

СПОСОБ МОДУЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Евзович Виктор Евсеевич,

к.т.н, чл-корр Академии Проблем Качества РФ, Москва

Барсегян Артур Самвелович

Директор ООО «СП-Сервис»(сервисная компания по КГШ), Москва

Шехтер Владимир Ефимович

Гл. технолог производства автомобильных шин ООО «СП-Сервис».

Различают две категории крупногабаритных автомобильных шин для карьерных автосамосвалов:

*крупногабаритные шины (КГШ)
18.00-25, 21.00R35, 24.00R33 для
самосвалов грузоподъемностью от
30 до 55 тонн, и шины
сверхкрупногабаритные (СКГШ)
27.00R49, 33.00R51, 40.00R57,
46/90R57, 59/80R63, 60/80R63 – для
самосвалов грузоподъемностью от
90 до 400 тонн.*



В последние годы на мировом шинном рынке сложился устойчивый дефицит СКГШ. В статье в качестве примера рассматриваются СКГШ среднего размера 33.00R51, наиболее востребованные практикой. В виде эталона принята эта шина премиум бренда (компания Bridgestone), наиболее распространённая в России.

СКГШ в России не изготавливают. Растущую потребность отечественных предприятий (в первую очередь горнорудной промышленности, добычи ископаемых открытым способом) удовлетворяют поставками СКГШ радиальных конструкций ведущих мировых шинных компаний-монополистов: Bridgestone, Michelin, Goodyear. Стоимость этих шин, включая таможенные

расходы, чрезвычайно высокая. Цена каждой превышает цену легкового автомобиля средней мощности, Например, цена шины 33.00R51 принятого эталона – 1320 тыс. руб. Затраты на СКГШ, наряду с топливом, являются наиболее расходными статьями при эксплуатации специальной техники (вторая статья в бюджете горнодобывающего предприятия). Ежегодный импорт шин 33.00R51 (около 8000 шт./г.) обходится стране более 10 млрд. руб. Менее дорогие крупногабаритные шины других производителей из года в год теряют свои позиции в России из-за, относительно, небольших пробегов [1].

Одна из причин снижения эксплуатационной долговечности СКГШ – их недостаточная однородность. При изготовлении шины традиционным способом во время её вулканизации в процессе, формирования рисунка беговой дорожки протекторная резиновая смесь затекает в углубления гравировки рабочей поверхности пресс-формы и увлекает резиновую смесь подканавочного слоя, нарушается стабильность его толщины вдоль профиля шины. Особенно у шин с глубоким, расчленённым рисунком протектора. У радиальных шин с таким рисунком возможно смещение нитей корда брекера, подъём его кромок (рис. 1а). В результате – нарушается однородность шины, падают её эксплуатационные свойства, долговечность и ремонтпригодность.

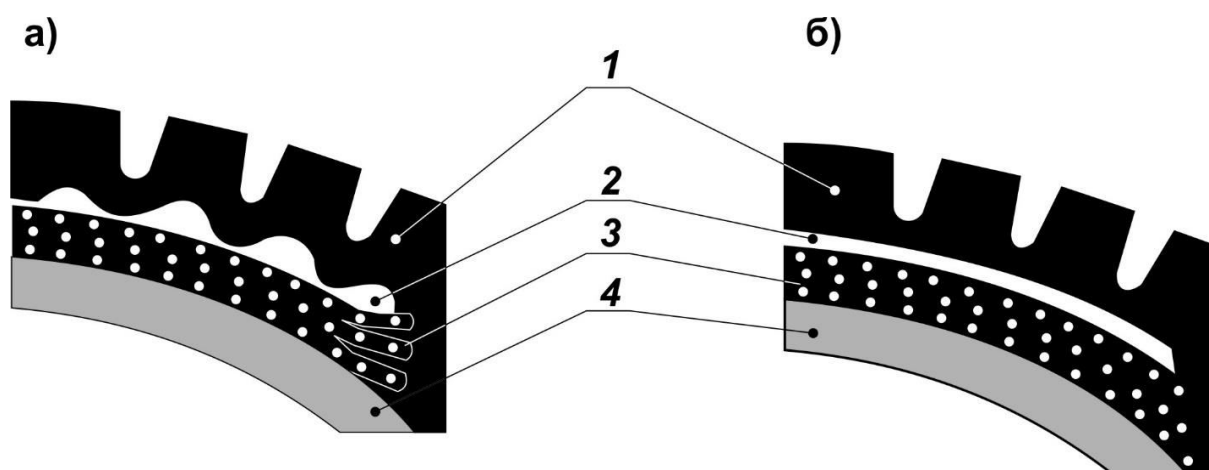


Рис. 1. Срезы серийной (а) и модульной (б) шин: 1- беговая дорожка протектора; 2 – подканавочный слой (из белой резины); 3 - брекер; 4 – каркас

Неоднородность шины способствует возникновению локальных очагов повышенного теплообразования и её разрушения. Это особенно опасно для высоко нагруженных крупногабаритных шин, склонных к перегреву до

температуры выше критической. Теплоотвод от их внутренних слоёв крайне ограничен, вследствие большой толщины стенок шины и ее массы (от 1,3 - до 5 тон), обусловленной большой слойностью каркаса и брекера (выдерживающих нагрузки от 18 до 63 тон) и тяжёлым протектором (30-40% всей массы шины).

Большая толщина покровной резины крупногабаритных шин, особенно, в плечевой зоне, препятствует выходу (диффузии) газообразных веществ – воздуха, захваченного при сборке шины, паров растворителя клея, не успевших улетучиться, водяных паров и газов, образующихся во время вулканизации – являющихся причиной внутренних дефектов (пузырей, расслоений, пористости).

В России были созданы современные предприятия по восстановительному ремонту крупногабаритных шин формовым и бесформовым (горячим и холодным) способами [2]:

- «Поволжская шинная Компания» (ПШК) в Самарской обл. – формовой способ восстановления с вулканизацией шины в секторной пресс-форме, как в производстве новых шин;

- Компания «Экопромсервис» в Кемеровской обл. – восстанавливает крупногабаритные шины бесформовым «горячим» способом с наложением протектора навивкой узкой ленты резиновой смеси, вулканизацией в автоклаве и последующей нарезкой рисунка протектора;

- ООО «Ретрейдинг Технолоджи Сервис» (РТС) в Ленинградской обл. – восстанавливает шины бесформовым «холодным» способом с наложением вулканизированных секторов протектора методом Rosler. Однако, СКГШ, восстановленные этим методом, в зарубежной и российской практике не нашли применения в тяжёлых условиях горнодобывающих предприятий [1].

