

УДК 678.049

**Ж. С. Шашок<sup>1</sup>, С. А. Перфильева<sup>2</sup>, Н. Р. Прокопчук<sup>1</sup>, Е. П. Усс<sup>1</sup>,  
А. И. Юсевич<sup>1</sup>, К. И. Трусов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет»  
<sup>2</sup>ОАО «Белшина»

### **ПОВЫСИТЕЛИ КЛЕЙКОСТИ НА ОСНОВЕ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ В РЕЗИНОВЫХ СМЕСЯХ (ОБЗОР)**

В обзоре приведены наиболее распространенные повысители клейкости, применяемые в составе эластомерных композиций (канифоль и продукты на ее основе, алкилфенолформальдегидные и углеводородные смолы). Рассмотрены известные теории адгезии и аутогезии полимеров: механическая, адсорбционная, электрическая, химическая, диффузионная, реологическая и другие, позволяющие выявить причины и характер образования адгезионной связи между поверхностями. Представлены существующая классификация нефтехимических смол, их физические и химические свойства. Особое внимание уделено влиянию состава нефтеполимерных смол, полученных на базе побочных продуктов нефтехимии, на основные технологические и технические свойства эластомерных материалов. В настоящее время актуальной остается проблема создания новых эффективных нефтеполимерных смол и появление их на отечественном рынке для производства шин и резинотехнических изделий.

Показана принципиальная возможность замены промышленного повысителя клейкости – стирол-инденовой смолы на нефтеполимерные смолы, полученные на основе нефтехимического сырья. Проанализировано влияние различных типов нефтеполимерных смол на пластоэластические и конфекционные характеристики шинных резиновых смесей на основе комбинации каучуков общего назначения.

**Ключевые слова:** каучук, резиновая смесь, повыситель клейкости, нефтеполимерная смола, вязкость по Муни, пластичность, эластическое восстановление, клейкость.

**Zh. S. Shashok<sup>1</sup>, S. A. Perfilieva<sup>2</sup>, N. R. Prokopchuk<sup>1</sup>, E. P. Uss<sup>1</sup>,  
A. I. Yusevich<sup>1</sup>, K. I. Trusov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Belarusian State Technological University  
<sup>2</sup>JSC “Belshina”

### **TACK PROMOTERS BASED ON PETROLEUM POLYMER RESINS IN RUBBER MIXTURES (REVIEW)**

The review deals with the most common tackifiers used in elastomer compositions (rosin and products based on it, alkylphenol-formaldehyde and hydrocarbon resins). The known theories of adhesion and autohesion of polymers are considered: mechanical, adsorption, electrical, chemical, diffusion, rheological, etc., which make it possible to identify the causes and nature of the formation of adhesive bond between surfaces. The existing classification of petrochemical resins and their physicochemical characteristics are given. Particular attention is paid to the influence of composition of petroleum resins obtained based on by-products of petrochemical industries on main technological and technical properties of elastomer materials. Nowadays, the problem of creating new effective petroleum-resin resins and their appearance on the domestic market for the production of tires and rubber-engineering products is quite urgent.

It is shown that it is possible to replace industrial tackifier – styrene-indene resin, with petroleum polymer resin obtained based on petrochemical raw materials. The influence of various types of petroleum resins on plastoelastic and confection characteristics of tire rubber compounds based on combination of general purpose rubbers is analyzed.

**Key words:** rubber, rubber mixture, tackifier, petroleum resin, Mooney viscosity, plasticity, elastic recovery, tackiness.

**Введение.** Особенностью технологического процесса изготовления многослойных шин является требование повышенной конфекционной клейкости полуфабрикатов для обеспечения хорошего дублирования всех деталей. Монолитность покрывки в «сыром» виде влияет не только на уровень бездефектности, но и на экс-

плуатационные характеристики и общую работоспособность шин.

Для придания высокой конфекционной клейкости полуфабрикатам и сохранения ее при вылежке заготовок перед операциями сборки можно покрывать поверхность полуфабрикатов клеем, т. е. раствором резиновой смеси

определенного состава в бензине, либо вводить в состав резиновых смесей специальные ингредиенты – повысители клейкости. Основным недостатком первого способа является повышение пожароопасности на участках шприцевания заготовок элементов покрышек и их сборки и ухудшение общей экологической обстановки на предприятии. Поэтому наиболее предпочтительным в мировой шинной промышленности считается второй способ с использованием повысителей клейкости [1].

Выпускаемые промышленностью повысители клейкости, как правило, представляют собой смесевые олигомерные продукты. В настоящее время представлено около 200 товарных наименований повысителей клейкости, относящихся к природным смолам на основе лесохимического сырья (канифоль и ее производные), алкилфенолформальдегидным и углеводородным смолам [2–4].

Нефтеполимерные смолы, обладающие уникальными физико-химическими свойствами, в отечественной и зарубежной практике находят широкое применение в качестве заменителей продуктов природного и синтетического происхождения: растительных масел, канифоли, инден-кумароновых, алкилфенолформальдегидных смол и др. Основной сырьевой базой для синтеза смол являются отходы и побочные продукты нефтехимических производств, прежде всего жидкие продукты пиролиза углеводородов [5]. Нефтеполимерные смолы оказывают пластифицирующее действие на каучуки общего назначения, повышают клейкость резиновых смесей, улучшают их шприцуемость и прессовку обрезиненного корда, динамические свойства резин, сопротивление разрастанию трещин и т. д. [2, 6, 7]. Однако для достижения равноценного эффекта по влиянию на клейкость по сравнению с алкилфенолформальдегидными смолами необходимо повышать их содержание в резиновых смесях, что может оказать отрицательное влияние на некоторые технические свойства резин [3, 8]. В связи с этим разработка отечественных нефтеполимерных смол, обеспечивающих требуемый уровень пластозластических, конфекционных и технических свойств резиновых смесей и вулканизатов на их основе, определяет актуальность данной работы.

