

А.А. Каспаров, канд. техн. наук, главный конструктор  
(ОП НТЦ «Интайр»),  
Ю.К. Растеряев, канд. техн. наук, ведущий специалист  
Г.Н. Агальцов, инженер, мл. научн. сотр.  
(ИГТМ НАН Украины)

## БРЕКЕР РАДИАЛЬНОЙ ШИНЫ И СПОСОБЫ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

**Аннотация.** Представлен способ изготовления брекера радиальных шин, заключающийся в предварительной его вытяжке для обеспечения жёсткости и монолитности.

**Ключевые слова:** радиальная пневматическая шина, брекер, предварительная вытяжка

A.A. Kasparov, Ph. D. (Tech.), Chief Designer  
(Intire STC),  
Y.K. Rasteryaev, Ph. D. (Tech.), Principal Specialist  
G.N. Agaltsov, Engineer, Junior Researcher  
(IGTM NASU)

### THE BREAKER OF A RADIAL TYRE AND METHODS OF IT'S MANUFACTURING

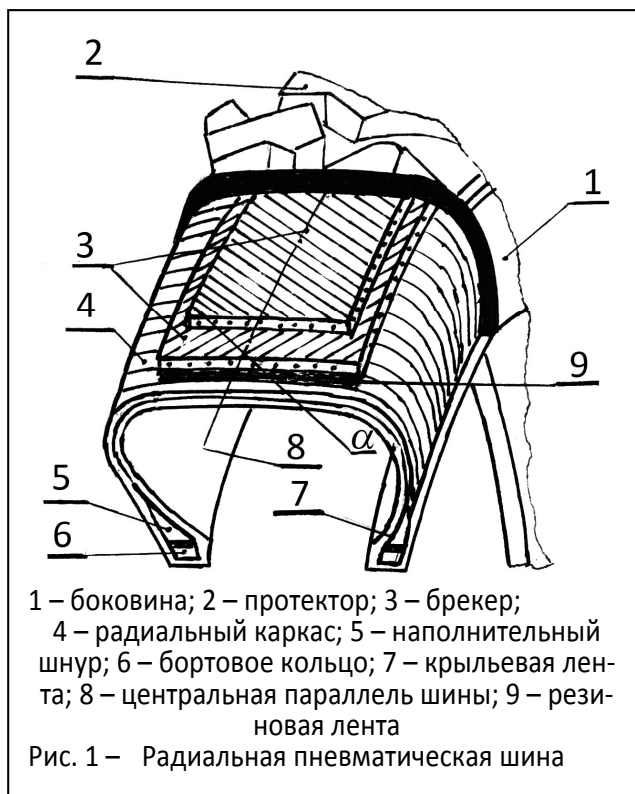
**Abstract.** The manufacturing method of a breaker of the radial tires, which consists in its preliminary stretching for strength and solidity, is presented.

**Keywords:** radial pneumatic tyre, breaker, preliminary stretching

В радиальной пневматической шине обрезаемые нити корда слоя (или слоёв) каркаса охватывают её всю (от борта до борта) и заворачиваются вокруг проволочных бортовых колец [1]. Нити корда каркаса такой шины разбегаются от бортовых колец радиально, совпадая с меридианами шины (рис. 1). Радиальный каркас обеспечивает шине максимальную вертикальную упругость, и, тем самым, создаёт максимальный комфорт транспортного средства.

Однако устойчивость геометрии радиального каркаса в окружном направлении стремится к нулю. С другой стороны, при накачивании шины воздухом, радиальный каркас будет разрастаться по диаметру. Для устранения этих недостатков радиальный каркас опоясывают брекером (рис. 1).

В шинной промышленности брекером называют силовой элемент радиальной пневматической шины, который представляет собой слоистый резиновый пояс, армированный нитями корда (текстильными нитями корда или металлокордными нитями) с обрезанными концами на его краях (рис. 1). Брекер



сжимает радиальный каркас шины по нормали в зоне беговой дорожки протектора и ограничивает тем самым разрастание шины по диаметру.