Из-за трудностей сбора ремонтпригодных крупногабаритных шин созданные мощности по их восстановлению используются неэффективно, менее чем на 40%, [1].

Преодолеть указанные трудности и недостатки, снизить затраты на СКГШ их потребителей, устранить импортозависимость последних сможет

«модульное» производство шин, подробно изучавшееся в НИИ шинной промышленности. В т.ч. способ «двухстадийной сборки и вулканизации шин» [3,4]: сначала собирают и вулканизуют в «гладкой» пресс-форме (без гравировки рабочей поверхности) не полную заготовку шины – без протектора, с уменьшенной толщиной подканавочного слоя и боковин (модуль), а затем полностью собранную шину вулканизуют в серийной секторной пресс-форме. В первой стадии исключается указанное выше течение резиновой смеси во время вулканизации, облегчается «выход» газов через тонкий слой покровной резины. Все конструктивные элементы шины фиксируются в заданном при сборке положении, которое не изменяется и в процессе второй стадии производства модульной шины (рис. 1 б).

В результате получают шину с повышенной однородностью, хорошими эксплуатационными качествами и высокой ремонтпригодностью [3,4].

В настоящей статье рассматриваются особенности технологического процесса производства модульных СКГШ, их эффективность для изготовителей и потребителей, порядок и условия экспериментальной проверки эффективности модульного производства.

Представляется наименее затратный способ изготовления опытных модульных шин в два этапа [3,4]:

– первый этап – изготовление «модуля», на шинном заводе (ШЗ) – изготовителе сравнительно дешёвых СКГШ радиальной конструкции (в Китае, Индии, Белоруссии), например, на заводе ОАО «БелШина», шины которого 33.00R51 при цене почти на 40% меньше цены эталона (табл. 2), имеют ограниченный сбыт в России;

– второй этап – изготовление модульной шины – на шиноремонтном заводе (ШРЗ) в России, восстанавливающим крупногабаритные шины и приближенном к потребителям СКГШ.

Таким образом, будут импортировать в Россию не готовые шины, а их заготовки (полуфабрикаты – «модули») при нулевой таможенной пошлине. Изготовление из этого полуфабриката собственно модульной шины в России

одновременно с повышением качества СКГШ будет способствовать их импортозамещению (с постепенным переходом к полному отечественному производству СКГШ), загрузке имеющихся мощностей, созданию дополнительных рабочих мест, существенному снижению затрат на доставку шин потребителю (табл. 3).

1. Особенности опытного модульного производства СКГШ в два этапа.

1.1. Изготовление опытных «модулей» на шинном заводе-изготовителе СКГШ. Шинный завод (ШЗ) изготовит модули по принятой технологии серийного производства крупногабаритных шин [5] с использованием имеющегося штатного комплекта оборудования, дополненного «гладкой» прессформой для вулканизации модуля. Пресс-форма несекторная с экваториальным разъемом и не гравированной рабочей поверхностью соответствующего профиля. Стоимость таких пресс-форм и их обслуживания, по меньшей мере, вдвое ниже, чем секторных пресс-форм, применяемых в традиционной технологии [1,6.].

Изготовленный ШЗ «модуль» содержит все элементы шины, кроме беговой части протектора, примерно, половины толщины боковин и подканавочного слоя, которые составляют около 40% массы крупногабаритной шины (табл. 1). Доля стоимости указанных резин, без которых изготавливают модули, составляет примерно 30% стоимости новых серийных шин [6].

Таблица 1. Масса покровной резины крупногабаритных шин [6].

Обозначение шины		24.00R35	27.00R49	33.00R51
Масса шины, кг.		785	1358	2214
Масса покровной резины шины, кг	беговая часть	207,6	382,3	618,8
	подканавочный слой	89,9	81,2	128,9
	боковина	103,5	183,6	392,9
Масса беговой части протектора плюс ½ массы подканавочного слоя и боковин, кг. (% от массы шины)		304,3 (38,8)	514,7 (37,9)	879,7 (39,7)

Примечание: расчёт производится для варианта изготовления модульных шин формовым способом вулканизации. В случае бесформового способа модуль изготавливают с полнопрофильными боковинами, маркированными согласно ТУ на опытные модульные шины.

Осуществляют не полную вулканизацию внутренних слоёв модуля. Известно, что для получения монолитного резинового изделия без пор степень его вулканизации в пресс-форме при необходимом давлении должна быть в пределах 30-40% оптимума [2,с.477; 5,с.353]. Кроме того, поскольку период нагревания заготовки до нужной температуры (основная доля режима вулканизации СКГШ) пропорционален массе изделия, продолжительность подвулканизации модуля в 2-3 раза короче режима вулканизации серийной шины (даже при полуторном запасе времени его вулканизации по-сравнению с расчётным режимом, минимально необходимым). Соответственно, более чем вдвое снижаются расходы энергоносителей, вулканизационных диафрагм и др. расходных материалов.

Вместе с тем, при этом степень вулканизации наружной и внутренней поверхностей модуля достигают оптимума. Наружная поверхность модуля пригодна для механической обработки при изготовлении модульной шины в ШРЗ, а вулканизированный внутренний слой позволяет применять экономичные бесформовой и бездиафрагменный формовой способы вулканизации модульных шин. Обеспечивается транспортабельность модуля без его повреждения.

Изготовленные ШЗ модули по названным выше причинам будут отличаться более высокой однородностью и стабильным качеством по сравнению с шинами, выпускаемыми ШЗ традиционным способом; понижается риск появления во время вулканизации внутренних дефектов (раковин, расслоений, пористости и др.), вызываемых газообразными веществами, легко диффундирующими через тонкий слой покровной резины модуля; сокращаются производственный брак, затраты на изготовление отбраковываемой продукции и её переработку; объёмы выбрасываемых в атмосферу вулканизационных и др. газов уменьшаются пропорционально снижению массы модуля по сравнению с серийными шинами.

ШЗ получит возможность выпускать крупные партии однотипных модулей вместо мелких партий разных моделей серийных шин, которые

изготовят на втором этапе производства модульных шин – в ШРЗ. Существенно снижаются затраты на переналадку оборудования с модели на модель изготавливаемых шин. Обеспечивается стабильная централизованная поставка продукции ШЗ на российский рынок крупным потребителям (ШРЗ) в комплекте с материалами, применявшимися в производстве серийных шин и модулей, необходимыми для завершения сборки модульной шины. Смягчаются проблемы логистики, сбыта и хранения готовой продукции.