### **Основная часть.**

#### *1. Повысители клейкости резиновых смесей.*

Под клейкостью понимают способность материалов соединяться друг с другом сразу после приведения склеиваемых поверхностей в контакт. Недостаточная и чрезмерно высокая клейкость одинаково неудобны. Слишком большая клейкость затрудняет исправление небольших ошибок при сборке изделия, а также переработ-

ку резиновых смесей из-за прилипания к перерабатываемому оборудованию [9]. Стандартных испытаний по ASTM и ISO для измерения клейкости резиновых смесей нет. Однако наиболее широко используется прибор для определения клейкости Tel-Tak клейкометр, разработанный фирмой Monsanto в 1969 г.

Большинство синтетических каучуков обладают недостаточной клейкостью, поэтому для повышения ее в резиновые смеси вводят специальные олигомерные добавки – повысители клейкости. При выборе повысителя клейкости исходят из того, что наряду с повышением адгезии и аутогезии резиновой смеси ее когезионная прочность должна сохраняться на достаточном уровне. Кроме того, повысители клейкости не должны оказывать отрицательного влияния на вулканизацию и свойства резин. Обычно содержание этих олигомеров в резиновой смеси составляет 1–10 мас. ч. Высокая клейкость эластомера или резиновой смеси достигается при выполнении трех условий: 1) склеиваемые поверхности необходимо привести в плотный (молекулярный) контакт друг с другом; 2) звенья полимерных цепей должны иметь возможность легко диффундировать через межфазную границу; 3) межфазные связи, образовавшиеся при контакте поверхностей, должны выдерживать достаточно большие напряжения перед разрывом, но при этом сила сцепления поверхностей должна оставаться меньше когезионной прочности смеси. Поскольку поверхность склеиваемых резиновых смесей содержит микронеровности, то для установления молекулярного контакта материал резиновой смеси в зоне контакта (на межфазной границе) должен обладать способностью растекаться под действием сдавливающего напряжения. Плотный аутоадгезионный контакт для большинства эластомеров устанавливается за время, превышающее 10 с. Поэтому при уменьшении вязкости (повышении пластичности) резиновых смесей клейкость их должна возрастать. Для снижения вязкости и улучшения реологических свойств резиновых смесей в них вводят жидкие пластификаторы. В ряде случаев отмечалось, что небольшие добавки пластификаторов способствуют повышению аутогезии эластомеров. Однако жидкие пластификаторы практически не применяются в качестве повысителей клейкости, поскольку при их введении заметно уменьшается когезионная прочность резиновых смесей. При введении межструктурных пластификаторов клейкость уменьшается, так как в этом случае выпотевший на поверхность пластификатор препятствует плотному контакту склеиваемых поверхностей. Выцветание на поверхность рези-

новой смеси восков, серы и других ингредиентов резиновых смесей, а также наполнение резиновых смесей высокоактивными наполнителями отрицательно влияют на клейкость смеси. В последнем случае плотному контакту соединяемых поверхностей препятствует снижение подвижности звеньев цепей каучука в результате связывания их наполнителем [9].

Повысители клейкости являются, как правило, хрупкими стеклообразными олигомерами с температурой размягчения от 50–60 до 120°C, которые сами по себе клейкостью не обладают. Можно полагать поэтому, что их эффективность связана со свойствами их растворов в каучуках и резиновых смесях. По влиянию на технологические свойства резиновых смесей повысители клейкости напоминают асфальтено-смолистые вещества и также лишь частично совмещаются с каучуками. Однако в отличие от них линейные молекулы повысителей клейкости характеризуются повышенной подвижностью и подобно парафиновым олигомерам защитных восков способны мигрировать на поверхность резиновых смесей. Этот процесс термодинамически выгоден. Повысители клейкости, однако, на поверхности не агрегируются вследствие кристаллизации в отдельную фазу, а формируют, очевидно, своего рода межфазный (приповерхностный) слой, обогащенный молекулами олигомера. Такое разделение сильнопластифицированных участков (приповерхностный слой) от малопластифицированных (внутренняя часть образца) позволяет сочетать повышенную пластичность при сдавливании с достаточной когезионной прочностью всей заготовки.

При соединении заготовок резиновых смесей, содержащих повысители клейкости, благодаря повышенной пластичности обеспечивается плотный контакт поверхностей, а затем удержание их вместе из-за того, что в результате контакта олигомерных молекул повысителя клейкости из разных заготовок увеличивается межмолекулярное взаимодействие через межфазную границу. Этот контакт устанавливается мгновенно и облегчает протекающую с меньшей скоростью диффузию через межфазную границу молекул каучука. По мере размывания межфазной границы из-за взаимной диффузии участков цепей каучука уменьшается действие сил, вызывающих направленную миграцию олигомерных молекул, и происходит перераспределение их в объеме или на другие, свободные поверхности. Этот процесс характерен для аутогезии (соединения заготовок из одной смеси или смесей на основе одного каучука) или соединения смесей совместимых каучуков. При соединении заготовок несовмещающихся

каучуков межфазный слой такого же или другого строения сохраняется. После вулканизации скорость диффузии этих олигомеров в эластомерной среде замедляется из-за сшивания макромолекул, вследствие чего миграция повысителей клейкости (даже если они не претерпевают химических изменений) сильно уменьшается [9].

В настоящее время применяются канифоль и продукты на ее основе, алкилфенолформальдегидные (октофор N, SP-1077, Rebitak, Koresin и др.) и углеводородные смолы [2–4].

Канифоль и ее разнообразные производные широко применяются в резиновых смесях главным образом как повысители клейкости [9]. По способу получения различают следующие три вида канифоли: живичная, экстракционная и талловая. В состав живицы сосновой входят смоляные кислоты (15–42%), фенолы (5–22%), нерастворимые в бензине (4–28%). Талловое масло содержит жирные кислоты и дистиллированное талловое масло (28–31%), канифоль (25%), пек (30%), легкое талловое масло (7%). В канифоли присутствуют две основные функциональные группы – карбоксильная группа и ненасыщенная двойная связь, определяющие химию канифоли и возможность проведения следующих реакций для модификации потребительских свойств канифоли: этерификации, диспропорционирования, гидрогенизации, димеризации и реакций Дильса-Альдера [3].

