

казано на рис. 2. Потенциальная энергия деформации пружины равна

$$U = \int_V \tau \gamma / 2 dV = \int_V \tau^2 / 2 / G dV = L / 2 / G \int_0^{2\pi} \int_0^r (M_k / I_{\zeta} \zeta)^2 \zeta d\zeta dt, \quad (7)$$

где L - длина пружины.

Тогда решая интеграл (7) найдём, что

$$U = V \tau_0^2 / 4G = V \gamma_0^2 G / 4. \quad (8)$$



Рис. 2 - Распределение напряжений в поперечном сечении пружины при кручении (для пружин $d/D \leq 1/6$)

Сравнивая с (4) найдём, что в пружине эффективность использования материала составляет лишь 50%.

Эффективность металлической пружины повысится, если распределить деформацию более равномерно по объему материала. Аналогичным образом можно достичь более высокой эффективности гибкой пружины, если изготовить слоистой. Материал заполнителя должен быть как можно легче и иметь высокий модуль на сдвиг по длине элемента, если желательно реализовать жесткость на растяжение и сжатие наружных слоев.

Кривые на рис. 1 относятся только к несущему нагрузке элементу и не учитывают массу дополнительных конструкций, необходимых для использования пружин. Резиновые упругие элементы требуют значительно меньшего объема дополнительных конструкций, чем металлические пружины, и материал из которого они изготовлены, используется с большей эффективностью. Если масса дополнительных конструкций, которые необходимы для установки металлических пружин велика, то вся установка может оказаться более громоздкой, чем установка с резиновым упругим элементом, даже если масса самих пружин меньше, чем масса резины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев Н.М. Сопrotивление материалов. -М.: Гостехиздат, 1951.
2. Детали машин / Добровольский В.А., Заблонский К.И., Мак С.Л. и др. -М.: Машгиз, 1963.

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ВНУТРЕННИХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА В РЕЗИНОКОРДНЫХ ОБОЛОЧКАХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН

Ищенко В.А., Кваша Э.Н., ДГСА, г. Днепропетровск

Тепловое состояние шины при эксплуатации во многом определяет ее работоспособность. Основным фактором, определяющим тепловое состояние в шине, является теплообразование в резине и корде при качении. Теплообразование обусловлено физической нелинейностью материалов и циклическим изменением деформаций в элементах шины. При известных предположениях [1] принимается, что температурное поле шины по радиальному сечению не зависит от окружной координаты.

Уравнение теплопроводности для произвольной точки шины имеет вид

$$\frac{\partial T_{k,i}}{\partial \tau} = a_k \nabla^2 T + q_{k,i} / c_k \rho_k, \quad (1)$$

где a_k, c_k - коэффициенты температуропроводности и теплоемкости k -го слоя, ρ_k - плотность материалов, $q_{k,i}$ - интенсивность внутренних источников тепла в материале k -слоя в i -точке

$$q_{k,i} = \pi E'' \Delta \varepsilon_0^2 \gamma, \quad (2)$$

E'' - модуль потерь, ε_0 - амплитуда деформирования, γ - частота деформации.

Расчет теплового состояния шины сводится к решению уравнения (1) с распределенными внутри тепловыми источниками и теплообменом на внешней и внутренней поверхностях. Самым сложным здесь является определение распределения тепловых источников. Для этого необходимо знать распределение деформаций в различных элементах шины и закон их изменения со временем при качении. Последнее оказывается особо важным, поскольку при прочих равных условиях механические потери в резине при импульсных режимах нагружения, характерных для работы резины и корда в шинах, существенно превосходят потери при синусоидальном режиме нагружения, реализуемом практически во всех лабораторных методах определения динамических свойств.