Обрезиненные нити корда в смежных слоях брекера перекрещиваются друг с другом и составляют с центральной параллелью шины (рис. 1) малые углы  $\alpha$ . В различных радиальных шинах углы  $\alpha$  могут колебаться по значениям от числа  $\pm 11^\circ$  до числа  $\pm 25^\circ$ . Такая кордная матрица слоистого брекера обладает достаточной прочностью, чтобы воспринимать на себя большую часть напряжений, которые возникают в зоне короны шины. Эти напряжения в зоне короны возникают как при нагружении шины внутренним давлением, так и за счёт эксплуатационных нагрузок – радиальной и боковой сил, крутящего и тормозного моментов и др.

С другой стороны, такая кордная матрица делает брекер (резино-кордный пояс) малорастяжимым в окружном направлении, что при накачивании шины ограничивает её разрастание по диаметру и обеспечивает устойчивое равновесие радиальному каркасу в окружном направлении.

Брекер не может сколько-нибудь существенно изгибаться из плоскости качения колеса, так как обладает достаточно большой боковой изгибной жёсткостью, а в силу своего расположения в шине (рис. 1), брекер не может скручиваться. Однако брекер может достаточно хорошо изгибаться в радиальном направлении, сохраняя максимальный комфорт транспортного средства, который достигается за счёт гибкости радиального каркаса. Брекер радиальной шины должен иметь необходимый уровень значений изгибных жесткостей в разных плоскостях.

Износостойкость радиальной шины зависит, главным образом, от боковой жёсткости брекера на изгиб. Это экспериментально (с помощью эксплуатационных испытаний грузовых радиальных шин 260-508P модели И-Н99) было доказано и описано в работе [2].

Брекер обеспечивает устойчивое равновесие радиальной шине и «увод», который необходим при изменении направления движения автомобиля.

Число резино-кордных слоёв брекера зависит от материала нитей корда и назначения шины [1]. Например, для радиальных шин легковых и грузовых автомобилей это число меняется от двух, если в слоях брекера используется в качестве армирующего материала металлокорд, и максимум до шести – при использовании в качестве армирующего материала нитей корда из искусственного шёлка (вискозы). Для получения большей жёсткости брекера изготовители ведущих фирм часто применяют «сэндвич» типа «сталь – вискоза». С целью уменьшения передачи вибраций и обеспечения плавного движения, между брекером и радиальным каркасом прокладывается резиновая прослойка, толщина которой может достигать до нескольких миллиметров [3].

В работе [4] В.Л. Бидерман даёт метод проектного расчёта конфигурации надутой радиальной шины без учёта удлинений (растяжимости) нитей корда (этот же метод рассматривается в книге [1] и здесь же предлагается один из приёмов учёта растяжимости нитей корда). Для реализации этого метода В.Л. Бидерман вводит в рассмотрение понятия «точка брекера» и «точка обода», указывает зоны пребывания точек, но не указывает, как математически определить точное их местонахождение. Приводит, в частности, формулы для определения усилий в нитях корда брекера от внутреннего давления в шине. Рекомендует вести расчёт на прочность брекера по величине усилия в нити корда брекера по экватору и даёт формулу для расчёта этого усилия. О запасе прочности для брекера говорит (смотри [1], с. 248), «что его можно будет установить только после накопления достаточно полных данных по поведению шин в эксплуатации».

Такой осторожный подход В.Л. Бидермана к запасу прочности брекера можно понять. Дело в том, что расчётная модель радиальной шины В.Л. Бидермана не учитывает работу резин как в брекере, так и шине в целом. Не учитывает и краевых эффектов в брекере, которые обусловлены наличием обрезанных концов у нитей корда брекера на его краях. Не учитывает анизотропии нитей корда, а, следовательно, и их реальных упругих свойств. Не учитывает также распределение усилий и напряжений как по ширине брекера, так и по его слоям. Из-за всего этого распределение усилий по длине нити корда брекера и, тем более, максимальное значение усилия в нити корда брекера, которое возникает по короне (экватору), находятся по формулам работ [1, 4] недостаточно точно.

Б.Л. Бухин в книге [5], рассматривая расчётные модели шин из нерастяжимых нитей корда работ [1, 4] и подобных им, приходит к выводу, что они дают возможность получить информацию о конфигурации и напряжённо-деформированном состоянии шины, нагруженной внутренним давлением. Однако на многие вопросы они не могут дать ответ. Среди них такие, как распределение усилий по слоям брекера, концентрация напряжений на границе брекера и некоторые другие. При этом Б.Л. Бухин забыл отметить, что сетчатая модель из растяжимых нитей корда, предложенная, например, в работе [6], обладает теми же недостатками.