При введении в резиновые смеси до 5 мас. ч. канифоли уменьшается их вязкость, существенно повышается клейкость и вследствие ее кислого характера замедляется подвулканизация. В присутствии канифоли улучшается диспергирование порошкообразных ингредиентов и сохраняются высокие эластические и динамические свойства резин. Благодаря наличию сопряженных двойных связей канифоль легко окисляется и способствует окислению каучука и резины. Для устранения этого недостатка канифоль подвергают гидрированию или диспропорционированию, в результате чего образуются ароматические и полностью насыщенные соединения. Модифицированная – гидрированная или диспропорционированная канифоль не ускоряет старения каучука и резины и широко применяется в качестве эмульгатора при производстве синтетического каучука эмульсионной полимеризации [10]. Однако канифоль является достаточно дорогим и дефицитным компонентом, при этом ресурсы ее сырья ограничены, технология получения трудоемка, к тому же в ряде рецептов она не обеспечивает высокой клейкости резиновых смесей [11].

Наиболее известными эффективными повысителями клейкости являются алкилфенольные

смолы, содержащие не менее четырех атомов углерода в алкильной группе фенола [12]. Однако в ряде случаев они оказывают отрицательное действие на скорость вулканизации и ухудшают некоторые свойства резин [11]. В связи с этим активно ведутся работы в направлении повышения эффективности действия смол алкилфенольного типа за счет модификации смол, что позволяет применять их в минимальных количествах и тем самым устранить их отрицательное влияние на свойства резин, включая гистерезисные потери [2].

Углеводородные смолы являются менее эффективными повысителями клейкости, чем алкилфенольные, но они более экономичны [2]. Одной из разновидностей углеводородных смол выступают инден-кумароновые смолы, представляющие собой термопластичные материалы с относительно низкой степенью полимеризации и получаемые полимеризацией непредельных соединений ксилольной фракции кумарона, индена, стирола и их гомологов. Введение инден-кумароновых смол существенно улучшает обрабатываемость резиновых смесей на оборудовании, повышает клейкость резиновых смесей, их адгезию к металлам и тканям, повышает сопротивление раздиру и разрастанию трещин вулканизатов. Аналогичны по действию инден-кумароновым смолам жидкие стирольно-инденные смолы – побочные продукты при переработке кубовых остатков сырого бензола, а также твердые нефтеполимерные смолы – продукты полимеризации стирола, индена, кумарона и их гомологов, содержащихся в углеводородных фракциях пиролиза нефтяного сырья. Эти продукты наряду с инден-кумароновыми смолами используются для повышения клейкости резиновых смесей [2, 3, 10].

*2. Теории адгезии и аутогезии полимеров.* Адгезия и аутогезия во многом определяет технологические свойства полимеров и широкое использование их в качестве клеящих веществ, герметиков и т. д. Под адгезией понимают способность полимеров (адгезивов) образовывать прочную связь при контакте с твердой поверхностью материала иной химической природы (субстрата). Если же происходит склеивание двух частей одинакового полимера, процесс называют аутогезией или самослипанием. В обоих случаях между двумя приведенными в соприкосновение поверхностями образуется прочная связь [8].

При соприкосновении твердых тел адгезия минимальна (близка к 0) в основном из-за шероховатости поверхностей и отсутствия достаточного межмолекулярного взаимодействия. При контакте пластичных тел или в случае склеивания твердого тела с пластичным, а так-

же при применении адгезива (в виде клея, геля и пр.) контакт между контртелами обеспечивается за счет плотного межмолекулярного сцепления и адгезия максимальна [13].

В настоящее время для объяснения адгезионного взаимодействия между полимерами известно несколько теорий адгезии: механическая, адсорбционная, электрическая, химическая, диффузионная, реологическая и др. [14–26]. Однако единой и универсальной теории до сих пор не существует, известные теории рассматривают частные случаи и, как правило, дополняют друг друга.

Согласно механической теории, основателем которой является Мак-Бен [14], главным определяющим фактором адгезии считается механическое сцепление адгезива с поверхностью субстрата за счет затекания адгезива в неровности субстрата (трещины, поры и т. д.). При этом если поры имеют неправильную форму и особенно, если они расширяются от поверхности в глубь субстрата, образуются как бы «заклепки», связывающие адгезив и субстрат чисто механически. Это типично для пористых, тканевых соединений и пр. В данном случае прочность адгезионного соединения определяется прежде всего пористостью материалов и прочностью пленки адгезива. Эта теория не может объяснить процесс адгезии непористых тел с гладкими поверхностями [14, 27, 28].

Адсорбционная теория разработана Мак-Лареном и Дебройном [15–18]. В рамках этой теории адгезия обусловлена чисто физическими взаимодействиями между молекулами адгезива и субстрата. Эти взаимодействия обуславливают ван-дер-ваальсовы силы (дисперсионные силы, взаимодействие между постоянными диполями и взаимодействием между постоянным и введенным диполями). При этом прочность адгезионного соединения зависит от количества полярных функциональных групп на поверхности контакта, что делает проблематичным объяснение адгезии между слабополярными и неполярными материалами [25, 27].

Электрическая теория предложена Б. В. Дерягиным и Н. А. Кротовой [19, 20]. Она основана на явлениях контактной электризации при соприкосновении двух диэлектриков или металла и диэлектрика. Возникающий при этом двойной электрический слой препятствует разделению адгезива и субстрата. Электрическая теория адгезии лучше чем адсорбционная объясняет некоторые закономерности, установленные при изучении явления адгезии, но и она не лишена недостатков. В частности, электрическая теория не может объяснить образования адгезионной связи между полимерами, близкими по своей химической природе, а также адге-

зию наполненных каучуков друг к другу и металлам. Вулканизация подавляет адгезию, вероятно, вследствие химического связывания макромолекул и / или их фрагментов, что препятствует молекулярному взаимопроникновению субстратов друг в друга [19, 20, 27].