Из [2, 3] известно, что E'' существенно зависит от характера нагружения материала, поскольку резина и корд являются типичными вязкоупругими материалами. А так как для расчета теплового состояния шин и потерь на качение необходимы абсолютные значения динамического модуля и модуля потерь, то возникает задача их определения в условиях нагружения, соответствующих эксплуатационным. Имеются две возможности решения этой задачи: первая - воспроизведение «шинных» режимов нагружения в лабораторных условиях и вторая - разработка метода расчета динамических свойств резин и кордов по данным лабораторных измерений для гармонического режима нагружения. Каждый из этих путей имеет свои достоинства и недостатки. Так первый требует специального оборудования, позволяющего проводить измерения динамических свойств при любом заданном негармоническом режиме. Кроме того, он связан с необходимостью воспроизведения всех возможных шинных режимов, что оказывается весьма трудоемким ввиду их многообразия. Однако его несомненным достоинством является то, что в этом случае необходимые данные получаются в результате прямых измерений. Второй путь весьма прост в реализации, если к исследуемому материалу применима линейная теория вязкоупругости. К сожалению, для реальных наполненных резин это не имеет места и необходимы дальнейшие методические разработки.

Очевидно, что второй путь является более перспективным, т.к. в каждом сечении шины характер нагружения различен, да и определение потерь в шинном режиме требует специального оборудования.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение модулей потерь наполненных резин для крупногабаритных шин и некоторых типов кордов. Эксперименты проводились на универсальной разрывной машине «Инстрон 1122». Осуществлялись режимы: «пилообразный» - (А), «двойной трапеции» - (В) и «шинной трапеции» - (С) при $V/T=0,27$, вид которых представлен на рисунке 1.

Два первых режима позволяют рассчитать потери в любом негармоническом режиме, соответствующем эксплуатационному. Последний является грубой имитаци-

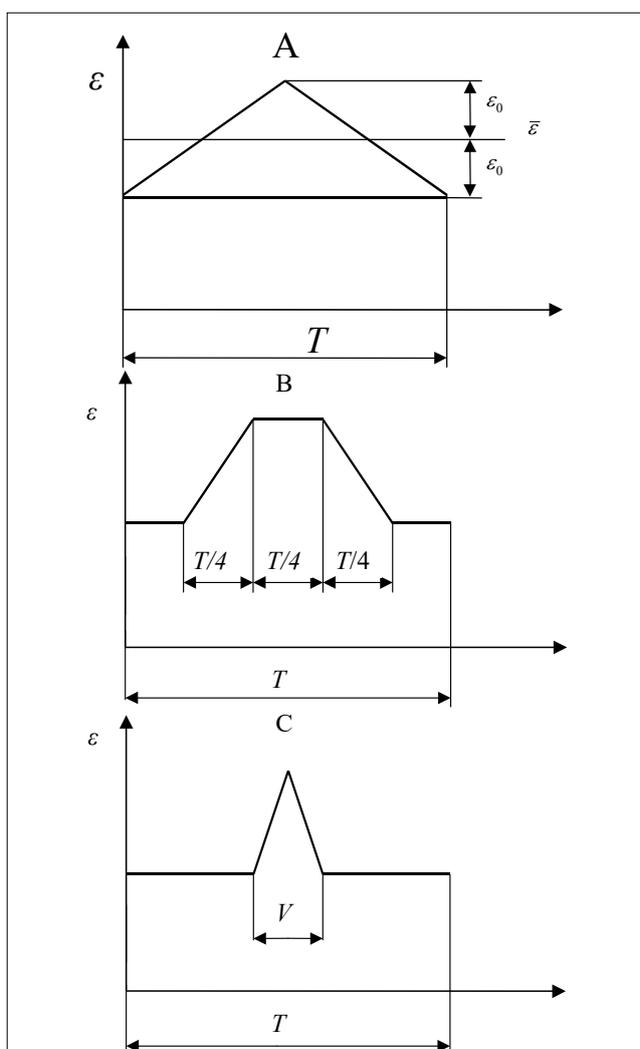


Рис. 1 - Виды нагружений образцов резин и кордов

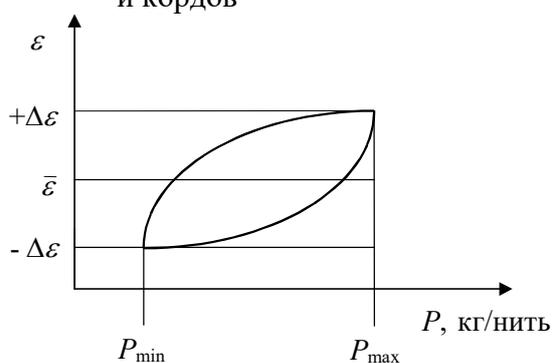


Рис. 2 - Гистерезисные кривые для кордов

ей эксплуатационного режима.