Производство модулей, наряду с отмеченным улучшением качества продукции и экологической безопасности, позволит повысить технико-экономическую эффективность ШЗ. С учётом только факторов, связанных с уменьшением массы и режимов вулканизации модулей, по сравнению с серийными шинами, затраты на изготовление модулей СКГШ оцениваются на уровне 60% стоимости серийных шин [6]. Можно ожидать, что в производственной практике себестоимость модулей будет менее 50%. По расчётам ОАО «БелШина» ожидаемая цена модуля 33.00R51 составит 400 000 руб., или 48,5 % цены новой шины (табл.2), а модуля 27.00R49 – 262тыс. руб. (47,6%) [1]

1.2. Изготовление опытных модульных шин в ШРЗ, освоившим восстановительный ремонт СКГШ.

Изготовление опытных модульных шин – наложение на модуль полученных от ШЗ резиновых смесей (прослоечной, брекерной, подканавочного слоя, протекторной, боковин) и вулканизацию шины – выполняют в ШРЗ, приближенном к потребителям СКГШ, с использованием имеющегося оборудования и по его технологии восстановления изношенного протектора СКГШ формовым, бесформовым горячим и (или) холодным способами, отличающимися рядом достоинств и недостатков [2].

«Горячий» формовой способ характеризуется следующими достоинствами:

– при использовании поставляемых ШЗ материалов, применявшихся в серийном производстве и производстве «модулей», и вулканизации модульной

шины с высоким давлением прессования (2МПа) в секторной прессформе, как в производстве серийных шин, с гравировкой боковин, необходимой для стандартной маркировки шины, модульная шина становится практически не отличимой от серийной, а её эксплуатационные качества и срок службы оцениваются равными и выше эталонных шин серийной модели [3,4];

- низкие таможенные пошлины на применяемые «сырые» импортные резиновые смеси – 5% (как и для «горячего» бесформового способа восстановления шин);

- себестоимость и цена восстановления шины вдвое ниже, чем новой шины [1].

Недостатки, в сравнении с бесформовым способом:

- более высокие капиталовложения;
- ассортимент восстанавливаемых шин ограничивается наличием на предприятии секторных пресс-форм;

- высокая стоимость секторных пресс-форм, большие затраты на их обслуживание и замену в вулканизаторах.

«Горячий» бесформовой способ отличается следующими достоинствами по сравнению с формовым:

- меньше капиталовложения (и соответственно, амортизационные отчисления);

- практически неограничен ассортимент восстанавливаемых шин;

- возможность быстрого перехода с одного типоразмера (модели) шин на другой;

- возможность корректировки толщины накладываемого протектора и глубины рисунка (при его нарезке) в зависимости от запаса работоспособности каркаса шины;

- снижается опасность перевулканизации резины в основании углублений рисунка протектора и её растрескивания во время эксплуатации;

– большая производительность автоклава, по сравнению с индивидуальным вулканизатором, при одинаковой их цене, и соответственно меньше удельная стоимость вулканизации шины.

Недостатки способа:

– из-за низкого рабочего давления прессования в автоклаве (0,6 МПа), меньше монолитность резины протектора, прочность связи и износостойкость протектора – ниже;

– увеличенный расход протекторной резиновой смеси и дополнительные затраты на утилизацию отходов резины, образующихся при нарезке рисунка протектора;

– внешний вид шин после нарезки рисунка хуже, чем вулканизованных в пресс-форме;

– боковины этим способом, практически не восстанавливают.

«Холодный» бесформовой способ имеет следующие достоинства (по сравнению с «горячим» бесформовым способом):

– используемые секторы протектора, вулканизованные в пресс-формах специальных прессов при высоком давлении прессования (6,0-8,0 МПа), имеют качественный рисунок беговой дорожки, высокую монолитность резины и износостойкость.

К недостаткам способа относятся:

– высокая стоимость вулканизованных секторов протекторов СКГШ и их доставки из-за рубежа;

– ассортимент восстановленных шин ограничен моделями поставляемых секторов протекторов;

– боковины этим способом не восстанавливают;

– большая трудоёмкость прецизионного наложения секторов протектора на каркас восстанавливаемой шины. Габариты каркасов существенно отличаются друг от друга (даже шин одной модели [2,с.187,188]), затрудняя и порой, исключая точное совпадения рисунков стыкуемых секторов протектора. В случае нарушения требований прецизионной технологии сборки

возникает риск расхождения стыков секторов в ходе эксплуатации шины. Как отмечалось выше, восстановленные этим способом СКГШ не нашли применения в тяжёлых условиях горнодобывающих предприятий. В производстве модульных шин, в отличие от восстановительного ремонта, это можно устранить стандартизацией (согласованием) рисунков протектора, размеров и профилей, поставляемых ШРЗ «модулей» и вулканизованных секторов протектора. Однако это потребует дополнительных инвестиций, в размерах, неприемлемых для изготовления опытных модульных шин.

Особенности технологии производства опытных модульных шин

На рисунке. 2 представлена технологическая схема производства модульных в ШРЗ:

В отличие от технологии восстановительного ремонта шин, исключаются или сокращаются трудоёмкие и энергоёмкие операции, в том числе:

- исключены сбор ремонтпригодных шин, их мойка, сушка и разбраковка;
- исключён ремонт местных повреждений (для СКГШ трудоёмкость сопутствующего ремонта многочисленных повреждений составляет 85-90 % от общей трудоёмкости их восстановления), исключается расход материалов на выполнение этой операции;
- срезка остатков изношенного протектора и шероховка (обычно до середины подканавочного слоя и боковин) заменены менее затратной тонкой, бархатной шероховкой (зачисткой) поверхности покровной резины модуля глубиной до 1,5 мм, при этом существенно снижается загрязнение окружающей среды шероховальными газами и пылью, по сравнению с восстановительным ремонтом.

Удешевляется процесс вулканизации по сравнению с восстановлением шин в ШРЗ:

- сокращается режим вулканизации на долю степени подвулканизации внутренних слоёв модуля и, соответственно, объем выделяемых вулканизационных газов;

