки размеры образцов полностью не восстанавливаются. Остаточные деформации необходимо определять после полного завершения медленных процессов восстановления структуры при самопроизвольном восстановлении прежних формы и размеров образцов. Остаточные деформации проявляются в изнашиваемости изделий, эксплуатирующихся в условиях нагружения. Это отрицательное явление, особенно для цельнорезиновых деталей типа амортизаторов или уплотнителей. Значения остаточных деформаций зависят от состава, строения резины и условий испытания: температуры, относительных деформаций, продолжительности выдержки в деформированном состоянии. Чем больше деформация, тем выше остаточное удлинение. Вследствие влияния продолжительности выдержки образцов в деформированном состоянии на значения остаточной деформации применяются методы определения накопления остаточных деформаций при длительном испытании образцов в сжатом и растянутом состоянии. Методом измерения остаточных удлинений можно изучать различные явления, определяя область кристаллизации вулканизата, кинетику процесса и температуру максимальной скорости кристаллизации. Измерение остаточных деформаций при динамических условиях испытания образцов производится на приборе типа «Гудрич».

Лабораторная работа № 13
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ РЕЗИН
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФОРМОВЫХ ИЗДЕЛИЙ
К НАБУХАНИЮ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Цель работы: определить стойкость резин к набуханию в агрессивных средах весовым методом

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: резиновая пластина; жидкая агрессивная среда; жидкость для промывки образцов; бумага фильтровальная; крючки для закрепления образцов; краска для меток; штанцевый нож; микрометр; термостат; весы аналитические; бюкса стеклянная для взвешивания.

Химическая стойкость резин, находящихся в ненапряженном состоянии, к воздействию жидких агрессивных сред определяется по изменению массы образцов, помещенных в толстостенный цилиндр с герметически закрывающейся крышкой.

Порядок проведения работы

Подготовка образцов. Образцы размером 20×20 мм вырезают из резиновой пластины толщиной $2 \pm 0,2$ мм и маркируют. От каждой пробы должно быть не менее трех образцов.

Проведение испытания. Маркированные образцы взвешивают, закрепляют с помощью крючков на стержнях и помещают в контейнер с агрессивной жидкостью. На стержень должен прикрепляться ярлык с указанием номера образца, условий испытания, названия среды. Необходимо строго соблюдать условия размещения образцов: *они не должны соприкасаться друг с другом, с дном и стенками сосуда; уровень жидкости над образцами должен составлять не менее 1 см, соотношение объемов среды и образцов должно составлять не менее 15:1.*

Если испытания проводят при повышенной температуре, жидкость в контейнере следует предварительно подогреть до температуры испытания. Контейнер с образцами герметизируют, помещают в термостат (муфельную печь) и выдерживают в нем определенное время при заданной температуре. Режим испытания и тип среды устанавливают в соответствии с техническими условиями на резины или резиновые изделия. После окончания испытания контейнер с образцами охлаждают. Образцы извлекают из растворителя и погружают для промывания на 30 с в сосуд с растворяющей средой и легко испаряющейся жидкостью (бензин, если образцы выдерживали в средах нефтяного происхождения; дистиллированная вода – в кислотах, щелочах). После испытания в легколетучих средах образцы промывке не подвергаются. Далее образцы высушивают, для чего их помещают на фильтрованную бумагу и выдерживают в течение 3–4 с на каждой стороне.

Определяют массу образцов взвешиванием в тарированных бюксах, помещают в термостат при 70°C и удаляют из них поглощенную жидкость путем доведения до постоянной массы. Разность в массе образца между предыдущим и последующим (через 1 сут) взвешиванием не должна превышать 1 мг.

Обработка результатов. Характеристиками стойкости резин к агрессивной среде являются степень набухания Q и степень вымывания B , %, которые рассчитываются по следующим формулам:

$$Q = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100; \quad B = \frac{m_0 - m_2}{m_0} \cdot 100,$$

где m_1 – масса образца после выдержки в агрессивной среде, г; m_2 – масса образца после воздействия среды и последующего ее удаления (доведенная до постоянного значения), г; m_0 – исходная масса образца (до воздействия среды), г.

Результаты испытаний заносятся в табл. 18.