Исследованиями С. С. Воюцкого с сотрудниками [29, 30] было показано, что процессы адгезии и аутогезии полимеров имеют диффузионную природу и связаны с цепным строением и гибкостью полимерных молекул. Согласно данной теории, в момент соприкосновения двух одинаковых полимерных образцов выше их температуры стеклования происходит процесс взаимной диффузии макромолекул полимеров или их отдельных участков через границу раздела фаз, вследствие чего исчезает межфазная граница и образуется новый промежуточный слой, представляющий собой постепенный переход от одного полимера к другому. Прочность образующегося соединения фактически пропорциональна количеству концевых частей макромолекул, продиффундировавших из одного образца в другой, и глубине их проникновения. В работах [31–35] Р. М. Васенин, А. Е. Чалых и другие продолжили развитие диффузионной теории адгезии. Установлено, что изменение молекулярной массы компонентов, их вязкости, температуры, продолжительности диффузии, а также добавление пластификаторов сильно влияет на прочность адгезионного контакта. Диффузионная теория в основном применима для систем полимер – полимер и не объясняет процесс формирования адгезионного соединения высокоэластичных полимерных материалов к жестким непроницаемым субстратам, таким как стекло или металлы и т. д. Тем не менее считается, что процессы диффузии играют ключевую роль в контактном взаимодействии как идентичных (аутогезия), так и различных твердых полимеров (адгезия) [36].

На основании представлений о пачечной структуре полимеров можно предположить, что в зоне контакта постепенно происходит восстановление надмолекулярной структуры полимера. Это возможно не только за счет простой диффузии концов макромолекул из одного слоя полимера в другой, но и за счет перехода макромолекул из пачек, расположенных в одном слое полимера, в пачки другого слоя. Чем больше упорядоченность расположения макромолекул в полимере, тем больше вероятность второго механизма. Поскольку скорость диффузии зависит от молекулярного веса и гибкости полимерных цепей, большей адгезией обладают полимеры с меньшим молекулярным весом, находящиеся в высокоэластическом или вязкотекучем состояниях. Стеклообразные или

кристаллические полимеры, как правило, обладают значительно более низкой адгезией. Это объясняется малой площадью контакта поверхностей, отсутствием способности полимера к течению, а также пониженной склонностью к взаимодиффузии [8].

Химическая теория адгезии рассматривает явление адгезии как результат химического взаимодействия компонентов адгезионного соединения. При этом резкой границы между адгезией, обусловленной физическими силами, и адгезией, являющейся результатом химического взаимодействия, установить нельзя, точно так же, как нельзя провести четкого раздела между явлениями физической адсорбции и хемосорбции. Очевидно, что говорить о каком-либо едином механизме химической теории адгезии нельзя, так как каждый случай химической адгезии в рамках данной теории имеет специфический механизм [25, 27].

Реологическая теория адгезии развита в работах Я. О. Бикермана [23]. В рамках данной теории большое внимание уделяется слабым граничным слоям, возникающим в зоне контакта полимера с подложкой. При этом прочность адгезионного (клеевого) соединения обусловлена основными физико-механическими и реологическими свойствами материалов, которые образуют клеевую систему. При изучении характера разрушения было установлено, что оно никогда не происходит по границе раздела фаз, а является когезионным. Однако эта теория не отвечает на главный вопрос: в результате чего возникает соединение и как различные силы (ван-дер-ваальсовы, лондоновские и др.) влияют на его прочность [27, 37].

Независимо от теоретических обоснований, адгезия или аутогезия возрастает: при увеличении длительности и температуры контакта тел; с уменьшением молекулярной массы, полярности и степени кристалличности полимеров; резко возрастает при уменьшении количества и длины боковых ответвлений макромолекул адгезива [13].

*3. Нефтеполимерные смолы как повысители клейкости шинных резиновых смесей.*

*3.1. Классификация нефтеполимерных смол.* Под нефтеполимерными смолами (иногда их называют нефтяными, углеводородными смолами) понимают особый класс синтетических низкомолекулярных смол, получаемых из нефтяного сырья [6, 38–42]. Они представляют собой продукты от вязких жидкостей (при комнатной температуре) до твердых веществ с молекулярной массой 500–3000. Для синтеза смол, в отличие от важнейших промышленных гомо- и сополимеров, используют не индивидуальные мономеры, а многокомпонентные смеси.

Процесс получения нефтеполимерных смол (НПС) – соолигомеризация большого числа мономерных компонентов, различающихся своей активностью, что обуславливает его определенную специфику [43].

В зависимости от строения непредельных углеводородов, преобладающих в исходном сырье и прежде всего в жидких продуктах пиролиза, получаемые нефтеполимерные смолы классифицируют следующим образом:

– ароматические смолы, получаемые сополимеризацией главным образом алкенилароматических углеводородов, а также дициклопентадиена, содержащихся во фракциях  $C_8$ – $C_{10}$ ;

– алифатические смолы, синтезируемые сополимеризацией алифатических непредельных углеводородов, содержащихся во фракции  $C_5$ ;

– сополимерные смолы, получаемые сополимеризацией непредельных мономеров (алкенилароматических и алифатических), содержащихся во фракциях  $C_8$ – $C_{10}$  и  $C_5$ .

Вырабатывают также циклоалифатические (нафтеновые) смолы, которые получают полимеризацией циклоолефинов или циклодиолефинов и гидрированием ароматических смол [6].

По внешнему виду нефтеполимерные смолы похожи на природные, могут быть бесцветными либо окрашенными (от бледно-желтого до темно-коричневого цвета). Нефтеполимерные смолы термопластичны; характерным для них является поведение при нагревании – отсутствие резкого перехода из одного агрегатного состояния в другое. Вновь затвердевая при охлаждении, нефтеполимерные смолы практически не изменяют своих свойств [6, 44].

Ароматические смолы по сравнению с алифатическими имеют более высокую плотность и показатель преломления, анилиновая точка их значительно ниже. Они менее устойчивы к ультрафиолетовому облучению, чем алифатические смолы, но обладают лучшей теплостойкостью.

Для характеристики свойств нефтеполимерных смол наибольшее распространение в мировой практике получили стандартные методы ASTM (The American Society for Testing and Materials). На территории бывшего СССР для определения физико-химических свойств нефтеполимерных смол используют методики соответствующих ГОСТов и нормативно-технических документов.