В работах [7-10] разработана и описана зависимостями теория деформирования слоистого резино-кордного брекера радиальной шины. Эта теория впервые позволила учесть влияние анизотропии упругих свойств нитей металлокорда, наличия свободных кромок у брекера и обрезанных концов у нитей металлокорда на упругие характеристики и жёсткости брекера, на усилия в нитях корда и напряжения в связующей резине, на законы деформирования брекера. Получены формулы, позволяющие рассчитывать боковую изгибную жёсткость, находить оптимальное значение этой жёсткости, при которой износ рисунка протектора шины будет минимальным.

Зависимости [7-10] по которым рассчитываются упругие характеристики и жёсткости брекера, а также связи между напряжениями и деформациями в слоях брекера, являются чётко выраженными функциями определённых параметров брекера. К этим параметрам относятся: упругие константы резин и нитей корда в слоях брекера; угловая ориентация нитей корда в слоях брекера; геометрические размеры и частота нитей корда в слоях брекера; резиносодержание в слоях брекера. Наличие в слоях брекера разных резин и различных кордов (вплоть до текстильных), а также других макроскопических параметров брекера даёт широкую возможность конструктору для оптимизации параметров брекера на стадии проектирования.

Однако недостаточно только рассчитать конструкцию брекера с оптимальными параметрами. Необходимо ещё так организовать изготовление брекера, при котором металлокордный брекер будет получаться максимально монолитным, а также иметь одинаковые конструктивные и механические характеристики по всей длине брекера, рекомендованные расчётом. Только в этом случае металлокордный брекер сможет обеспечить шине во время её эксплуатации минимально возможные температуры в элементах шины, а также минимальное сопротивление качению шины и, следовательно, максимальную топливную экономичность автомобиля.

Различают два способа изготовления брекера.

Послойный способ сборки характеризуется тем, что радиальный каркас шины поддувается до определённого заданного диаметра по короне. Затем производится последовательное наложение резино-кордных слоёв брекера на поддутый сырой радиальный каркас. Слои брекера при этом собираются на сыром поддутом каркасе стыковкой из предварительно закроенных по ширине и обрезанных под определённым углом резинокордных полотен (полос). Наконец, каждый несущий слой или группа слоёв брекера прикатывается на сформованном сыром радиальном каркасе.

Преимущество послойного способа сборки брекера состоит в одном, а именно: брекер можно собирать любой конструкции с различным расположением резино-кордных слоёв и резиновых деталей в нём.

Недостатком послойного способа сборки брекера является то, что сформованный сырой радиальный каркас (особенно в случае крупногабаритных и сверхкрупногабаритных шин) в течение длительного времени (до 20 мин) должен не изменять своих габаритов. Это очень сложно обеспечить, так как сырой радиальный каркас крупногабаритной и сверхкрупногабаритной шины имеет массу 300 кг и более. Это сказывается на точности воспроизводимости процесса сборки от шины к шине.

Браслетный способ сборки брекера характерен тем, что брекерная кольцевая заготовка собирается отдельно. Затем производится формование радиального каркаса покрышки и соединение его с брекерным браслетом.

Преимущества браслетного способа сборки брекера состоят в следующем. Повышается производительность процесса сборки, обеспечивается лучшее качество сборки за счёт соединения брекерного браслета со сформованным каркасом в течение короткого периода времени и сырой каркас не успевает изменить свои габариты сверх заданных размеров. Разгружается бортовая зона и поэтому практически исключается вытяжка нитей корда радиального каркаса из-под бортовых колец.

Недостатком браслетного способа сборки брекера является отсутствие возможности изготовления брекера сложной конструкции с определённой целью.

После наложения брекера на радиальный каркас, производится прикатка брекерных слоёв к каркасу для обеспечения монолитности и исключения воздушных пузырей.

Однако для прикатки металлокордного брекера радиальных крупногабаритных и сверхкрупногабаритных шин требуются значительные усилия, так как нити металлокорда обладают большой жёсткостью и сравнительно большим диаметром. Из-за этого может происходить «сдирание» обкладочных резин с нитей металлокорда и последние оказываются «оголёнными». Кроме того, необходимого уровня дублирования слоёв брекера также не достигается. Перечисленные дефекты снижают качество шин.