Принципиальная технологическая схема изготовления модульных шин на ШРЗ

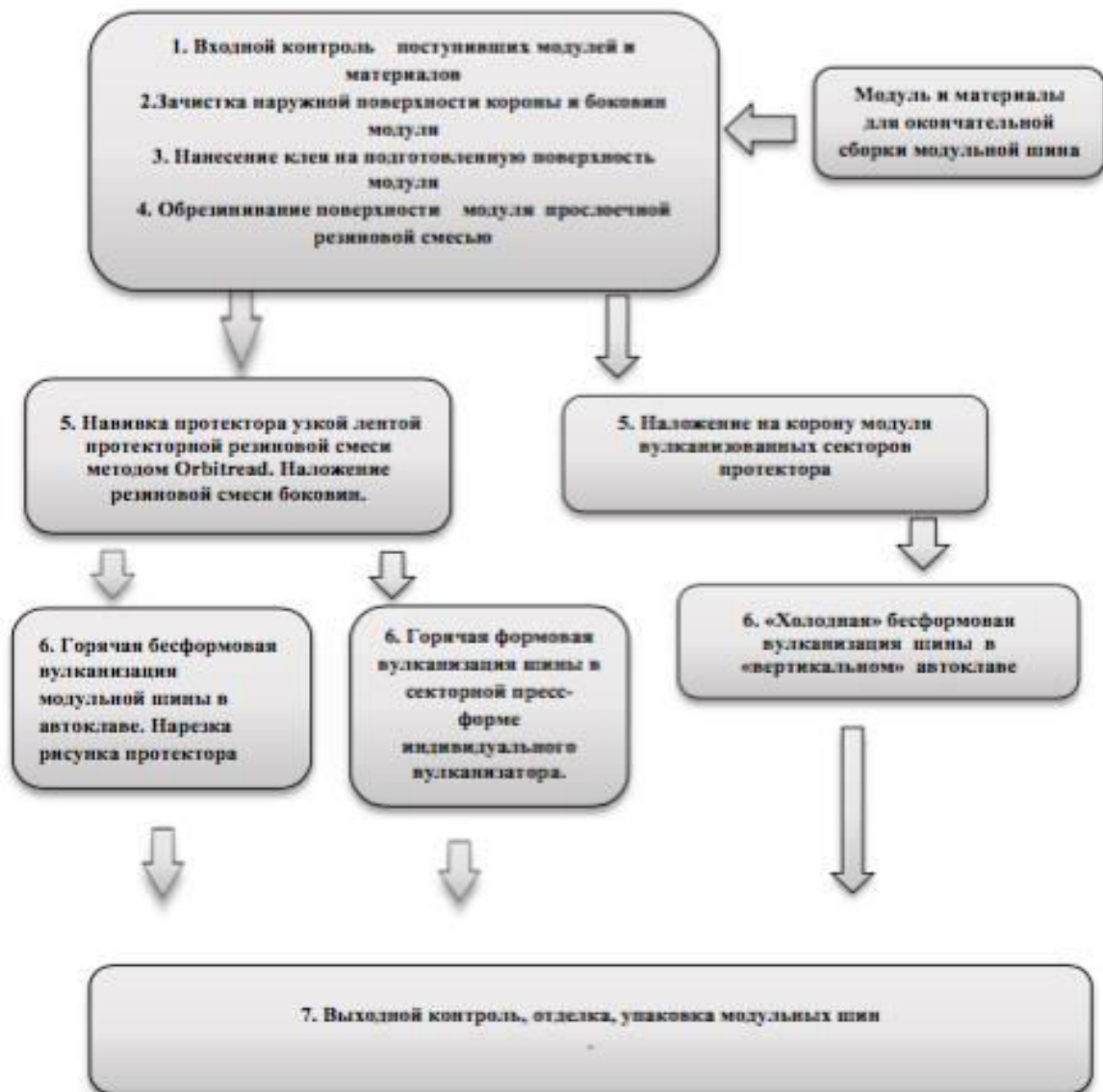


Рис.2. Схема технологического процесса второго этапа производства модульных шин на шиноремонтных предприятиях методами формовой вулканизации (ПШК), бесформовой вулканизации горячей (Экопромсервис) и холодной (РТС).

– снижен риск появления расслоений и других дефектов во время вулканизации из-за избыточной влажности каркаса, свойственной изношенным, восстанавливаемым шинам, соответственно, существенно упрощается и удешевляется процесс вулканизации.

В результате по сравнению с восстановительным ремонтом, примерно, вдвое уменьшаются собственные технологические затраты ШРЗ на производство модульных шин (без затрат на материалы), составляющие в

себестоимости восстановления КГШ 20-25% [2,с.588]; снижаются отходы производства, загрязнение окружающей среды на указанных технологических операциях, в т.ч. отбракованными шинами с эксплуатационными дефектами (обычно до 30% объёма производства восстановленных шин на ШРЗ).

Существенная особенность технологического процесса производства модульных шин – выполнение операции обрезаживания поверхности модуля непосредственно после её механической обработки – «зачистки» абразивным инструментом (бархатной шероховки).

Указанная «зачистка» модуля (наряду с удалением с его поверхности окисленной плёнки, образующейся в период после его изготовления, и созданием развитого микрорельефа поверхности модуля, повышающего площадь контакта с накладываемой резиновой смесью), инициирует образование химически активных центров – свободных радикалов молекул полимера, обеспечивающих высокую прочность связи с резиновой смесью [2,с.45].

При традиционной технологии восстановления шин после их шероховки, в период длительного сопутствующего ремонта местных повреждений, активные радикалы быстро окисляются и практически теряют свою реакционную способность ещё до защитного обрезаживания подготовленной поверхности (нанесения клея и прослоечной резиновой смеси). Модуль не требует местного ремонта. Обрезаживание свежешерохованного модуля непосредственно после механической обработки позволяет сохранить его поверхностную активность и, соответственно, достичь максимальной прочности связи.

При восстановлении шин на их подготовленную, шерохованную поверхность наносят клей безвоздушным напылением и на прикаточном станке накладывают каландрованную ленту прослоечной резиновой смеси. При этом возможен «захват» воздуха, задерживаемого в углублениях шерохованной поверхности под наложенным слоем смеси, а во время вулканизации – образование воздушных пузырьков по стыку поверхности модуля с

наложенной резиновой смесью и в её массе, которые могут стать очагами разрушения шины во время эксплуатации. Для предупреждения появления этих дефектов применяют специальные меры отвода воздушных включений. Например, использование специальных игольчатых роликов во время прикатки прослоечной резины, дренаж воздухоотводящими тканевыми нитями, накладываемыми при сборке шины перед наложением прослоечной резины. Однако, эти меры не полностью исключают появление указанных дефектов. Более эффективная мера: вулканизация шин при высоком давлении прессования, обеспечивающим выход (диффузию) воздуха из резиновой смеси, еще находящейся в вязко-текучем состоянии.

Первое, и обязательное, условие получения высокой прочности связи между «модулем» и накладываемой на него резиновой смесью – их полный, плотный контакт, достигаемый затеканием резиновой смеси в мельчайшие углубления развитого микрорельефа шерохованной поверхности. Текучесть резиновой смеси увеличивается с повышением её температуры и давления контакта.