Другими важными свойствами смол, определяющими области их применения, являются растворимость, совместимость с различными материалами, вязкость растворов и расплавов, молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение. Растворимость и совместимость определяют по точке помутнения растворов, молекулярную массу и молекулярно-массовое

распределение – с помощью гель-проникающей хроматографии [43]. Информацию о составе НПС можно получить спектроскопическими методами исследования (ИК-, УФ-, ЯМР-спектроскопия) [45] и пиролитической газовой хроматографией.

Многие нефтеполимерные смолы обладают хорошей совместимостью с природными и синтетическими смолами: алкидными, фенольными, полистиролом, каучуками, пластификаторами типа сложных эфиров [46].

Нефтеполимерные смолы могут быть жидкими, каучукоподобными и твердыми. Жидкие нефтеполимерные смолы, как правило, являются промежуточными продуктами для получения твердых нефтеполимерных смол [47].

Также общим требованием большинства отраслей промышленности к нефтеполимерным смолам является их малая токсичность – нефтеполимерные смолы должны относиться к IV классу опасности [46].

Известны следующие марки нефтеполимерных смол: Escorez, Quintone, Nevex, Nevpene, Grade, Norsolene, PR1, пиропласт, пиролон, HCR и др. [48]. В зависимости от области применения выпускаемые нефтеполимерные смолы характеризуются достаточно широким диапазоном значений молекулярной массы, температуры размягчения, цвета, ненасыщенности [4].

*3.2. Применение нефтеполимерных смол в составе резиновых смесей.* Известно [2], что введение смол в резиновые смеси может привести к существенному изменению кинетики вулканизации. Так, в связи с понижением вязкости при введении смол уменьшается температура переработки, а следовательно, снижается опасность преждевременной вулканизации резиновой смеси. Кроме того, введение смолы в резиновые смеси в зависимости от их природы может приводить к изменению времени достижения оптимума вулканизации [10].

В работе [49] описана смола Политер, которая представляет собой продукт термической полимеризации ненасыщенных ароматических углеводородов и предназначена для применения в качестве заменителя стирольно-инденовой и инден-кумарононой смол в рецептуре шинных резин. В отличие от стирольно-инденовой смолы, получаемой из кубовых остатков ректификации бензола и смолы пиролиза ( $190^\circ\text{C}$ ), смола Политер имеет более определенный и однородный состав, характеризуется большей степенью чистоты [50]. Лабораторные и производственные испытания опытно-промышленной партии смолы Политер проводились в рецептуре покровных и обкладочных резин в сравнении со стирольно-инденовой смолой в равновесной дозировке. При произ-

водственном внедрении отмечалось более широкое распределение характеристик резиновых смесей в диапазоне норм контроля по сравнению со стиролено-инденовой смолой при сохранении требуемого уровня технологических свойств в ходе изготовления и переработки резиновых смесей. Пластоэластические, физико-механические характеристики резиновых смесей, усталостная выносливость сохранялись на одном уровне с серийными [49]. Также к положительным сторонам применения смолы Политер следует отнести обеспечение ею большей устойчивости смесей к подвулканизации, что является важным фактором для процесса переработки резиновых смесей [50].

Испытания смолы Пиропласт, которая испытывалась взамен стиролено-инденовой смолы (СИС) в рецептуре для металлокордного брекера в той же дозировке, показали, что резиновые смеси со смолой Пиропласт характеризуются достаточно хорошими технологическими свойствами [51]. Установлено, что вулканизаты с использованием смолы Пиропласт имеют более высокие значения по прочности связи металлокорда с резиной и по динамическим показателям.

В результате испытания серии нефтеполимерных смол, синтезированных путем термической и каталитической (в присутствии  $AlCl_3$ ) полимеризации различных фракций продуктов пиролиза, установлено, что резины с нефтеполимерными смолами на базе фракции 125–200°C, полученные термической и каталитической полимеризацией, по комплексу физико-механических характеристик приближаются к резинам с инден-кумароновой смолой. Смола СПП, получаемая инициированной полимеризацией сырья, для этих целей непригодна [52]. Эта неф-теполимерная смола в резиновых смесях может быть использована с целью замены петролатума [46]. Идентичность результатов испытаний нефтеполимерной смолы из фракции 125–200°C обусловила целесообразность выбора более простого процесса получения нефтеполимерной смолы (Пиропласта-2) путем термической полимеризации сырья. Физико-химические характеристики Пиропласта-2 – мягчителя шинных резин приведены в табл. 1. К Пиропласту-2 предъявляются более жесткие требования по сравнению с СИС по содержанию серы и золы. Температура размягчения Пиропласта-2 должна быть в интервале 80–95°C, так как при обработке резиновых смесей, проводимой при температурах до 105°C, Пиропласт-2 может быть равномерно распределен только в расплавленном состоянии. Пиропласт-2 с температурой размягчения ниже 80°C содержит повышенное количество летучих веществ, имеет более низкую температуру вспышки, хуже гранулируется и быстро слеживается.

Таблица 1

**Физико-химические характеристики  
Пиропласта-2**

Наименование показателя	Значение
Внешний вид	Гранулы желто-коричневого цвета
Температура размягчения, °C	85
Йодное число, г $I_2$ /100 г	35
Кислотность или щелочность	Нейтральная
Массовая доля, %:	
серы	0,05
золы	0,03
воды	Отсутствие
механических примесей	0,11

Изучение влияния содержания непредельных углеводородов в исходном сырье на качество Пиропласта-2 как мягчителя показало, что увеличение содержания дициклопентадиена (ДЦПД) приводит к повышению йодного числа и благоприятно сказывается на совместимости мягчителя с другими ингредиентами шинных резин. Повышение содержания в сополимере стирола выше 37% нецелесообразно, так как при этом ухудшаются прочностные свойства вулканизатов.

Улучшению пластичности резиновых смесей и прочностных свойств вулканизатов способствует увеличение содержания индена и особенно дициклопентадиена. Однако наилучшие прочностные характеристики вулканизатов были получены при использовании Пиропласта-2, содержащего 18% сополимеризованного  $\alpha$ -метилстирола [46].