Для решения этой проблемы в шинной промышленности, при изготовлении брекерного браслета, применяется так называемый процесс суперформования. Суть этого процесса заключается в том, что собранный брекерный браслет растягивается на брекерном шаблоне специальной конструкции.

Конструкция брекерного шаблона сложна в изготовлении и при формовании наблюдается неравномерность в уплотнении кольцевой заготовки по окружному периметру. Это обусловлено тем, что на брекерном шаблоне образуются зоны плотного прилегания кольцевой заготовки из слоёв брекера к поверхности барабана и зоны, где кольцевая заготовка не соприкасается с барабаном. Этот эф-

фект ещё больше усиливается в брекерных заготовках, выполненных из металлокорда большого диаметра и жёсткости.

Для обеспечения однородности и монолитности слоёв брекера было предложено оригинальное техническое решение, позволяющее обеспечить равномерную вытяжку в каждом меридиональном сечении брекерного браслета. Сущность способа изготовления брекерного браслета заключается в том, что при сборке кольцевой заготовки, её растягивают путём параллельного перемещения одного из двух барабанов, одновременно плоскопараллельно перемещают заготовку. На рис. 2 схематично изображено предложенное и реализованное на практике устройство для данного способа изготовления брекерного браслета.

Обработка брекерного браслета осуществляется следующим образом (рис. 2). На приводной барабан 1 (привод вращения не показан) накладывают и закрепляют начало первого слоя 2 брекера, а конец его, обогнув барабан 3, стыкуют с закреплённым на барабане 1 началом. Затем начало второго слоя 4 накладывают на первый состыкованный слой 2 и вращением барабана 1 (вращение показано стрелкой) накладывают второй слой на первый, стыкуют его начало с концом. Все последующие слои, а также необходимые резиновые прослойки накладывают и стыкуют аналогично второму слою 4, получая, таким образом, заготовку 5 из слоёв брекера. В дальнейшем при вращении приводного барабана 1 заготовку 5 одновременно растягивают параллельным перемещением, по крайней мере, одного из двух барабанов. Благодаря вращению барабана 1 кольцевая заготовка 5 перемещается плоскопараллельно и равномерно уплотняется.

Наконец, собранную кольцевую заготовку 5 снимают с барабанов 1 и 3, предварительно возвратив барабан 3 в исходное положение. Брекерный браслет (кольцевую заготовку) накладывают на сформованный радиальный каркас, прикапывают и далее известным способом накладывают (чаще навивают) протектор. После этого покрывка направляется на вулканизацию.

В целом брекерный браслет получается более монолитным без приложения касательных («сдирающих») усилий к резиновой обкладке металлокорда. Однако при вытяжке брекерного браслета более 3%, его поперечное сечение получалось с вогнутой кривизной. Это объясняется тем, что кромки брекерного браслета свободны и нити металлокорда в его слоях по краям брекера поворачиваются на больший угол, чем в центральной зоне. Для уменьшения этого эффекта пришлось доработать конструкцию барабанов – они были сделаны с «бомбировкой».

Отметим, что этот способ сборки покрывок радиальных пневматических шин был внедрён на опытном производстве (Опытном шинном заводе) ГосНИИ КГШ. На него в Комитет Российской Федерации по патентам и товарным знакам (Роспатент) была подана с приоритетом от 27.09.95 заявка № 95116707 на изобретение «Способ сборки покрывок пневматических шин» / Скорняков Э.С., Каспаров А.А., Гитников А.Г., Растеряев Ю.К., Лапкина А.А. Получено положительное решение от 05.03.97.

К основным характеристикам брекера радиальной пневматической шины, которые определяют её выходные показатели, относятся:

1. Жёсткость брекера на растяжение (окружная жёсткость);

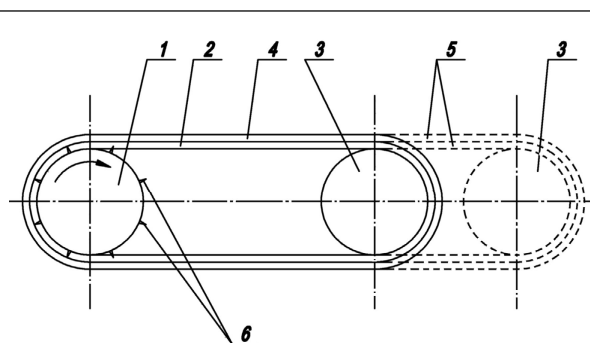


Рис. 2 – Схема работы установки предварительной вытяжки брекерного браслета

2. Жёсткость брекера на изгиб относительно оси  $x$  (или 2), касательной к меридиональному направлению  $\theta$  шины;

3. Боковая изгибная жёсткость брекера.