Протокол испытаний

Шифр резиновой смеси	Продолжительность воздействия среды
Режим вулканизации	Температура среды
	Дата

Таблица 18

Результаты испытаний

Показатель	Образцы			Среднее значение
	1	2	3	
Масса образца:				
до воздействия среды m_0 , г				
непосредственно после выдержки в среде m_1 , г				
после воздействия среды и последующего ее удаления m_2 , г				
Степень набухания, %				
Степень вымывания, %				

Лабораторная работа № 14 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОСТАТОЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПОСТОЯННОМ СЖАТИИ

Цель работы: определить остаточное сжатие после выдержки образцов при определенных условиях и последующего их восстановления.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: образцы резин; микрометр; струбцина; ограничители; термостат.

Струбцина (рис. 26) представляет собой две металлические прямоугольные пластинки размером 70×40 мм и толщиной 8–9 мм, соединенные болтами. На нижней пластинке по углам на шпильках располагаются металлические ограничители в виде кубиков, длина ребер которых рассчитана на определенную степень сжатия. Рекомендуемое сжатие составляет 20, 30 или 40%. Ограничители являются сменными. Высоты ограничителей одной струбцины могут различаться не более чем на 0,02 мм.

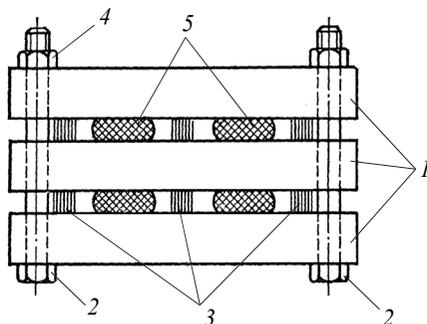


Рис. 26. Струбцина для определения остаточной деформации образцов при постоянном сжатии:

1 – пластины; 2 – болты; 3 – ограничители; 4 – гайки; 5 – образцы

Порядок проведения работы

Подготовка образцов. Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром и высотой 10 мм. Замеряют первоначальную высоту образца h_0 с точностью до 0,01 мм. Для одной закладки подбирают образцы, различающиеся по высоте не более чем на 0,02 мм.

Проведение испытания. Принцип испытания заключается в сжатии образцов на определенное значение относительной деформации и выдержке в заданных условиях с последующим «отдыхом». Устанавливают в струбцине ограничители, соответствующие выбранному значению деформации. Зажимают образцы и помещают в требуемую среду, в которой выдерживают определенное время при заданной температуре. Образцы в сжатом состоянии не должны касаться друг друга. Продолжительность испытания может составлять несколько суток. Затем образцы в струбцине выдерживают 2–3 ч при температуре $23 \pm 2^\circ\text{C}$, после чего их освобождают, выдерживают 1 ч в свободном состоянии и измеряют высоту (h).

Обработка результатов. Определяют значение относительной остаточной деформации $\epsilon_{\text{ост}}$ по следующей формуле:

$$\epsilon_{\text{ост}} = \frac{h_0 - h}{h_0 - h_s} \cdot 100\%,$$

где h_0 – высота образца до испытаний, мм; h – высота образца после «отдыха», мм; h_s – высота образца после сжатия в струбцине.

Значение $\epsilon_{\text{ост}}$ вычисляется как среднее арифметическое результатов испытания не менее трех образцов. Допустимые отклонения составляют не более 5%.

Результаты испытаний заносятся в табл. 19.

Таблица 19

Результаты испытаний

Образец	Высота образца			Относительная остаточная деформация
	первоначальная	после сжатия	после «отдыха»	
1				
2				
3				
Среднее значение				

Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация формовых изделий.
2. Неформовые изделия, общая характеристика, классификация.
3. Влияние агрессивных сред на резины.
4. Правила безопасной работы при испытаниях резин в условиях воздействия агрессивных сред.
6. Остаточная деформация, ее значение и определение.
6. Факторы, влияющие на деформационные свойства резин.

4.5. Методы испытания резиновых клеев

В технологическом процессе сборки многослойных резиновых изделий широко применяются различные типы клеев. Современная технология предъявляет к клеям и клеящим соединениям разнообразные требования. Клеи должны быть удобны в применении, иметь достаточный срок хранения и по возможности не содержать токсичных

веществ. Клеевые соединения должны обладать прочностью, близкой к прочности склеиваемых материалов, быть долговечными в любых климатических условиях при температуре эксплуатации.