На рисунке 3.а показаны примеры изменения прочности связи резиновой смеси с шероховатым вулканизатом в зависимости от давления контакта при температурах 190С, 850С и 1430С. Во всех случаях по мере роста давления, соответственно, до 10-12 МПа, 5-6 МПа и 1,0-1,2 МПа, достигается, примерно, одинаковый максимальный уровень прочности связи. Дальнейшее увеличение давления контакта не сопровождается ростом прочности связи (горизонтальные ветви графиков), т.к. не приводит к увеличению достигнутой максимальной поверхности контакта. Значение давления контакта, необходимого для получения его максимальной плотности (максимальной прочности связи) находится в обратно-пропорциональной зависимости от температуры смеси в указанных пределах (рис. 3.б).

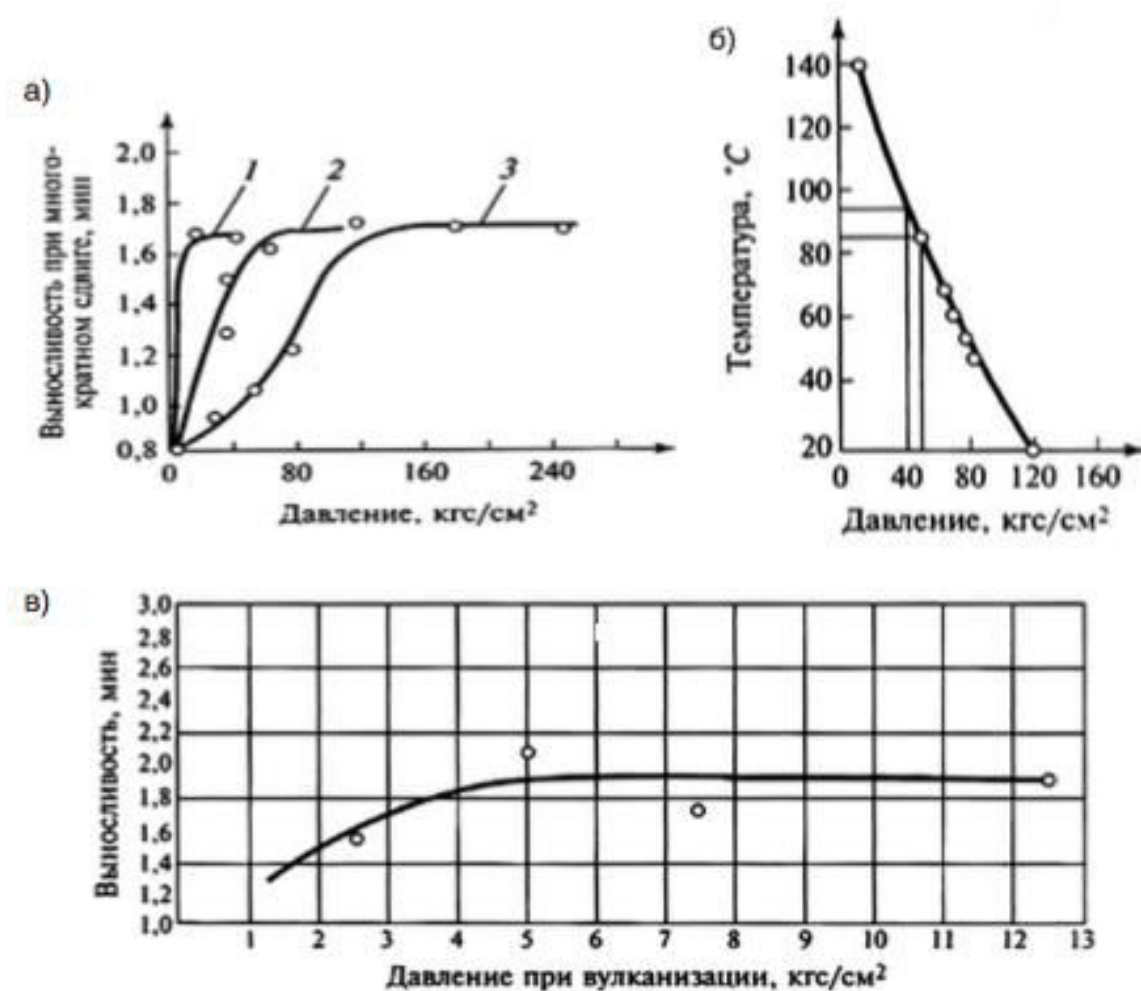


Рис.3. Динамическая прочность связи (выносливость при многократном сдвиге) резины и резиновой смеси после совулканизации в зависимости от температуры и давления их контакта перед вулканизацией:

а) зависимость прочности связи от давления контакта при температуре: 1430С(1), 850С(2),190С(3);

б) изменение значения минимального давления контакта, обеспечивающего максимальную прочность связи, в зависимости от температуры контакта;

в) зависимость прочности связи от давления прессования во время совулканизации резиновой смеси и резины, предварительно дублированных при 85⁰С и давлением контакта 5 МПа.

В практике восстановления изношенных шин при температуре вулканизации 143⁰С, принятой для СКГШ, рабочее давление прессования устанавливают на уровне 1,8-2,0 МПа, что значительно (в 1,5 - 2 раза) выше указанного для этой температуры минимального (оптимального) его значения – 1,0-1,2 МПа. Такой запас связан с потерями на растяжение каркаса в пресс-форме для формирования рисунка протектора восстанавливаемых шин, имеющих большой разброс габаритов [2,с.187,188]. Учитывая стабильность размеров «модулей» (в отличие от восстанавливаемых шин), для вулканизации

модульных шин указанные нормы запаса прессующего давления могут быть снижены до 20-30%. Это значительно упрощает и удешевляет оборудование и процесс производства модульных крупногабаритных шин.

Вместе с тем, автоклавы, применяемые для бесформовой вулканизации шин, допускают рабочее давление не более 0,6 МПа, т.е. вдвое ниже указанного минимально необходимого давления для качественной вулканизации восстанавливаемых шин при температуре 1430С в свободном состоянии (даже без каких-либо потерь на растяжение каркаса).

Приведенные примеры зависимости прочности связи резины и резиновой смеси от давления и температуры их контакта показывают, что в рассматриваемых системах полный контакт дублируемых материалов можно осуществлять до вулканизации во время дублирования (сборки изделия). В этом случае во время вулканизации давление прессования можно существенно снизить, по сравнению с оптимальным. Например, если до вулканизации давление контакта резиновой смеси температурой 85°С с шерохованной поверхностью «модуля» было 5 МПа, обеспечивающее максимальную плотность их контакта, то во время вулканизации модульной шины при 1430С давление прессования, необходимое для получения максимальной прочности связи, снижается вдвое – до 0,5 МПа (рис. 3.в). Этого давления в автоклаве достаточно, чтобы исключить порообразование при указанной температуре вулканизации, получить монолитный беспористый вулканизат новой покровной резины и стыка её с «модулем». Однако в практике, при сборке шины затруднительно получить указанное высокое давление контакта. Применяют известный «комбинированный способ вулканизации» восстанавливаемых СКГШ [7,8,2,с.477] с предварительной подвулканизацией шины формовым способом с высоким давлением прессования и затем с довулканизацией её в автоклаве с низким давлением. Однако, при этом необходимы дорогие индивидуальные вулканизаторы (хоть и в меньшем количестве), что не позволяет в полной мере использовать достоинства горячей бесформовой вулканизации и неприемлемо для изготовления опытных модульных шин.