Предложенная установка по предварительной вытяжке брекера позволяет улучшить вышеназванные характеристики брекера и тем самым положительно повлиять на выходные характеристики радиальной пневматической шины.

Сравнительные лабораторно-стендовые испытания радиальных пневматических шин 21.00R33 показали, что радиальные крупногабаритные пневматические шины 21.00R33 с предварительной вытяжкой металлокордного брекера до 4 % и общей вытяжкой до 8 % имеют:

- уменьшенное значение потерь на качение на 15 %;
- сниженную температуру, установившуюся по углу протектора, на (7-9) °С.

Таким образом, предварительная вытяжка брекера может рассматриваться как технологический способ для снижения потерь на качение и снижения уровня установившейся температуры в протекторе радиальной пневматической шины при её эксплуатации.

Почему радиальная крупногабаритная пневматическая шина с металлокордным брекером, получившим предварительную вытяжку, имеет меньшие потери на качение и меньшую установившуюся температуру по сравнению с радиальной шиной без предварительной вытяжки брекера? Потому, что предварительная вытяжка брекера значительно снизила силовую неоднородность шины в целом. Существенно уменьшились изменения по различным меридиональным сечениям шины её параметров, таких, как жёсткость брекера на изгиб относительно оси  $x$  (радиальная изгибная жёсткость), боковая изгибная жёсткость, окружная (продольная) жёсткость брекера на растяжение. Это ощутимо снизило у катящегося колеса вынужденные колебания деформаций как в брекере, так и в стенках шины.

Чтобы в дальнейшем можно было проводить исследования напряжённо-деформированного состояния (НДС) крупногабаритной шины, которое вызвано внутренним давлением или внутренним давлением и местными эксплуатационными нагрузками, необходимо, прежде всего, установить закон изменения хода нитей металлокорда и их частоту в процессе вытяжки брекера.

Для отыскания закона, определяющего ход нитей металлокорда в слоях брекера при его вытяжке, были проведены экспериментально-теоретические исследования. Кольцевую заготовку слоя брекеревого браслета располагали на модельной установке по вытяжке брекера (рис. 3).

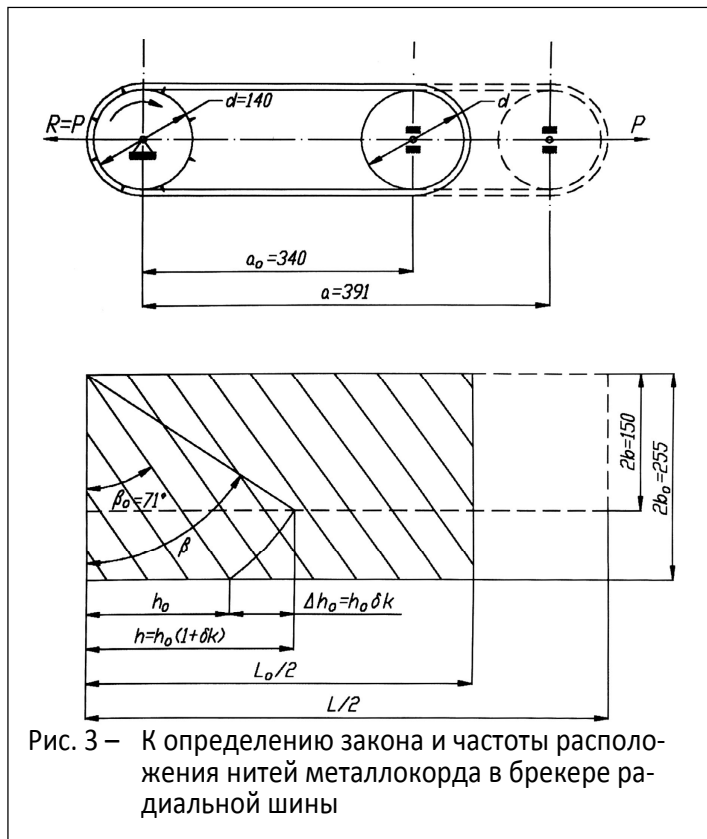


Рис. 3 – К определению закона и частоты расположения нитей металлокорда в брекере радиальной шины