Среди обширного ассортимента известных клеев в резиновой промышленности в основном применяются так называемые резиновые клеи, которые представляют собой растворы каучуков или резиновых смесей в органических растворителях. В зависимости от состава такие клеи делят на следующие группы: невулканизирующиеся, вулканизирующиеся и самовулканизирующиеся. К первой группе относятся клеи на основе натурального каучука, гуттаперчи и термопрена. Клеевые соединения, полученные на этих клеях, обладают относительно невысокой прочностью. Полимерной основой вулканизирующихся клеев служат хлоропреновые, бутадиен-нитрильные, карбоксилсодержащие, кремнийорганические каучуки и другие синтетические полимеры. Кроме каучуков, такие клеи содержат в своем составе вулканизирующиеся вещества. После вулканизации образуются более прочные клеевые соединения. Вулканизацию проводят как при 140–180°C, так и при 25–30°C (самовулканизирующиеся).

Клеи на основе натурального каучука применяют для склеивания резиновых и резинотканевых изделий, резины с металлом, картоном и другими материалами.

Клеи на основе хлоропренового каучука наиболее широко используются для склеивания резинометаллических изделий, резины с тканями, резины с бетоном, резиновых деталей обуви.

Клеи на основе бутадиен-нитрильных каучуков применяют для склеивания резин и резинотехнических изделий, предназначенных для работы в нефтяных маслах и топливах, резины с алюминиевыми сплавами и сталями, фторорганических полимеров с металлами.

Клеи на основе карбоксилсодержащих каучуков используют для склеивания металлов и различных неметаллических материалов (резины, стеклопластиков, полиамидных пленок, бумаги и др.).

Клеи на основе кремнийорганических соединений применяют для склеивания резин на основе силоксановых каучуков со сталями, алюминиевыми и титановыми сплавами в процессе вулканизации, вулканизованных резин на основе СКТ с неметаллами. Клеевые соединения выдерживают длительное тепловое старение при 250–300°C, отличаются стойкостью в любых климатических условиях.

Клеи на основе уретанового каучука предназначены для ремонта изделий из некоторых тканей, приклеивания резиновых и кожаных

подошв к верху обуви при пошиве и ремонте, полиэфирного ворса к резине, резин на основе каучуков специального назначения.

В промышленности при необходимости применяют клеи на основе других полимеров.

Качество клеев оценивают физическими и физико-химическими методами. К ним относятся: внешний вид, относительная плотность, вязкость, липкость, концентрация, жизнеспособность, концентрация водородных ионов, продолжительность отверждения, содержание летучих, зольность.

Внешний вид свежеприготовленного клея определяют визуально. 20–50 г клея помещают в стеклянный стакан вместимостью 50–100 см³ и рассматривают его в проходящем свете. Клей должен быть однородным, без посторонних механических примесей.

Относительную плотность жидких и твердых клеев наиболее точно определяют с помощью пикнометра. Часто для измерения относительной плотности жидких клеев используют ареометр.

Вязкость – важный показатель оценки качества клеев. Высокая вязкость затрудняет нанесение клея на соединяемые поверхности. При малой вязкости следует наносить клей в несколько слоев. Поэтому необходимо приготавливать клей с оптимальной вязкостью.

Для определения вязкости клеев широко применяют вискозиметры ВЗ-1 и ВЗ-4, Светлова, Оствальда, Хетчинсона, шариковые и др.

Липкость – это особенность достаточно вязкой жидкости прилипать к поверхности, находящейся с ней в соприкосновении. Усилие, которое требуется для удаления жидкости с этой поверхности, характеризует липкость жидкости.

Концентрация клея – количество сухого остатка, полученного после испарения растворителей, входящих в состав испытываемых материалов.

Концентрация водородных ионов (рН) может быть определена электрическим и колориметрическим способами. Последние менее точны, но более просты, они нашли широкое применение в лабораторной практике.

Жизнеспособность клея – время до начала желатинизации клеевого раствора – определяют после смешения входящих в него компонентов по изменению вязкости с течением времени. В случае, когда определение вязкости по тем или иным причинам не может быть выполнено, жизнеспособность находят, нанося клей на металлические пластинки из дуралюмина размером 20×20 мм через каждые 30 мин. Отмечают время, в течение которого клей не пригоден для нанесения.

Продолжительность отверждения – показатель, характерный для клеев на основе различных смол и определяемый как время, необходимое для перехода смолы в неплавкое состояние.

Содержание летучих в клеевых пленках определяют по изменению массы после высушивания образца размером 50×50 мм при температуре $130 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 4 ч.

Зольность определяют с целью установления количества минерального наполнителя в клее методом сжигания навески в фарфоровом тигле в муфельной печи.

Термический коэффициент линейного расширения клеевых пленок влияет на прочность клеевых соединений при резких перепадах температуры. Определяют его по изменению длины образца, вызванному изменением температуры.