Полный контакт резиновой смеси с каркасом при сборке шины обеспечивает прогрессивный метод обрезаживания каркаса перед наложением протектора – метод «СТС» (Cscushion to casing, прослойка к каркасу) фирмы AZ-VM I GROUP, (Голландия,) [2, с. 387]. Путём прямого шприцования на подготовленную поверхность короны шины наносят тонкий слой адгезивной резиновой смеси (прослоечной, брекерной) температурой 80-950С. При этом за счёт «вращающегося запаса смеси» перед профилирующей гранью формирующей головки экструдера резиновая смесь буквально «вмазывается» в рельеф шерохованной поверхности, достигается полный, плотный контакт смеси с восстанавливаемой шиной, затекание смеси в мельчайшие углубления шерохованной поверхности без какого-либо захвата воздуха, наблюдаемого при традиционной технологии сборки восстанавливаемой шины. Обеспечивается высокая прочность связи.

Однако, этот способ не нашёл применения при восстановлении СКГШ из-за большого числа их крупных сопутствующих наружных повреждений. В описываемом модульном способе производства этого препятствия нет. Компанией VMI создана установка Base Constructor для «обрезаживания» каркасов КГШ и СКГШ, которую можно с успехом применять на втором этапе сборки модуля (рис. 4).



Рис. 4. Опытный образец сборочного станка «Base Constructor для обрезаживания каркасов КГШ и СКГШ» фирмы VMI Group (Голландия).

Метод СТС существенно повысит производительность и качество сборки. Максимальная плотность контакта резиновой смеси с поверхностью модуля и, соответственно, достигаемая максимальная прочность связи между ними, позволит исключить небезопасную операцию нанесения клея.

По-сравнению с восстановительным ремонтом, кроме изложенных выше достоинств производства модульных

шин важными факторами, определяющими их качество, являются запас работоспособности каркаса и совместимость соединяемых материалов:

– каркас восстанавливаемых шин, как правило, ослабленный (утомлённый) в процессе доремонтной эксплуатации шины, с многочисленными механическими повреждениями, имеет ограниченную работоспособность. Модуль не имеет этих недостатков;

– при совулканизации резиновой смеси с каркасом восстанавливаемых шин разных изготовителей с разной рецептурой покровных резин, подвергшихся старению в процессе доремонтной эксплуатации, невозможно обеспечить совместимость соединяемых материалов и прочность связи между ними, аналогичную изготовлению модульной шины с использованием резиновых смесей, применявшихся при изготовлении серийных шин и модуля.

Гарантией качества опытных модульных шин послужит неразрушающий контроль каждого модуля и готовой шины современным способом – вакуумной ширографии, например, на уникальной установке в ПШК (рис.5), в которой лазерным лучом сканируют внутреннюю поверхность шины при атмосферном давлении и в вакууме. По взаимному наложению полученных голограмм выявляют самые мелкие (до 5 мм.) скрытые внутренние дефекты (расслоения, пузыри, пористость, инородные включения, очаги коррозии металлокорда, его смещения и другие нарушения однородности), которые нельзя обнаружить другими известными способами контроля качества шин [2, с.156,161].

В итоге, существенно повышается качество продукции ШРЗ. Можно с уверенностью принять пробег модульной шины не менее ныне достигнутого уровня ходимости восстановленных шин: 80% наработки новой эталонной шины в тех же условиях [1]. Вместе с тем, можно ожидать пробег модульной шины, равный доремонтному пробегу эталона[3,4], что конечно требует экспериментальной проверки.

Себестоимость модульной шины, включая стоимость модуля 33.00R51 (400 тыс. руб. [1,6]), будет 556 тыс. руб. Допустимо принять отпускную цену



Рис. 5. Установка для вакуумной ширографии КГШ и СКГШ в Поволжской шинной компании.

модульной шины в размере 50% стоимости эталона (660 тыс. руб.), т.е. на нынешнем уровне цен их восстановительного ремонта. При этом рентабельность ШРЗ будет 18,6%. (табл.2).

Ритмичное получение ШРЗ основного сырья (модулей и резиновых смесей для изготовления модульной шины) исключит его нынешнюю зависимость от малоэффективного сбора ремонтпригодных снятых с эксплуатации изношенных шин, обеспечивает загрузку его мощностей и возможность полного удовлетворения потребности ГОКа средней мощности в модульных шинах (750 шт./г), заменяющих используемые им эталонные шины. Прибыль ШРЗ достигнет 78 млн.руб./год, (табл.2). Обусловливается возможность существенного увеличения мощности ШРЗ, например «Экопромсервиса», расположенного в Кузбассе, для снабжения всех предприятий горной промышленности Кузнецкого бассейна необходимыми

модульными шинами в объёме более 4,8 тыс. шт./г. При этом прибыль ШРЗ достигнет 0,5 млрд. руб./г. и существенно увеличится число рабочих мест.

2. Техничко-экономическая эффективность модульных шин для их потребителей.

Горнорудное предприятие с переходом на использование модульных крупногабаритных шин, освободится от импортозависимости в обеспечении своих потребностей в СКГШ, снизит затраты на шины. Вместо дорогостоящих импортных шин получит, не уступающие им аналогичные модульные шины, выпускаемые отечественным ШРЗ, с существенно меньшей ценой. Снизит потери, связанные с дальними перевозками шин из-за рубежа и таможенными расходами (таблицы 2,3).

Выпуск качественных шин на ШРЗ, приближенном к потребителям СКГШ, например ШРЗ «Экопромсервис», расположенном практически на территории ГОКа в Кемеровской обл., позволит полнее и мобильнее удовлетворять запросы потребителей в части оперативной поставки шин требуемых моделей, так как обеспечивается возможность мелкосерийного производства при, сравнительно, небольших трудовых затратах на переналадку оборудования. Улучшается обратная связь с изготовителем СКГШ в вопросах повышения их качества, рассмотрения претензий потребителей и информации о пробегах шин разных моделей в конкретных условиях эксплуатации.