Начальная длина слоя брекерного браслета, расположенного на модельной установке по вытяжке брекера (рис. 3), составляла

$$L_0 = \pi d + 2a_0 = \pi \cdot 140 + 2 \cdot 340 = 1119,823 \text{ мм.}$$

Начальный диаметр слоя брекерного браслета составлял

$$D_0 = L_0 / \pi = 1119,823 / \pi = 356,45037 \text{ мм.}$$

Конечная длина слоя брекерного браслета после вытяжки составляла

$$L = \pi d + 2a = \pi \cdot 140 + 2 \cdot 391 = 1221,823 \text{ мм.}$$

Конечный диаметр слоя брекерного браслета после вытяжки составлял

$$D = L / \pi = 1221,823 / \pi = 388,91834 \text{ мм.}$$

Таким образом, вытяжка по длине слоя брекерного браслета от начального состояния до конечного (готового) состояния составила

$$\delta = \frac{D - D_0}{D_0} = \frac{388,91834 - 356,45073}{356,45073} = 9,1085828 \cdot 10^{-1},$$

то есть приблизительно 9,11 %.

Длина нити металлокорда в слое брекерного браслета составляла

$$\ell = \frac{2b_0}{\cos \beta_0} = \frac{255}{\cos 71^\circ} = 783,24614 \text{ мм,}$$

где  $2b_0 = 255 \text{ мм}$  – измеренная начальная ширина слоя брекерного браслета;  $\beta_0 = 71^\circ$  – измеренный начальный угол нитей металлокорда в слое брекерного браслета (угол закроя), рис. 3.

Измеренная конечная ширина слоя брекерного браслета после вытяжки на величину  $\delta$  составила

$$2b = 150 \text{ мм.}$$

Поскольку нити металлокорда практически нерастяжимы, то их конечный угол согласно рис. 3 будет равен

$$\arccos \beta = \arccos \left( \frac{2b}{\ell} \right) = \arccos \left( \frac{150}{783,24614} \right) = 78,959042^\circ.$$

Этот результат хорошо согласуется с экспериментальными замерами угла  $\beta$ .

С другой стороны, согласно рис. 3 имеем

$$\sin \beta = \frac{h}{\ell} = \frac{h_0(1 + \delta k)}{\ell}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий поворот нитей металлокорда во время вытяжки слоя брекерного браслета на величину  $\delta$ .

Но из рис. 3 также следует, что

$$\sin \beta_0 = \frac{h_0}{\ell}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получаем искомый закон, определяющий ход нитей металлокорда в слое брекера

$$\sin \beta = (1 + \delta k) \sin \beta_0. \quad (3)$$

Из (3), с учётом параметров  $\beta_0$ ,  $\beta$  и  $\delta$ , найденных путём измерений, определяем коэффициент  $k$ :

$$k = \left( \frac{\sin \beta}{\sin \beta_0} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\delta} = \left( \frac{\sin 78,959042^\circ}{\sin 71^\circ} - 1 \right) \cdot \frac{1}{9,1085828 \cdot 10^{-1}} \cong 0,42. \quad (4)$$

Полное число нитей металлокорда в исходном слое брекерного браслета, находящегося на модельной установке, равно:

$$N^* = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot \cos \beta_0}{t_0} = \pi \cdot D_0 \cdot i_0 \cdot \cos \beta_0, \quad (5)$$

где  $t_0$  – шаг нитей металлокорда в исходном слое (до вытяжки) брекерного браслета;

$i_0$  – частота нитей металлокорда в исходном слое брекерного браслета.

В готовом (после вытяжки) слое брекерного браслета число нитей сохраняется и

$$N^* = \frac{\pi \cdot D \cdot \cos \beta}{t} = \pi \cdot D \cdot i \cdot \cos \beta, \quad (6)$$

где  $t, i$  – соответственно шаг и частота нитей металлокорда в готовом слое (после вытяжки на величину  $\delta$ ) брекерного браслета.