Адгезионные свойства клеев оцениваются испытаниями, сущность которых заключается в определении силы, необходимой для разделения двух склеенных поверхностей. Характер разрушения склеенных поверхностей при этом может быть различным: 1) адгезионный отрыв, если имеет место полное отслаивание клеевой пленки от подложки; 2) когезионный отрыв, если разрушение идет по клеевому слою или по склеиваемому материалу; 3) адгезионно-когезионный (смешанный), при котором расслаивание происходит частично с отслаиванием клеевого слоя от подложки и частично по клею или подложке.

Лабораторная работа № 15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУХОГО ОСТАТКА В КЛЕЕ

Цель работы: определить содержание сухого остатка в клее, основанном на удалении воды и летучих веществ из клея сушкой в сушильном шкафу.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: аналитические весы; термостат; бюкса; стеклянная палочка, образцы клеев резиновых.

Порядок проведения работы

Проведение испытания. 2–3 г тщательно перемешанного клея взвешивают на аналитических весах с погрешностью не более 0,0002 г в предварительно высушенной до постоянной массы бюксе или

железной баночке с крышкой. Бюксу с навеской помещают в термостат и, сняв крышку, сушат при 105–110°C до постоянной массы. При этом первое взвешивание осуществляется через 1 ч, а последующие – с интервалом в 15–20 мин.

Обработка результатов. Содержание сухого остатка X , %, вычисляют по следующей формуле:

$$X = \frac{a}{b} \cdot 100,$$

где a – масса клея после сушки, г; b – навеска клея, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое из показаний двух определений.

Лабораторная работа № 16 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ВЯЗКОСТИ КЛЕЯ

Цель работы: определить условную вязкость клея вискозиметрическим методом.

Оборудование, приборы, инструмент, материалы: вискозиметр; клей резиновый; секундомер; стеклянная палочка.

Применяют вискозиметры ВЗ-1 с соплом диаметром 2,5 и 5,4 мм, предназначенные для определения условной вязкости материалов, вязкость которых по данным вискозиметрам соответственно не ниже 150 и 10 с; ВЗ-4 – для материалов, вязкость которых по данному вискозиметру 20–150 с.

Условной вязкостью смолы или клея называют время истечения в секундах определенного объема жидкости через калибровочное сопло вискозиметра при температуре 20°C или при температуре, указанной в технических условиях.

Порядок проведения работы

Проведение испытания. Перед каждым определением внутренний резервуар вискозиметра тщательно промывают растворителем, а затем осушают воздухом или же ополаскивают петролейным эфиром. Сопло вискозиметра просматривают на свет и, если это необходимо, дополнительно промывают растворителем.

Испытуемый материал тщательно перемешивают, доводят его температуру до 20°C или до показателя, указанного в технических

условиях на испытуемый материал. Закрывают сопло стержнем и в резервуар вискозиметра наливают испытуемый материал до уровня остриев штифтов. Под сопло вискозиметра ставят чистый сухой стеклянный стакан градуированный на 50 см^3 и, убедившись, что температура материала соответствует заданной, быстро вынимают стержень и одновременно с появлением жидкости из сопла пускают секундомер. Как только испытуемый материал в стаканчике дойдет до метки, точно соответствующей 50 см^3 , секундомер останавливают и отсчитывают время истечения с точностью до 0,2 с.

Проводят не менее трех испытаний.

Обработка результатов. Время истечения в секундах 50 см^3 испытуемого материала через сопло вискозиметра является условной вязкостью. Расхождения между двумя параллельными испытаниями не должны превышать 5%.

Контрольные вопросы

1. Общая характеристика и классификация резиновых клеев.
2. Представление о механизме течения полимеров.
3. Приборы для определения реологических свойств.
4. Правила безопасной работы на приборах.

1. Характеристика свойств шин с различным расположением нитей корда в каркасе. Преимущества шин Р по сравнению с шинами Д.

2. Характеристика свойств шин с различной формой профиля. Контакт шины с дорогой в зависимости от типа шины. Давления, развивающиеся на площади контакта.

3. Характеристика каркаса шины: назначение, устройство, технические свойства. Отличительные признаки каркаса шин Д и Р и влияние их на эксплуатационные свойства.

4. Характеристика протектора шин: назначение, устройство, типы протекторных рисунков и их характеристика. Отличительные признаки протектора шин Д и Р и влияние их на эксплуатационные свойства.