Заметный вклад в тепловыделение и в потери качения вносит корд, и это обстоятельство нельзя игнорировать при проведении тепловых расчетов. В то же время динамические свойства кордов изучены сравнительно слабо, и полностью отсутствуют данные по динамическим свойствам кордов при негармонических режимах нагружения.

Для кордов измерения проводились при амплитуде $\varepsilon_0 = 2\%$ и среднем значении деформации $\varepsilon = 4\%$, длина образцов была 300 мм. Режимы нагружения соответствовали рис. 1.

Механические потери определялись по площади петли гистерезиса см. рис. 2 (во всем объеме образца) и выражены в кг·мм.

Численные значения механических потерь для кордов 30А, 133А и 23КНТС приведены в таблице 1. Анализируя экспериментальные данные табл. 1, видно, что механические потери Q существенно различны между исследуемыми кордами. Наибольшими потерями обладает корд 30А. Максимальные потери для всех кордов соответствуют режиму «шинной трапеции». Характерно, что отношение Q в режиме «двойной трапеции» к Q «пилообразном режиме» меньше двух, что свидетельствует о нелинейности материалов корда [2]. В табл. 1 приведены также расчетные значения жесткости кордов.

Таблица 1 - Механические потери кордов

Тип корда	Q , кг·мм			K , кгс
	А	В	С	
30А	4,9	7,5	9,0	97
133А	1,9	3,0	4,6	80
23КНТС	4,2	6,7	8,5	80

Испытания резин проводились в условиях растяжения при амплитуде деформации $\varepsilon_0 = 10\%$ и средней деформацией $\bar{\varepsilon} = 20\%$. Выбранные для испыта-

ний типы резин соответствовали брекеру и каркасу, подканавке и беговой части шины. Рецептура этих резин была построена на следующих компонентах:

Брекер, каркас – 100 НК + 2 ОКТОФОР N + 3 ПН6 + 1,5 САНТОКЮР МОР + + 1,5 МБИ;

Подканавка – 100 НК + 4 ПН6 + 2 КАНИФОЛЬ + 1,5 САНТОКЮР МОР + + 1 АЛЬТАКС + 1,5 МБИ;

Беговая – 100 НК + 7 ПН6 + 2 ОКТОФОР N + 1,5 САНТОКЮР МОР + 1 МБИ + + 1 АЛЬТАКС.

В табл. 2 приведены результаты измерений динамического модуля E' и модуля потерь E'' в трех режимах нагружения.

Таблица 2 - Механические потери резин при растяжении

Назначение резин	А		В		С	
	E''	E'	E''	E'	E''	E'
Брекер	0,37	2,69	0,46	2,56	0,62	2,54
Подканавка	0,27	2,59	0,35	2,50	0,38	2,49
Беговая	0,54	3,1	0,70	3,11	0,9	3,06

Как видно из табл. 2, динамический модуль практически не зависит от режима нагружения, в то время, как модуль потерь изменяется весьма существенно в 1,7 раза. Элементы шины испытывают сложное напряженное состояние [4, 5] и оценку потерь энергии необходимо знать для всех видов напряженного состояния. С этой целью были проведены аналогичные испытания в режиме сжатия. Для этого были изготовлены специальные образцы в виде цилиндра диаметров 20 мм и высотой 60 мм, которые привулканизовывались к специальным торцам машины. Режимы испытаний были следующие: $\bar{\varepsilon} = 6\%$, $\varepsilon_0 = 4,5\%$, характер нагружения соответствовал «шинной трапеции».

В табл. 3 приведены динамические характеристики резин в режиме сжатия.