В таблице 2 представлены результаты расчёта прогнозируемой эффективности модульных шин на примере ГОКа средней мощности в Красноярском крае с ежегодным потреблением эталонных шин 33.00R51 – 600 шт./г. Как отмечалось выше, в расчёте осторожно принимается, что цена модульной шины – 50% цены эталона, а её пробег – 80% пробега эталона (стр16), т.е. на уровне пробегов и цен сегодня восстанавливаемых СКГШ. При этом стоимость 1 км. пробега модульной шины 33.00 R51 по сравнению с эталоном снизится на 3,992 руб./км., а на весь её пробег – на 495 тыс. руб./шт. Экономия на годовой объём потребления ГОКом эталонных шин 33.00R51 – 600 шт./г. составит 297 млн. руб./г. (37,5% от сегодняшних затрат ГОКа на

шины, табл. 2). При потреблении этих шин по всей стране 7700 шт./г. [1] экономия составит ~ 3,8 млрд. руб./г.

Кроме того, в оценке эффективности производства модульных шин, следует учитывать повышение ремонтпригодности по сравнению с серийными шинами в силу их однородности и, соответственно, дополнительного снижения стоимости 1 км. пробега шины.

Таблица 2. Расчёт эффективности модульного способа производства СКГШ 33.00R51 на примере ГОКа средней мощности в Красноярском крае

№ п./п.	Показатели	Шина 33.00R51
1.	Цена новой шины, тыс. руб.:	
1.1.	эталонной (премиум бренда)	1320 ¹
1.2.	шины ОАО «Белшины»	825 ^{1,2}
2.	Цена модуля БелШины, тыс. руб. (% от п.1.2).	400 ^{2,2} (48,5%)
3	Затраты ШРЗ на производство модульной шины:	
3.1	Резиновые смеси БелШины для изготовления модульной шины в ШРЗ:	
3.1.1	масса, кг./шт.	839,26 ^{3,2}
3.1.2	стоимость, тыс. руб./шт. (% от п.4).	139 ^{3,2} (88,9%)
3.2	Остальные («собственные») технологические затраты ШРЗ на производство модульной шины, $(п.3.1.2 \times 0.25) : 2^4$, тыс.руб./шт. (% от п.4).	139:8=74 (11.1%)
4.	Себестоимость изготовления модульной шины в ШРЗ, /п.3.1.2 + п.3.2/, тыс. руб.	156,4
5.	Себестоимость модульной шины /п.2+ п.4/, тыс. руб. (% от п. 1.2).	556,4 (67,4%)
6.	Пробег эталонной шины, тыс. км.	124 ^{2,1}
7.1.	Пробег модульной шины, тыс. км. (% от п.6, стр.16,18).	99,2 (80%)
7.2.	То же, доля от 6.	0,8 ⁵
8	Цена модульной шины, тыс.руб. (% от п.1.1)	660 (50%)
9.	Рентабельность ШРЗ по каждой модульной шине /п.8 –п.5/, тыс. руб./шт. (% от п.5)	660-556,4 = 103,6 (18,6%)
10.	Эффект для ГОКа по каждой эталонной шине, заменённой модульными шинами /п.1.1 – (п.8: п.7.2) /, тыс. руб./шт. (% от п.1.1)	1320 – 660:0,8= 495(37,5%)
11.	Стоимость 1км. пробега эталонной шины, руб./км. /п.1,1: п.6/	1320:124=10,645
12.	Стоимость 1км. пробега модульной шины, руб./км. /п.8: п.7.1/	660:99,2=6,653
13.	Сокращение стоимости 1км. пробега каждой модульной шины по сравнению с эталоном шины /п.11- п.12/, руб./км. (% от п.11)	10,645 - 6,653 = 3,992 (37,5%)
14.1	Годовое потребление ГОКом эталонных шин 33.00.R.51, шт./год.	600 ^{2,1}
14.2	Стоимость годового потребления ГОКом эталонных шин 33.00R51, /п.1.1 х п.14.1/, млн.руб.	1320x600=792

15.1	Годовое потребление ГОКом модульных шин, заменяющих годовое потребление эталонных шин /п.14.1: п.7.2/, шт./год	$600:0.8=750$
15.2	Стоимость годового потребления ГОКом модульных шин, /п.15.1х п.8 /, млн.руб.	$750 \times 660 = 495$
16.1	Годовая экономия затрат ГОКа на шины, млн.руб./год. (% от п.14.2) Варианты расчёта: 1. /п.13 х п.6.х п.14.1/ 2. /п.10 х п.14.1/ 3. /п.14.2 - п.15.2/.	$3,992 \times 124 \times 600 = 297$ (37,5%) $495 \times 600 = 297$ (37,5%) $792 - 495 = 297$ (37,5%)
17.	Прибыль ШРЗ на выпуске модульных шин, заменяющих годовое потребление ГОКом эталонных шин /п.9 х п.15.1/, млн.руб./год (% от п.5 х п.15.1)	$103.6 \times 750 = 77.775$ (18,6%)

Примечание: 1. С.В. Халено: Коммерческое предложение № РО-НВФ/251 от 18.06.2019». г. Новокузнецк.

2. А.С. Барсегян:

2.1.Использование в России эталонных СКГШ премиум бренда компании Bridgestone крупными недропользователями 20.02.18, 26.06.19, 17.07.19.

2.2.«Информационная записка по итогам встречи со специалистами ОАО «БелШина» 11.05.2018г.

3. И.В. Котляров:

3.1.Экспертная оценка стоимости изготовления в ОАО БелШина «модулей» для двухэтапного производства КГШ и СКГШ. г. Бобруйск, 15 марта 2017г».

3.2.«Доля протектора, $\frac{1}{2}$ подканавочного слоя и боковин в себестоимости ЦМК шин 33.00R51», апрель 2016г.

4. 0.25 – отношение собственных технологических затрат ШРЗ к стоимости материалов; 2 – сокращение вдвое собственных технологических затрат ШРЗ на производство модульных СКГШ по-сравнению с их восстановительным ремонтом (стр.11,12 статьи).

5. 0.8 – отношение расчётного пробега модульных шин к пробегу эталона (стр.17 статьи).

Применение модульных шин, поставляемых отечественными ШРЗ, взамен импортных СКГШ снизит затраты, связанные с дальними перевозками шин из-за рубежа и таможенными расходами. В результате существенно снижается стоимость доставки шин российским потребителям.

В таблице 3 рассмотрен описанный выше мало-затратный вариант производства опытных модульных шин: изготовление опытных модулей 33.00R51 в ОАО «БелШина» (г. Бобруйск, Белоруссия) и изготовление из них модульных шин в ШРЗ «Экопромсервис», максимально приближенном к потребителям СКГШ – горнорудным комбинатам Кузбасса. (Кузбасс потребляет львиную долю объёмов СКГШ, поставляемых в Россию, около 50% всех поставок [1]).