5. Характеристика боковин шин: назначение, устройство, отличительные признаки боковин шин Д и Р и влияние их на эксплуатационные свойства. Деформация боковин.

6. Характеристика борта покрышки: назначение, устройство. Усилия в бортовых кольцах.

7. Устройство грузовой покрышки Р. Типы протекторных рисунков, их устройство и влияние на износостойкость протектора.

8. Условия эксплуатации сельхозшин. Характеристика шин направляющих колес и требования к ним: конструкция покрышек, тип рисунка протектора.

9. Устройство камерной и бескамерной шин. Основные преимущества бескамерной шины перед камерной.

10. Конструкция автокамер. Конструкция и особенности применения.

11. Устройство покрышки легковой шины. Тип и устройство рисунков протектора легковых шин.

12. Особенности конструкции и свойств шин различного назначения: легковые, грузовые, сельскохозяйственные и шины повышенной проходимости.

13. Типы и свойства полиамидных кордов. Пропиточные составы для полиамидного корда. Физико-химическая сущность пропитки корда.

14. Типы и свойства текстильных кордов. Вискозный и капроновый корд.

15. Армирующие материалы. Metalлокорд: требования, общая схема конструкции, направления развития в конструкциях металлокорда.
16. Типы и свойства металлокорда: конструкция, характеристика.
17. Адгезивы для корда: физико-химическая сущность пропитки, пропиточные составы.
18. Обработка корда: пропитка, сушка, термообработка.
19. Типы и свойства текстильных кордов. Анидный и полиэфирный корд.
20. Адгезия между резиной и металлокордом: предадгезионная обработка; рецептурные факторы, влияющие на адгезию между резиной и металлокордом.
21. Строение пневматической шины. Диагональные и радиальные шины.
22. Строение пневматической шины. Параметры шины.
23. Производство ободных лент.
24. Конструкция ободной ленты. Технологический процесс производства.
25. Конструкция массивных шин. Технологический процесс изготовления.
26. Деформация нитей корда при качении шины и в различных зонах ее профиля. Распределение деформаций нитей по профилю шины.
27. Потери на качение в шине. Факторы, влияющие на потери при качении.
28. Теплообразование в шине. Причины возникновения и распределения теплообразований по зонам профиля.
29. Сцепление шины с дорогой. Вязкоупругие свойства резины.
30. Механизмы, вовлеченные в трение между резиной и дорогой. Классификация дорожных поверхностей.
31. Механизмы перемещения резиновой шашки протектора.
32. Продольное сцепление при торможении. Свойства резины протектора.
33. Поперечное сцепление при боковом уводе.
34. Неоднородность шины: геометрическая, силовая, распределения масс.
35. Характеристики шины: надежность, грузоподъемность, долговечность.
36. Строение пневматической шины. Камерные и бескамерные шины.
37. Контроль качества шин.

38. Работа пневматической шины. Контакт шины с дорогой: силы, действующие на ведущее и тормозящее колеса.
39. Работа пневматической шины. Контакт шины с дорогой: действие сил на неподвижное колесо; силы, действующие на ведомое колесо.
40. Работа пневматической шины. Контакт шины с дорогой: действие сил на колеса во время движения по неровному основанию и при повороте автомобиля.
41. Особенности строения КГШ и СКГШ.
42. Характеристика шин ЦМК.
43. Строение пневматической шины. Принципиальное отличие строения борта радиальной и диагональной покрышек.
44. Категории автомобильных дорог. Характеристика шин в зависимости от назначения и условий эксплуатации (зимние шины).
45. Категории автомобильных дорог. Характеристика шин в зависимости от назначения и условий эксплуатации (рисунок протектора повышенной проходимости).
46. Категории автомобильных дорог. Характеристика шин в зависимости от назначения и условий эксплуатации (всесезонные или универсальные).
47. Категории автомобильных дорог. Характеристика шин в зависимости от назначения и условий эксплуатации (летние или дорожные).
48. Рисунок протектора шин: ненаправленный, направленный и ассиметричный рисунки протектора.
49. Линия выпуска протекторов и боковин.
50. Схема пропитки и обрезаживания текстильного корда.
51. Схема установки навивки протектора.
52. Линия обрезаживания текстильного и металлического кордов.
53. Схема поточной линии обрезаживания, раскроя, стыковки и изоляции кромок металлокорда.
54. Технологический процесс промазки тканей.
55. Технологический процесс раскроя обрезаженного корда.
56. Линия раскроя металлокорда на слои брекера.
57. Линия изготовления бортовых колец.
58. Линия для изготовления наполнительного шнура и бортовых крыльев.
59. Линия выпуска гермослоя с резиновой прослойкой.
60. Сборка ЦМК «Р» на сборочных станках.
61. Описание технологического процесса сборки легковых шин на сборочном комплексе.