Таблица 3 - Механические потери резин при сжатии

Назначение резин	С	
	E''	E'
Брекер	1,8	6,1
Подканавка	1,5	5,5
Беговая	1,9	6,6

При расчетах шин сложное деформированное состояние обычно представляют как суперпозицию нормальных и сдвиговых деформаций. В работах [6,7] приведены методы оценки динамических свойств резин при сдвиге. Ценность проведенных исследований заключается в следующем. Определение потерь на качение и теплового состояния шин на этапе проектирования позволяет сформулировать требования к материалам и конструкции. Это очень хорошо видно из (2). Квадрат амплитуды деформации, входящей в (2), характеризует конструкцию шины – это профиль поперечного сечения, распределение толщин материалов и т.д. Модуль потерь является характеристикой материала. Очевидно, что выбор конструктивных параметров шины и материалов чисто экспериментальными методами сопряжен с большими материальными затратами. Ме-

тоды расчета напряженно-деформированного состояния [4,5] основаны на решении несвязанной упругой задачи, в которой используются в качестве характеристик материалов динамический модуль E' и модуль потерь E'' . Этот подход является приближенным, но степень этого приближения вполне удовлетворительна. Более точный путь связан с решением динамической вязкоупругой задачи, однако в настоящее время нет уравнений, которые бы описывали достаточно точно вязкоупругое поведение наполненных резин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ищенко В.А., Никитина Л.Б. // Каучук и резина. –1982. -№10. -С. 24-25.
2. Присс Л.С. // Высокомолекулярные соединения. –1960. -№9. -С.1309-1319.
3. Присс Л.С. Динамические свойства резин при режимах нагружения, характерных для эксплуатации шин. // Международная конференция по каучуку и резине, М., 4-8 сент. 1984 г. –(Препринты докладов. Секция В. -Препринт В16).
4. Индейкин Б.А., Ищенко В.А., Кваша Э.Н., Никитина Л.Б. Термоупругое состояние и потери качения крупногабаритных шин// Международная конференция по каучуку и резине, М., 4-8 сент. 1984 г. – (Препринты докладов. Секция В. -Препринт В17).
5. Скорняков Э.С., Кваша Э.Н. и др. Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин. -М.: Химия, 1991.
6. Присс Л.С. Упругие свойства резин в сложном напряженном состоянии // Проблемы шин и резинокордных композитов. Дорога, шина, автомобиль. Восьмой симпозиум. Т.2. -С. 327.
7. Гамлицкий Ю.А., Богомолова Н.А., Швачич М.В. // Материалы Международной конференции по каучуку и резине, М., 1994. -Т.4. -С. 390.

ДИЛЕРСКАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АПК

Харченко Б.Г., ДГАУ, г. Днепропетровск

Вхождение Украины в рыночные отношения приводит к необходимости поиска новых подходов к организации технического сервиса сельскохозяйственной техники. Более 60% машин выработали свой оптимальный срок, нуждаются в замене или поддержании в работоспособном состоянии путем проведения технического обслуживания и ремонта.

Технический сервис как комплекс научно-обоснованного сопровождения машиноиспользования приобретает в условиях рыночной экономики и реформирования АПК соответствующее научное и практическое значение.

Технический сервис не ограничивается лишь техническим обслуживанием и ремонтами, восстанавливающими работоспособность машины. Это комплекс услуг, оказываемых потребителю в приобретении, высокопроизводительном использовании, квалифицированном обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники. Он включает в себя своевременную и достоверную информацию о новой технике, рекламу, обоснование целесообразности заказа или приобретения машины применительно к требованиям потребителя, предпродажную подготовку, доставку, монтаж и опробование техники, обучение кадров потребителя методам и приемам эффективного использования, обслуживания и ремонта, безусловное и полное обеспечение запчастями, узлами, агрегатами, гарантию надежности.

Фирменный ремонт и обслуживание сложной, и особо точной, техники непосредственно изготовителем или через посредников – неотъемлемая часть технического сервиса, форма получения производителем информации о каче-