

Диапазон 2 (0–10 ед. жесткости) диапазона испытания увеличивает значения на шкале в десять раз, так что гибкие материалы могут тестироваться ниже диапазона 3 (10–100 ед. жесткости). При использовании компенсационного равновесия и за счет изменения направления валиков (для уменьшения длины испытываемого образца) увеличивается чувствительность данного испытания. В диапазоне 2 образец отклоняется как влево, так и вправо, и фиксируется показание. Для получения окончательного значения затем вычисляется среднее значение показания и делится на 10.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: изгибная жесткость провода может заметно меняться по мере его деформации, поскольку проволоочные слои провода могут проскальзывать относительно друг друга, а отдельные проволоки – перемещаться внутри повивов. Следовательно, величины изгибной и крутильной жесткостей могут изменяться как вдоль оси провода, так и во времени.

Л и т е р а т у р а

1. Тестер упругости и жесткости материалов на изгиб. Taber 150. – URL: <https://www.qualicont.ru/products/taber/taber-150.html/>.
2. Губкин, С. И. Теория обработки металлов давлением : учебник / С. И. Губкин. – М. : Металлургиздат, 1947. – 532 с.

ИЗГИБНАЯ ЖЕСТКОСТЬ МЕТАЛЛОКОРДА ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ШИНЫ

Н. Н. Мельников

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Отражено современное состояние, перспективные направления исследования и изменения изгибной жесткости металлокорда.

Ключевые слова: металлокорд, изгибная жесткость, шины.

Использование металлокорда в качестве армирующего материала известно с 1937 г. (фирма «Мишлен»). В дальнейшем совершенствование конструкций металлокорда, его характеристик и технологии изготовления является улучшение экономических показателей непосредственно производства и конструкций металлокорда. Процесс появления новых конструкций металлокорда продолжается и сейчас. Все показатели физико-механических и адгезионных характеристик металлокорда произошли от оценочных испытаний текстильного корда и канатных изделий, в частности, авиационных канатов, и были направлены на увеличение ходимости шин. Поэтому определяющими факторами анализа качества металлокорда стали прочностные показатели и работоспособность при знакопеременной нагрузке. Дальнейшее развитие конструкций шин внесло добавочные характеристики для металлокорда с целью получения качественного обрешиненного полотна.

Корд в шине работает в весьма жестких условиях. Он подвергается разнообразным статическим и динамическим многократным деформациям растяжения, сжатия, изгиба, сдвига, кручения и т. д. [2]. Разнообразие условий работы корда вызывает необходимость изучения корда как конструкционного элемента шин. В настоящее время увеличение технического ресурса шин (ходимости) является одной из главных задач. Схема нагружения корда в резинокордном слое шины представлена на рис. 1.

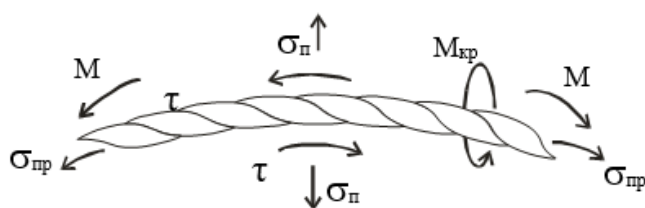


Рис. 1. Схема нагружения корда в резинокордном слое шины

Многих конструкторов шин при подборе металлокорда интересует характер изменения изгибной жесткости металлокорда. Показатель изгибной жесткости в брекерных слоях шин определяет ходимость шин, уровень сопротивления качению, совместно с величиной разрывного усилия – вес шин. Металлокord, который закладывается в брекер, должен обладать высокой восстанавливаемостью, а металлокорд, который будет закладываться в каркас, высокой пластичностью. Наличие оплетки снижает пластичность.

Испытания металлокорда на жесткость проводят на приборе и по методике «Taber» [1]. Суть метода заключается в определении момента сопротивления изгибу, без структурного перемещения проволок в образце металлокорда. Прибор для определения жесткости «Taber V-5» представлен на рис. 2.



Рис. 2. Прибор для определения жесткости «Taber V-5»

Величина жесткости отечественного металлокорда зависит от технологии его изготовления и имеет ограничения в способах управления ее величиной. Практический диапазон жесткости металлокорда составляет от 30 до 1200 ед. Табера. Отечественный металлокорд имеет преимущественно повышенные значения жесткости, также требуется повышение стабильности этого показателя. Потребители металлокорда шинной промышленности запрашивают металлокорд с определенными по величине и постоянными в разных поставках значениями жесткости для эффективного производства шинной продукции.

Зависимость жесткости по Таберу, модуля растяжения и модуля упругости от физико-механических характеристик металлокорда различных конструкций приведена в таблице.

**Зависимость жесткости по Таберу, от технических характеристик
металлокорда типа $1 \times d1 + 18 \times d2$**

Конструкция	Шаг свивки, мм	Агрегатный разрыв P_a , Н	Нагрузка P_n , Н	Полное удлинение ϵ_n , %	Жесткость по Таберу
0,22 + 18 × 0,20	10	1677	800	2,2	45
	12,5	1712	1020	2,1	48
	16	1734	1020	1,98	47
	18	1739	860	2,26	47
0,20 + 18 × 0,175 ST	10	1650	860	2,37	26,6
0,20 + 18 × 0,175	10	1345	780	2,02	25

Как видно из таблицы, жесткость по Таберу возрастает с увеличением диаметра проволоки, но не зависит от шага свивки металлокорда (в диапазоне применяемых шагов) и прочности проволоки. Жесткость металлокорда в обрешиненном состоянии в основном же зависит от его конструкции и степени проникновения резины в структуру металлокорда.