По сравнению с инден-кумароновой смолой (ИКС) Пиропласт-2 оказывает лучшее воздействие на свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе синтетических каучуков СКМС-30-АРКМ-15, наирита и СКИ-3 с СКД. Пиропласт-2 может заменять как ИКС, так и СИС [46]. Свойства резиновых смесей, полученных с использованием нефтеполимерных смол, приведены в табл. 2 [9].

Установлено, что повышение когезионной прочности резиновых смесей на основе изопренового каучука при одновременном улучшении сопротивления подвулканизации может быть обеспечено применением в качестве мягчителя модифицированной карбоксилсодержащей смолы глутималь. Резиновые смеси на основе полиизопрена с повышенной когезионной прочностью могут быть использованы для изготовления высококачественных шин и резинотехнических изделий. Представляет интерес применение для этих целей модифицированной НПС, получаемой обработкой исходной смолы 65%-ной азотной кислотой [6].

Таблица 2

## Свойства резиновых смесей с нефтеполимерными смолами

Наименование показателя	Смола			
	Пиропласт-2	стирольно-инденювая	Пиропласт-2	стирольно-инденювая
Содержание смолы в резиновой смеси, мас. ч./100 мас. ч. каучука	1	1	10	10
Пластичность по Дефо, отн. ед.	740	760	620	710
Клейкость смеси, кН/м	2,5	1,5	3,2	2,3
Напряжение при 300%-ном удлинении, МПа	7,6	7,9	6,3	6,5
Сопrotивление разрыву, МПа: при 20°C	17,6	16,3	17,2	16,1
после теплового старения при 100°C в течение 72 ч	11,2	9,4	12,1	9,1
Относительное удлинение, %	558	530	620	557
Сопrotивление раздиру, кН/м	45,1	43,2	52,0	45,1
Выносливость при многократной деформации растяжения, усл. ед.	100	81	100	80

Был разработан способ модификации нефтеполимерной смолы на основе углеводородной фракции С<sub>9</sub> малеиновой кислотой, содержащейся в отходах производства фталевого ангидрида, вторичным полистиролом для последующего использования в композиционных составах различного назначения [53]. В качестве модифицирующих агентов были использованы малеиновая кислота (МК) и вторичный полистирол. Процесс модификации осуществляли при температуре 110, 150 и 190°C в течение 8 ч с периодическим отбором проб из реактора. Дозировка модифицирующего агента в исходной реакционной смеси составляла 2, 6 и 10% (мас.). Полученные нефтеполимерные смолы вводили в бутадиен-стирольный каучук СКС-30АРК на стадии его производства. На основе полученных образцов бутадиен-стирольного каучука готовили резиновые смеси по стандартной рецептуре, которые подвергли вулканизации. Испытания проводили по методикам, описанным в ГОСТ 15627-79 [54]. Экспериментальные результаты показали, что наиболее целесообразная дозировка нефтеполимерной смолы на каучук СКС-30АРК составляет 3–5% (мас.). Прочностные показатели в этом случае снижаются в меньшей степени, а устойчивость к тепловому старению выше, чем при содержании данного модификатора в каучуке 6,5% (мас.). Было установлено, что введение НПС и продуктов ее модификации агентами, содержащими малеиновую кислоту и полистирол, позволяет значительно повысить устойчивость получаемых резин к тепловому старению, действию многократных деформаций и увеличить твердость по Шору А. Было отмечено, что введение исходной нефтеполимерной смолы и НПС, совмещенной с полистиролом, в количестве 4% (мас.) не оказывает существен-

ного влияния на процесс вулканизации. При введении в бутадиен-стирольный каучук СКС-30АРК малеинизированной нефтеполимерной смолы увеличивается время для достижения оптимума вулканизации. Испытаниями резиновых смесей и вулканизаторов на основе бутадиен-стирольного каучука установлено, что по всем основным показателям экспериментальные образцы, содержащие исходную и модифицированную НПС, обладают лучшим комплексом свойств, чем образец с маслом ПН-6.

НПС в резиновых смесях могут использоваться как в качестве самостоятельных добавок, так и в комбинации с другими продуктами. В работе [55] описана композиция, которая представляет собой смесь битума и нефтеполимерной смолы. Соотношение компонентов, мас. %: битум – 30–70, нефтеполимерная смола – 70–30. В данном продукте наблюдается улучшение физико-механических свойств пластификатора путем модифицирования битума нефтеполимерными смолами и улучшение эксплуатационных свойств резиновых смесей, изготовленных на его основе. Эта композиция была опробована в резиновых смесях для изготовления каркаса, брекера легковых шин, грузовых и сельскохозяйственных шин и протектора высокоскоростных шин. Результаты лабораторных испытаний показали, что использование композиции на основе битума и нефтеполимерной смолы повышает когезионную прочность, клейкость, выносливость при динамической нагрузке, твердость, в сравнении с использованием нефтеполимерной смолы и битума по отдельности.

В патенте [56] описана смола для повышения клейкости резиновых смесей. В состав смолы входит канифоль, эвтектический расплав ε-капролактама с N-изопропил-N-фенил-п-фе-



нилендиамином, нефтеполимерная смола и защитный воск в определенных пропорциях. Данный продукт получают сплавлением канифоли, нефтеполимерной смолы и защитного воска с эвтектическим расплавом  $\epsilon$ -капролактама-N-изопропил-N'-фенил-n-фенилендиамином (массовое соотношение компонентов в эвтектическом расплаве 1:1).

Процесс получения смолы осуществляют следующим образом: в реактор с мешалкой при температуре теплоносителя  $90 \pm 5^\circ\text{C}$  загружают равномассовое количество  $\epsilon$ -капролактама с N-изопропил-N'-фенил-n-фенилендиамином для получения двойного эвтектического сплава (ДЭС). В двойной расплав добавляют канифоль в количестве, соответствующем ТЭС. После полученного гомогенного ТЭС загружают оставшуюся часть канифоли. Добиваются гомогенизации расплава, после чего последовательно небольшими порциями загружают нефтеполимерную смолу и защитный воск. Гомогенный расплав льют на ленточный транспортер, во время движения которого расплав превращается в твердый сплав и снимается с ленты транспортера в виде чешуек.