Сравнивая (5) и (6), а также замечая, что

$$\delta = \frac{D - D_0}{D_0} \quad \text{или} \quad \frac{D}{D_0} = 1 + \delta, \quad (7)$$

определяем, наконец, искомую частоту нитей металлокорда в готовом слое (после вытяжки) брекерного браслета:

$$i = \frac{i_0 \cdot \cos \beta_0}{(1 + \delta) \cdot \cos \beta}. \quad (8)$$

Для определения  $\cos \beta$ , входящего в формулу (8), можно с учётом (3) получить:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - (1 + \delta k)^2 \sin^2 \beta_0}. \quad (9)$$

Для справки скажем, что при создании той или иной пневматической шины, нами использовался специальный, но экономически оправданный подход. Этот подход состоит в строгом выполнении последовательности таких операций: проектный расчёт шины; → поверочный расчёт напряжённо-деформированного состояния шины; → изготовление опытных образцов шины (2-3 образца); → стендовые статические и динамические испытания опытных образцов шины; → внесение (при необходимости) уточнений в проектные чертежи шины; → изготовление опытной партии шин (порядка 12 штук) для эксплуатационных испытаний шин; → эксплуатационные испытания шин; → передача документации в серийное производство шины.

Работа, представленная выше по предварительной вытяжке металлокордного брекера, – небольшой, но важный «винтик» во всей схеме создания шины. Другим «винтиком», но более крупным – «уточнённый метод расчёта равновесной конфигурации профиля пневматических шин» [11] и т.д.

Так была создана, например, сверхкрупногабаритная радиальная металлокордная шина 33.00R51 модели Ф-222, отличающаяся оригинальным шестислойным металлокордным брекером. Эта шина показала хорошие результаты по ходимости и экономии топлива в реальных условиях эксплуатации [12].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бидерман, В.Л. Автомобильные шины (конструкция, расчёт, испытание, эксплуатация) / В.Л. Бидерман, Р.Л. Гуслицер, С.П. Захаров, Б.В. Ненахов, И.И. Селезнев, С.М. Цукерберг. – М.: Госхимиздат, 1963. – 383 с.



2. Иванов, В.П. Влияние конструкции брекера из металлокорда на эксплуатационные свойства грузовых шин Р / В.П. Иванов, В.Н. Пращинкин, Л.Д. Слюдиков, Л.А. Упорина // Каучук и резина. – М.: 1971. – №2. – С. 32-35.
3. Rapin, M.P. Introduction aux journeys d'études sur le pneumatique // Ingenious de l'automobile. – 1979. – 533, N 10. – PP. 557-567.
4. Бидерман, В.Л. Шины с меридиональным расположением нитей корда в каркасе // Каучук и резина. – М., 1960. – №7. – С. 10.
5. Бухин, Б.Л. Введение в механику пневматических шин. – М.: Химия, 1988. – 222 с.
6. Бухин, Б.Л. Устойчивость сетчатой оболочки вращения, нагруженной внутренним давлением. – В кн. Теория оболочек и пластин, «Труды VIII Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластин. Ростов-на-Дону, 1971». – М.: Наука, 1973. – С. 249-254.
7. Растеряев, Ю.К. Теория деформирования брекера / Ю.К. Растеряев, А.А. Каспаров // Труды II Международного симпозиума. Том Б. «Механика эластомеров». Днепропетровск, июнь 1997. Межведомственный сборник научных трудов «Геотехническая механика», вып. 11. – Дніпропетровськ: «Поліграфіст», 1999. – С. 100-142.
8. Растеряев, Ю.К. Упругие параметры и жесткостные свойства брекера радиальной пневматической шины / Ю.К. Растеряев, А.А. Каспаров // Простор: Научно-информационный сборник. – Вып. №10. – М.: НИИШП, 1996. – С. 30-52.
9. Растеряев, Ю.К. Боковая изгибная жёсткость брекера радиальной шины / Ю.К. Растеряев, А.А. Каспаров // Простор: Научно-информационный сборник. – Вып. №2 - 3. – М.: НИИШП, 1997. – С. 69-81.
10. Растеряев, Ю.К. Составные резинокордные материалы и механика их деформирования / Ю.К. Растеряев, Г.Н. Агальцов // Межвед. сб. научн. тр. «Геотехническая механика», вып. 60. Днепропетровск–2005. С. 200–248. (Материал доклада, прочитанного на шестом Международном симпозиуме «Механика эластомеров – 2005»).
11. Растеряев, Ю.К. Уточнённый метод расчёта равновесной конфигурации профиля пневматической шины / Ю.К. Растеряев, А.А. Каспаров // Труды II Международного симпозиума. Том Б. «Механика эластомеров». Днепропетровск, июнь 1997. Межведомственный сборник научных трудов «Геотехническая механика», Вып. 11. – Дніпропетровськ: «Поліграфіст», 1999. – С. 143-156.
12. Каспаров, А.А. Повышение ресурса и снижение сопротивления качению крупногабаритных шин // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». – М., 2002. – 26 с.