Для исследования условий эксплуатации металлокорда в процессе работы были построены компьютерные модели, имитирующие нагружение в реальных условиях (рис. 3). Модели учитывали значения изгибной жесткости, полученные на приборе «Taber V-5».

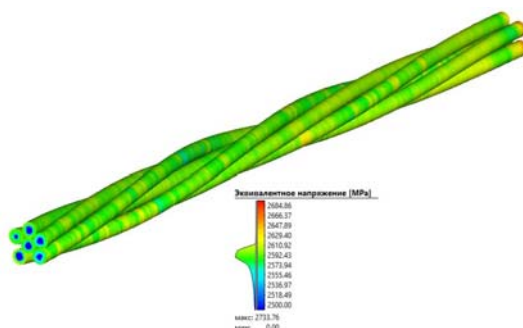


Рис. 3. Численная модель металлокорда

Распределение материалов в радиальном сечении шины 315/80R22,5 с дуговой координатой от 0 до 700 показано на рис. 4.

На рис. 5 изображена эпюра изменения усилий в нити металлокорда каркаса вдоль дуговой координаты срединной поверхности каркасного слоя от точки обода шины до точки обода. На параллелях Max1 и Max2, расположенных симметрично относительно экватора шины, усилия в нитях корда каркаса принимают в сегментах FEM_Shag0 и FEM_Shag180 минимальные и максимальные значения соответственно.

Вдоль беговой дорожки шины нагрузка от внутреннего давления распределяется между каркасом и брекером. В боковой стенке усилие в нити металлокорда каркаса практически не меняется.

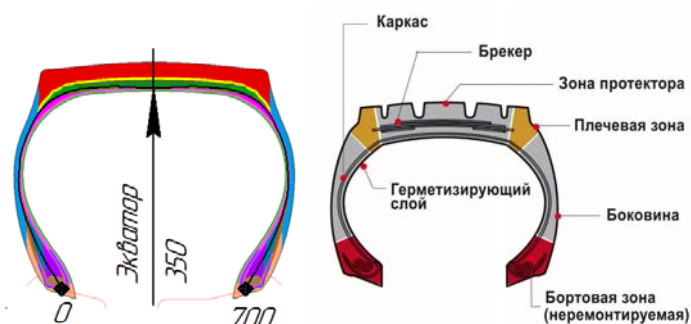


Рис. 4. Распределение материалов в радиальном сечении шины 315/80R22,5 с дуговой координатой от 0 до 700

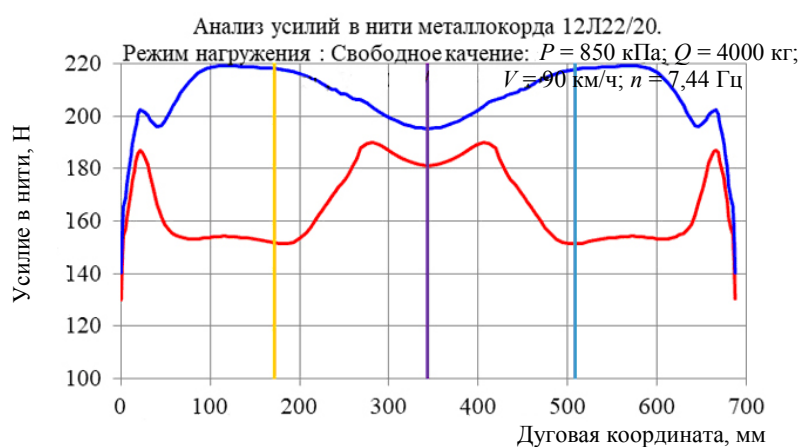


Рис. 5. Эпюры изменения усилий в нити металлокорда каркаса от точки обода шины до точки обода:
 — FEM Sech0; — экватор;
 — FEM Sech180; — Max1

Анализ усилий в металлокорде при вращении шины с рабочими нагрузками позволяет определить, насколько усилия в металлокорде при работе в шине отличаются от усилия агрегатного разрыва. Нагрузка разрыва металлокорда $0,22 + 18 \times 0,20$ составляет 800 Н, а в металлокорде в под нагрузкой в шине максимальное усилие — 200 Н. Запас прочности — 4, что достаточно. В результате исследований выполнен анализ нагружения металлокорда в автомобильной шине в процессе ее эксплуатации, что позволяет оценивать возможность эксплуатации металлокорда в шине.

Литература

1. Тестер упругости и жесткости материалов на изгиб. Taber 150. — URL: <https://www.qualicont.ru/products/taber/taber-150.html/>.
2. Губкин, С. И. Теория обработки металлов давлением : учебник / С. И. Губкин. — М. : Металлургиздат, 1947. — 532 с.
3. Модернизация метода Хантера испытания металлокорда в соответствии с условиями эксплуатации автомобильной шины / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартыанов, А. В. Веденеев, А. В. Хотько // Черные металлы. — 2021. — № 11. — С. 45–49.