Расчёт сделан на примере условного ГОКа в Новокузнецке средней мощности (с потреблением эталонных шин 33.00R51– 600 шт. в год). Как видно из таблицы, в рассмотренном примере при переходе этого ГОКа на эксплуатацию модульных шин производства ШРЗ «Экопромсервис» (г. Белово, Кемеровской обл.) стоимость доставки шин, включая доставку модуля из Бобруйска в Белово, сократится вдвое: на 17550 тыс. руб./г. (57%).

Таблица 3. Стоимость¹ доставки эталонных и модульных шин 33.00R51 российскому потребителю в Кузбассе на примере ГОКа средней мощности² в Новокузнецке

Используемые шины	Эталонные шины компании «Бриджстоун»			Модульные шины, заменяющие шины эталон, изготовленные «Экопромсервис» из модулей ОАО «БелШина»		
	Стоимость доставки одной шины, руб./шт.	Годовой объём потребления ГОКом, шт./г.	Всего стоимость доставки шин в год тыс.руб./г.	Стоимость доставки единицы продукции, руб/шт.	Годовой объём потребления ГОКом, шт./г.	Всего стоимость доставки модульных шин и модулей в год тыс.руб./г.
Стоимость доставки ГОКу эталонных шин из Японии и заменяющих их модульных шин из Белово (Кемерово)	68000 ³	600	40800	6000 ³	750 ⁴	4500
Стоимость доставки в Белово «модулей» из Бобруйска (Белоруссия)				25000 ³	750 ⁴	18750
Итого, тыс.руб./г. %%			40800 100			23250 57

Примечание: 1. Стоимость доставки, включает транспортные расходы, погрузо-разгрузочные работы и пошлины.

2. ГОК средней мощности, ежегодно потребляющий 600 эталонных СКГШ 33.00R51

3. А.С. Барсегян: затраты на доставку модулей и шин

4. Число модульных шин, заменяющих эталонные шины, ежегодно потребляемые ГОКом (таблица 2, пункт 15.1)

Резюме.

1. Двухэтапный способ производства модульных шин позволит: повысить однородность и работоспособность шин, снизить импортозависимость горнорудных предприятий в обеспечении СКГШ. Улучшит экологическую безопасность.

Создание собственного завода СКГШ требует больших финансовых затрат, времени и сегодня не реально. Предложенный способ производства требует минимальных капиталовложений – используются имеющиеся мощности и штатное оборудование ШЗ и ШРЗ (за исключение «гладких» прессформ).

Производство модульных шин отечественными ШРЗ из сравнительно дешёвых полуфабрикатов – «модулей», наряду с ускорением импортозамещения, будет способствовать созданию дополнительных рабочих мест, загрузке и расширению имеющихся мощностей ШРЗ, постепенному переходу к полному циклу производства СКГШ в России.

Прогнозируется высокая эффективность для производителей и потребителей модульных шин.

2. Приведенные в статье расчёты и прогнозы ожидаемого эффекта подлежат экспериментальной проверке по результатам сравнительных испытаний модульных, серийных, эталонных шин.

Опытные модульные шины изготовят описанным наименее затратным способом: модули 33.00R51 изготовят в ОАО «БелШина», эти сравнительно не дорогие шины которого имеют ограниченный спрос в России. Опытные модульные шины – изготовят в России на ШРЗ, максимально приближенном к их потребителю формовым и (или) бесформовым горячим способом.

Сравнительные лабораторно-стендовые испытания головных образцов модулей и модульных шин проведут по методикам оценки качества серийных шин (их однородности, работоспособности, соответствия требованиям действующих стандартов на СКГШ). Предполагается в Поволжской шинной компании осуществить голографический контроль однородности и внутренних

дефектов всех опытных модулей, модульных, серийных, эталонных шин на имеющемся ширографе для СКГШ. Эксплуатационные испытания проведут в условиях работы горнодобывающих предприятий, обслуживаемых указанными ШРЗ и использующих аналогичные шины традиционного производства ведущих мировых фирм, а также партии серийных шин производства шинного завода – изготовителя опытных модулей.

По результатам практики изготовления и испытания опытных модульных шин будет оценен фактический уровень их технико-экономической эффективности для производителей и потребителей, степень экологической безопасности (снижение загрязнения окружающей среды), выбран наиболее эффективный способ производства модульных шин.

3. Затраты на изготовление и испытание модульных шин 33.00R51 составят 10 млн. руб., в т.ч. изготовление и лабораторно-стендовые испытания головных образцов – 3 млн. руб. Возможно проведение предварительных испытаний модульных шин 24.00R35, для которых указанные затраты составят, соответственно, 4 и 1,5 млн. руб.

Во всех случаях включены стоимости изготовления «гладких» пресс-форм для вулканизации модулей 33.00R51 – 1800 тыс. руб., 24.00R35 – 760 тыс. руб.[1]

Литература.

1. Барсегян А.С.: Сведения о поставках и использовании крупногабаритных шин в России, 26.06, 01.07, 17.07 2019 г.; итоги встречи со специалистами ОАО «БелШина» 11.05.2018 г.
2. Евзович В.Е. Восстановление изношенных пневматических шин. М: Автополис-плюс, 2005. – 627с.
3. Евзович В.Е., Россин В.Д. Способ изготовления пневматических шин. Патент РФ на изобретение 2552412, 2015
4. Евзович В.Е., Барсегян А.С., Россин В.Д. Заявка на патент METHOD OF MANUFACTURING PNEUMATIC TYRES. WO2016/122344 СТ/RU2015/000051. Международное патентное бюро WIPO 04.08.2016.
5. Осошник И.А., Карманова О.В., Шутилин Ю.Ф. Технология пневматических шин. Воронеж: ВГТА, 2004. – 508с

6. Котляров И.Н.: Экспертная оценка стоимости изготовления «модуля» для двухэтапного производства КГШ и СКГШ. 15 марта 2017г.
7. Евзович В.Е., Каменский Б.З., Первова И.С., Левитан Л. Л., Полуянова А. И. Способ восстановления изношенного протектора пневматических шин. А.с. СССР 373162 кл.В29h. 5/04, 17/36/ 1972.
8. Скорняков Э.С., Завьялов Ю.П., Захаров Ю.У., Кукушкина Т.Е., Мусифуллин.О.В., Евзович В.Е. Каучук и резина, 1987, №10, с.29-31.

Авторы приглашают заинтересованные лица, предприятия и организации, в т.ч. горнорудные комбинаты, принять участие в этом проекте.

E-mail: victorevzovich@mail.ru, barsegyan.a@sp-tyre.ru