62. Принцип работы форматора-вулканизатора типа «АУТОФОРМ».
63. Автокамера. Технологическая схема автокамерного агрегата. Подготовка вентилей. Стыковка камерных заготовок.
64. Автокамера. Технологическая схема автокамерного агрегата. Стабилизация стыка, формование и вулканизация камер.
65. Технологический процесс сборки грузовых шин Д с двумя крыльями в борте.
66. Сборка шин. Способы сборки шин. Преимущества и недостатки.
67. Сборка шин. Технологический процесс раздельной двухстадийной сборки покрышек Р на двух станках.
68. Тепловые основы режимов вулканизации. Подготовка покрышек к вулканизации.
69. Сборка покрышек: полуплоский, полудорновой способы.
70. Сборка покрышек: послойный, браслетный, комбинированный способы.
71. Сравнительная характеристика шин диагональной и радиальной конструкций.
72. Принцип работы линии анализа качества покрышек. Неоднородности шины.
73. Классификация РТИ. Общая технологическая схема производства РТИ.
74. Классификация, конструкции, назначение формовых РТИ.
75. Сырье и материалы в производстве формовых РТИ.
76. Технологический процесс изготовления заготовок для производства формовых РТИ.
77. Технологический процесс обработки арматуры для изготовления резиноармированных формовых РТИ.
78. Способы вулканизации заготовок для формовых РТИ. Заключительные операции.
79. Классификация, конструкции, назначение неформовых РТИ.
80. Технологический процесс производства неформовых резиновых изделий. Изготовление заготовок.
81. Неформовые РТИ: классификация, особенности свойств и рецептуры резиновых смесей для монолитных неформовых РТИ.
82. Неформовые РТИ: классификация, особенности свойств и рецептуры резиновых смесей для пористых неформовых РТИ.
83. Непрерывные способы вулканизации неформовых РТИ. Достоинства и недостатки.
84. Классификация, конструкции, назначение и условия эксплуатации рукавов.

85. Армирующие материалы, применяемые для производства рукавов.

86. Особенности рецептур резиновых смесей для различных элементов конструкции рукава.

87. Конструкция рукава. Технологический процесс изготовления рукавов навивочной конструкции (дорновой способ, на жестких и гибких дорнах).

88. Конструкция рукава. Технологический процесс изготовления рукавов навивочной конструкции (бездорновой способ).

89. Конструкция рукава. Технологический процесс изготовления рукавов оплеточной конструкции дорновым способом.

90. Конструкция рукава. Технологический процесс изготовления рукавов оплеточной конструкции бездорновым способом.

91. Конструкция рукава. Технологический процесс изготовления рукавов обмоточной конструкции.

92. Конструкция рукава. Технологический процесс изготовления рукавов прокладочной конструкции.

93. Конструкция рукава. Технологический процесс вулканизации рукавов в котлах и автоклавах.

94. Конвейерные ленты. Классификация, конструкции, назначение.

95. Резинотканевые конвейерные ленты. Конструкции, назначение.

96. Резинотросовые конвейерные ленты. Конструкции, назначение.

97. Линии для пропитки, сушки и термообработки технических тканей для производства конвейерных лент.

98. Технологический процесс изготовления резинотканевых конвейерных лент (сборка каркаса лент).

99. Технологический процесс изготовления резинотканевых конвейерных лент (обкладка каркаса и вулканизация лент).

100. Технологический процесс изготовления резинотросовых лент.

101. Армирующие материалы для конвейерных лент.

102. Особенности рецептур резиновых смесей для обкладки конвейерных лент.

103. Особенности рецептур промазочных резиновых смесей для сердечников конвейерных лент.

104. Плоские приводные ремни: конструкция, материалы, требования.

105. Общая конструкция клинового ремня. Характеристика ремней различного назначения и их конструкции (вентиляторные, вариаторные, поликлиновые).

106. Технологический процесс изготовления клиновых ремней (подготовка полуфабрикатов; сборка, скашивание и обертка сердечников).

107. Принцип построения рецептуры для эластичного слоя и обкладки кордов клиновых ремней.

108. Особенности рецептур резиновых смесей для слоев сжатия и растяжения клиновых ремней.