Экономически эффективным являются как производство нефтеполимерных смол, так и использование их в различных отраслях промышленности. В первом случае экономический эффект образуется за счет более квалифицированного использования жидких побочных продуктов пиролиза и получения дополнительной прибыли от реализации НПС. Во втором – за счет применения нефтеполимерных смол вместо других продуктов – растительных масел, канифоли и др. [5].

4. *Влияние отечественных нефтехимических смол на свойства резиновых смесей.* Ранее были проведены исследования [57] по определению возможности применения некоторых типов нефтеполимерных смол в составе резиновых смесей. В данный обзор включены результаты последних наших исследований по влиянию нефтеполимерных смол в сравнении с промышленным повысителем клейкости – стирол-инденовой смолой (СИС) – на пластические и конфекционные свойства обкладочных резиновых смесей на основе комбинации каучуков общего назначения: СКИ-3 для обрешивания текстильного корда каркаса и СКИ-3+НК для обрешивания металлокорда брекера. Ввиду разнородности применяемых армирующих материалов каркаса и брекера к обкладочным смесям предъявляются наиболее жесточенные требования по пластичности и конфекционной клейкости с целью формирования прочного адгезионного контакта в резинокордных и резинометаллокордных деталях

шин, что предопределило актуальность данной работы. Исследуемые добавки смол вводились в каркасную и брекерную резиновые смеси в равноценных с промышленным повысителем клейкости дозировках 1,0 и 2,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучука соответственно.

Нефтеполимерные смолы были получены из тяжелой пиролизной смолы с температурой кипения более  $200^\circ\text{C}$  методом термической радикальной полимеризации. Компонентный состав тяжелой пиролизной смолы и условия варьирования процесса синтеза и выделения НПС, обуславливающих физико-химические характеристики добавок, представлены в работе [58]. Характеристики вводимых НПС и промышленного повысителя клейкости СИС приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Характеристика исследуемых нефтеполимерных смол**

Наименование смолы	Температура размягчения, $^\circ\text{C}$	Йодное число, г $\text{I}_2/100$ г
СИС	93,0	27,4
НПС-5	86,8	39,6
НПС-6	92,5	28,4
НПС-7	92,9	33,7

Определение вязкости по Муни резиновых смесей проводилось на сдвиговом дисковом вискозиметре MV2000 при температуре  $100 \pm 0,5^\circ\text{C}$  в соответствии с ГОСТ Р 54552-2011 [59]. Показатели пластичности и эластического восстановления оценивались согласно ГОСТ 415-75 [60]. Сущность метода заключается в сжатии образца между двумя плоскопараллельными плитами под воздействием нагрузки при заданной температуре и измерении высоты образца до приложения нагрузки, под нагрузкой и после снятия нагрузки и «отдыха». Конфекционную клейкость сырых резиновых смесей определяли путем измерения условного напряжения, необходимого для разделения двух идентичных образцов, после предварительного контакта в течение определенного времени. Измерение условного напряжения проводилось с помощью прибора Tel-Tak для резиновых смесей непосредственно после их изготовления при времени контакта 5, 10, 15, 20, 25 и 30 с, а также после их хранения в течение 3, 5 и 7 сут [61].

Вязкость смесей и их эластическое восстановление определяются молекулярной массой каучука и ее распределением, типом и содержанием технического углерода и пластификатора. Ограничение верхнего предела вязкости обусловлено технологическими трудностями изготовления и переработки жестких смесей, ограничение нижнего предела – ухудшением

механических свойств резин. Вязкость обкладочных смесей, особенно каркасных для обрезаживания кордов с большой плотностью, должна быть сравнительно невысокой для обеспечения необходимой прессовки, отсутствия оголений и переплетения нитей корда, однако сильное снижение вязкости приводит к снижению их упруго-вязких свойств, что может являться причиной неравномерного растяжения каркаса при его формовании на стадии сборки и появлению местных локальных разрежений [62]. В табл. 4 приведены результаты определения показателя вязкости по Муни обкладочных резиновых смесей с исследуемыми добавками.

Таблица 4  
Вязкость по Муни обкладочных резиновых смесей

Резиновые смеси, содержащие смолу	Вязкость по Муни, усл. ед. Муни / Полимерная основа резиновой смеси	
	СКИ-3	СКИ-3+НК
СИС	64	66
НПС-5	65	70
НПС-6	65	71
НПС-7	66	71

На основании полученных результатов установлено, что замена промышленного повысителя клейкости смолы СИС на исследуемые нефтеполимерные смолы приводит к некоторому увеличению показателя вязкости по Муни обкладочных резиновых смесей. Так, для каркасных смесей, содержащих смолы НПС-5–НПС-7, увеличение показателя составляет 1,0–2,0 усл. ед. Муни по сравнению с образцом с СИС. Применение нефтеполимерных смол в бреккерных эластомерных композициях также приводит к получению резиновых смесей с большими показателями вязкости по Муни. В данном случае вязкость бреккерных смесей увеличивается на 6,1–7,6%. Характер изменения вязкости по Муни обкладочных эластомерных композиций при введении нефтеполимерных смол, вероятно, обусловлен в первую очередь химическим составом вводимых добавок, зависящим от условий их получения и выделения, что оказывает непосредственное влияние на термодинамическую совместимость НПС с эластомерной матрицей.

В то время как вязкость определяется как сопротивление пластической деформации, термином «пластичность» называют «легкость деформации» образца резиновой смеси. В некотором отношении «пластичность» и «вязкость» означают одно и то же свойство, но имеют противоположный смысл [61]. Однако вязкость характеризует сопротивление системы сдвиговым

нагрузкам, в то время как показатели пластичности и жесткости – сжимающим. Эластическая восстанавливаемость определяет усадку смесей и полуфабрикатов. Повышенная восстанавливаемость и, следовательно, усадка не позволяет получить обрезаженные корда высокого качества с точным калибром по площади [62].