#### Об авторах

**Каспаров Артур Армович**, кандидат технических наук, главный конструктор научно-технического центра «Интайр», Россия, kasparov\_aa@cordiant-ntc.ru

**Растеряев Юрий Карпович**, кандидат технических наук, ведущий специалист, Днепропетровск, Украина, rasteriaev@gmail.com

**Агальцов Геннадий Николаевич**, инженер, младший научный сотрудник отдела эластомерных конструкций горных машин Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина

#### About the author

**Kasparov Artur Armovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), chief designer of scientific and technical centre of «Intire», Russia, kasparov\_aa@cordiant-ntc.ru

**Rasteryaev Yuri Karpovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Principal Specialist, Dnepropetrovsk, Ukraine, rasteriaev@gmail.com

**Agaltsov Gennady Nikolaevich**, Engineer, Junior Researcher of Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine

О.А. Усов, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,  
А.А. Потапенко, аспирант  
(ИГТМ НАН Украины)

## СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАВИТАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВОДЫ НА СТЕНКИ СКВАЖИНЫ С ЭНЕРГИЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАССИВ ОТБОЙНОГО МОЛОТКА

**Аннотация.** Сравнение проводилось по амплитуде и длительности электрического сигнала от перемещения мембраны датчика давления. Мембрана перемещалась двумя способами: ударом падающего тела и колебаниями воды. Показано, что длительность ударного импульса несколько больше, чем кавитационного. Плотность ввода энергии через единицу поверхности массива для кавитационных колебаний в 7 раз меньше чем для отбойного молотка МО5ПМ.

**Ключевые слова:** энергия удара, гидравлический импульс, амплитуда, частота, электрический сигнал, отбойный молоток, гидрорыхление

O.A. Usov, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher,  
A.A. Potapenko, Doctoral Student  
(IGTM NASU)

## THE COMPARISON OF ACTION ENERGY OF WATER FLUCTUATIONS CAVITATION ON BOREHOLE WALL WITH IMPACT ENERGY OF ROCK BREAKER ON AN ARRAY

**Abstract.** Comparison was carried out on the amplitude and duration of the electric signal from the displacement of membrane pressure sensor. Displacement of membrane happens in two ways: by a blow of a falling body and by water fluctuations. It is shown that the duration of the impact impulse is longer than cavitation impulse. Density of energy input through array contact surface unit for cavitation oscillations is in 7 times less than for the MO5PM rock breakers.

**Keywords:** impact energy, hydraulic impulse, amplitude, frequency, electrical signal, rock breaker, hydrobreaking

Для борьбы с внезапными выбросами применяется гидрорыхление угольного пласта путём нагнетания в него воды под высоким давлением плунжерными насосами.

ИГТМ ведёт работы по гидроимпульсному рыхлению пласта. Для их создания применяется кавитационный генератор, преобразующий постоянное давление плунжерного насоса в серию непрерывных гидравлических импульсов в частотном диапазоне до 10 кГц. При этом частота основного тона приблизительно 1,2 кГц, а максимальный размах колебаний сопоставим с давлением плунжерного насоса, питающего генератор.

Опыт обработки угольных пластов, в том числе выбросоопасных, показал, что создание импульсов давления в скважине повышает эффективность гидрорыхления. Однако существует гипотетическая опасность провокации выброса этими импульсами на особо выбросоопасных пластах со специальным режимом ведения горных работ.

Целью работы является сравнение энергии воздействия на массив гидравлических импульсов при работе генератора с энергией ударных импульсов при работе отбойного молотка.

Характеристики импульсов давления изучаются на модели скважины, представляющей стальную трубу с вмонтированными в неё индукционными датчиками давления ДДИ-20 (рис. 1).