109. Сырье и материалы для промазки тканей при производстве клиновых ремней.

110. Технологический процесс изготовления клиновых ремней (вулканизация, стабилизация длины ремней, ОТК).

111. Принцип построения рецептуры для слоя сжатия и растяжения клиновых ремней.

112. Клиновые ремни: классификация, особенности, конструкция.

113. Назначение и виды полимерной обуви. Потребительские свойства обуви.

114. Текстильные материалы и лаки в производстве обуви.

115. Резиновые смеси, поливинилхлорид, микропористый полиуретан, термоэластопласт и лаки в производстве резиновой обуви.

116. Способы изготовления резиновой обуви: клеевой метод, метод штампования, метод формования.

117. Способы изготовления резиновой обуви: метод опрессовки внутренним давлением, метод литья под давлением, метод макания, метод жидкого формования.

118. Изготовление обуви формовым способом на жестких сердечниках.

119. Производство формовых сапог на сердечнике с эластичной камерой.

120. Технологический процесс изготовления латексных изделий методом простого макания.

121. Латекс. Рецептурные особенности латексных смесей.

122. Латекс. Технологический процесс приготовления латексных смесей. Требования к качеству латексной смеси.

123. Способ коагулянтного макания. Технологическая схема. Макание в термосенсибилизирующую смесь.

124. Эбонитовые изделия: классификация, особенности вулканизации эбонитовых изделий.

125. Технология изготовления эбонитовых стержней и пластин.

1. Prekop, Š. Gumárska technológia I / Š. Prekop, L. Várkony, A. Kučma etc. – Žilina: Žilinski univerzita, 1998. – 282 p.
2. Prekop, Š. Gumárska technológia II / Š. Prekop, L. Várkony, P. Janupka etc. – Trenčín: Trenčianski univerzita, 2003. – 371 p.
3. Армирующие материалы, применяемые при производстве резиновых изделий / Р. Л. Люсова [и др.]. – М.: МИТХТ имени М. В. Ломоносова, 2010. – 47 с.
4. Армирующие материалы для шин и их обработка / И. Л. Шмурак [и др.] // Каучук и резина. – 2001. – № 2. – С. 22–25.
5. Бакфиш, К. Новая книга о шинах / К. Бакфиш, Д. Хайнц. – М.: Астрель: АСТ, 2003. – 303 с.
6. Бергштейн, Л. А. Лабораторный практикум по технологии резины / Л. А. Бергштейн. 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1989. – 248 с.
7. Гуслицер, Р. Л. Шина и автомобиль / Р. Л. Гуслицер. – М.: Научно-технический центр «НИИШП», 2007. – 283 с.
8. Захаров, Н. Д. Лабораторный практикум по технологии резины / Н. Д. Захаров. – М.: Химия, 1988. – 256 с.
9. Иванова, В. Н. Технология резиновых технических изделий / В. Н. Иванова, Л. А. Алешунина. – Л.: Химия, 1988. – 288 с.
10. Шины. Некоторые проблемы эксплуатации и производства / Р. С. Ильясов [и др.]. – Казань: Казанский гос. технол. ун-т, 2000. – 576 с.
11. Лабораторный практикум по технологии резины. Основные свойства резин и методы их определения / Н. Д. Захаров [и др.]. – М.: Химия, 1976. – 240 с.
12. Мартин, Дж. М. Производство и применение резинотехнических изделий / Дж. М. Мартин, У. К. Смит; под ред. С. Ч. Бхати, В. Н. Красовского. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.
13. Основы технологии шинного производства: учеб. пособие / Г. Я. Власов [и др.]; под ред. Г. Я. Власова, Ю. Ф. Шутилина. – Воронеж: ВГТА, 2002. – 460 с.
14. Осошник, И. А. Производство резиновых технических изделий / И. А. Осошник, Ю. Ф. Шутилин, О. В. Карманова. – Воронеж: ВГТА, 2007. – 972 с.
15. Осошник, И. А. Практикум по технологии резиновых изделий / И. А. Осошник, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1989. – 224 с.

16. Повышение срока службы радиальных шин с помощью металлокорда // Мир шин. – 2004. – № 8. – С. 11–16.
17. Рагулин, В. В. Технология шинного производства / В. В. Рагулин, Л. А. Вольнов. – М.: Химия, 1981. – 264 с.
18. Салтыков, А. В. Основы современной технологии автомобильных шин. – М.: Химия, 1974. – 472 с.
19. Справочник по металлокорду. – М.: НИИШП, 2003. – 159 с.
20. Технология производства и технические характеристики шин для современных транспортных средств [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Ф. Каблов [и др.]; ВПИ (филиал) ВолгГТУ [Электронный ресурс]. – Волгоград, 2017. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Дата доступа: 14.12.2019
21. Технология резиновых изделий / Ю. А. Аверко-Антонович [и др.]. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
22. Технология резиновых изделий: учеб. пособие / сост.: Т. Б. Минигалиев, В. П. Дорожкин. – Казань: КГТУ, 2009. – 236 с.
23. Технология резиновых изделий: учеб. пособие / Ю. О. Аверко-Антонович [и др.]; под ред. П. А. Кирпичникова. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
24. Уплотнения и уплотнительная техника / Л. А. Кондаков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 464 с.
25. Филлипов, В. В. Техническая политика БМЗ с учетом ситуации на рынке металлокорда / В. В. Филлипов, С. А. Исаков, В. Я. Генин // Сталь. – 2002. – № 10. – С. 72–73.
26. Шинный корд и его обработка / И. Л. Шмурак [и др.] // Резиновая промышленность. Сырье, материалы, технологии: тез. докл. XIII Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 21–25 мая 2007 г. / Научно-технический центр «НИИШП». – М., 2007. – С. 18–21.
27. Шмурак, И. Л. Современные армирующие материалы для шин, их обработка и новые достижения в этой области / И. Л. Шмурак // Каучук и резина. – 2008. – № 5. – С. 11–15.
28. Шмурак, И. Л. Шинный корд и его обработка в начале 21 века / И. Л. Шмурак // Резиновая промышленность. Сырье, материалы, технологии: тез. докл. XX юбилейной. науч.-практ. конф., Москва, 25–29 мая 2015 г. / Научно-технический центр «НИИШП». – М., 2015. – С. 148–151.
29. Шмурак, И. Л. Шинный корд и технология его обработки / И. Л. Шмурак. – М.: Научно-технический центр «НИИШП», 2007. – 220 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	4
1. КОНСТРУКЦИЯ ШИН	6
Лабораторная работа № 1. Конструктивный анализ шины	21
2. АРМИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ ШИН И РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	24
2.1. Армирующие материалы в шинной промышленности	24
2.2. Армирующие материалы в производстве резинотехнических изделий	34
2.3. Методы испытания текстильных материалов	36
Лабораторная работа № 2. Линейная усадка кордной нити	39
Лабораторная работа № 3. Термостойкость основной нити полиамидной кордной ткани	41
Лабораторная работа № 4. Технические характеристики ткани	42
2.4. Методы определения прочности связи в резинокордных системах	44
Лабораторная работа № 5. Определение прочности связи единичной нити корда с резиной <i>H</i> -методом	47
Лабораторная работа № 6. Прочности связи между слоями при расслоении	51
3. ПРОФИЛИРОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ	54
Лабораторная работа № 7. Скорость шприцевания и усадка шприцуемых заготовок	58
4. ИСПЫТАНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И РЕЗИНОВЫХ КЛЕЕВ	62
4.1. Методы испытания конвейерных лент	62

Лабораторная работа № 8. Определение прочности при разрыве конвейерных лент.....	65
Лабораторная работа № 9. Определение относительного удлинения лент	66
Лабораторная работа № 10. Испытание обкладочной резины резиноканевых лент на истираемость	67
4.2. Методы испытания рукавов.....	71
Лабораторная работа № 11. Определение стойкости рукавных резин к набуханию в агрессивных средах	72
4.3. Методы испытания резинометаллических изделий	74
Лабораторная работа № 12. Прочность связи резины с металлом при отрыве	76
4.4. Методы испытания уплотнительных изделий	82
Лабораторная работа № 13. Определение стойкости резин для производства формовых изделий к набуханию в агрессивных средах	84
Лабораторная работа № 14. Определение относительной остаточной деформации при постоянном сжатии.....	86
4.5. Методы испытания резиновых клеев.....	88
Лабораторная работа № 15. Определение сухого остатка в клее	91
Лабораторная работа № 16. Определение условной вязкости клея	92
5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	94
ЛИТЕРАТУРА	100

Учебное издание

Шашок Жанна Станиславовна
Касперович Андрей Викторович
Усс Елена Петровна

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШИН
РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ
Лабораторный практикум
Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. И. Гоман*
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*
Дизайн обложки *П. П. Падалец*
Корректор *Е. И. Гоман*

Подписано в печать 26.05.2020. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 6,2.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.