Пластичность ( $P$ ) исследуемых резиновых смесей определялась при помощи пластометра, имеющего массу жесткой системы, сжимающей образец,  $5,00 \pm 0,01$  кг и температуру  $70 \pm 1^\circ\text{C}$ . Эластическое восстановление ( $R'$ ) рассчитывалось как разность высот образца после снятия нагрузки и отдыха в течение 3 мин (вне прибора при температуре  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) и под нагрузкой в пластометре (при температуре  $70 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Результаты испытаний резиновых смесей представлены в табл. 5.

Таблица 5  
Пластичность и эластическое восстановление обкладочных резиновых смесей

Резиновые смеси, содержащие смолу	Показатель / Полимерная основа резиновой смеси			
	СКИ-3		СКИ-3+НК	
	$P$	$R'$ , мм	$P$	$R'$ , мм
СИС	0,41	0,58	0,40	0,60
НПС-5	0,41	0,57	0,36	0,70
НПС-6	0,42	0,55	0,35	0,90
НПС-7	0,40	0,78	0,35	0,90

Замена смолы СИС на исследуемые нефтеполимерные смолы в резиновых смесях на основе синтетического изопренового каучука СКИ-3 для изготовления каркаса практически не оказывает влияния на показатели пластичности (изменение составляет не более 0,02). Данные отклонения находятся в пределах погрешности испытаний. Определено, что пластические свойства резиновых смесей, предназначенных для обрезаживания металлокордного бреккера, которые построены на основе комбинации натурального и синтетического изопренового каучука, наиболее чувствительны к замене промышленного повысителя клейкости на исследуемые нефтеполимерные смолы. Так, замена 1,0 мас. ч. смолы СИС на добавку НПС-5 приводит к уменьшению пластичности на 10,0%, а в случае использования добавок НПС-6–НПС-7 показатель снижается на 12,5%. Полученные результаты по определению пластичности обкладочных смесей в целом коррелируют с данными по определению показателя вязкости по Муни, полученными на сдвиговом вискозиметре.

Определено, что показатель эластического восстановления для каркасной резиновой смеси, содержащей смолы НПС-5, находится на

уровне образца сравнения (изменение  $R'$  не превышает 1,7%). В то же время для смеси с НПС-6 эластическое восстановление уменьшается на 5,2%. Наибольшее влияние на  $R'$  оказывает замена СИС на нефтеполимерную смолу НПС-7. В данном случае этот показатель увеличивается на 34,5% относительно образца сравнения. Выявлено, что применение нефтеполимерных смол в бреккерных смесях оказывает существенное влияние на показатель эластического восстановления. Так, введение НПС приводит к увеличению данного показателя на 16,7–50,0% по сравнению с образцом с СИС. Таким образом, введение некоторых нефтеполимерных смол в обкладочные резиновые смеси может способствовать большей усадке и меньшей стабильности размеров обрезиненного полотна при выходе из калибрующих зазоров, что может потребовать некоторой корректировки состава резиновых смесей и технологических параметров процесса каландрования.

Обкладочные резины должны обладать высоким уровнем конфекционной клейкости и ее стабильностью при хранении. Снижение клейкости резиновых смесей для обрезинивания корда при хранении наблюдается в основном за счет выцветания серы. При содержании серы менее 1,2–1,5 мас. ч. ее выцветание на поверхность смеси не происходит, так как она адсорбируется техническим углеродом. Такое критическое содержание серы зависит от дозировки и типа наполнителя [2]. Для оценки влияния различных повысителей клейкости на степень сохранения конфекционных свойств одним из этапов испытаний являлось определение клейкости резиновых смесей из образцов, изготовленных в день изготовления резиновой смеси, а также через 3, 5 и 7 сут после ее изготовления. С целью оценки влияния различных повысителей клейкости на скорость образования припо-

верхностного слоя, обогащенного молекулами полимера, испытания по определению клейкости, помимо прочего, проводились и при определенном времени контакта склеиваемых поверхностей (от 5 до 30 с с шагом в 5 с). Результаты испытаний по определению конфекционной клейкости резиновых смесей представлены в табл. 6.

Установлено, что с увеличением времени контакта от 5 до 30 с повышается прочность сцепления дублируемых образцов каркасных резиновых смесей, содержащих исследуемые смолы НПС. При этом наибольшее изменение показателя клейкости наблюдается для композиции с НПС-6. В данном случае показатель изменяется в пределах от 0,27 до 0,31 МПа. Для образца сравнения выявлено незначительное изменение данного показателя от времени контакта. Определено, что введение промышленного повысителя клейкости в бреккерные резиновые смеси приводит к увеличению их склеивающей способности, показатель варьируется от 0,52 до 0,56 МПа и более. Аналогичный характер изменения показателя клейкости резиновых смесей от времени контакта выявлен и в случае введения добавок НПС. Таким образом, установлено увеличение до 14,8% значений показателя клейкости каркасных эластомерных композиций, содержащих различные типы нефтеполимерных добавок, от времени контакта сдублированных поверхностей по сравнению с композициями с промышленным повысителем клейкости, в то время как изменение данного показателя для бреккерных смесей с НПС находится на уровне образца сравнения. Применение данных типов нефтеполимерных смол, вероятно, способствует установлению достаточно плотного молекулярного контакта дублируемых поверхностей и облегчает взаимодиффузию полимерных цепей на межфазной границе.

Таблица 6

## Клейкость обкладочных резиновых смесей

Резиновые смеси, содержащие смолу	Склеивающая способность, МПа									
	Вылежка перед изготовлением образца для проведения испытания, сут				Время контакта при испытании, с					
	–	3	5	7	5	10	15	20	25	30
Резиновая смесь на основе СКИ-3										
СИС	0,29	0,30	0,32	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29	0,27	0,29
НПС-5	0,30	0,32	0,32	0,29	0,27	0,28	0,27	0,29	0,29	0,30
НПС-6	0,31	0,32	0,32	0,30	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,31
НПС-7	0,29	0,31	0,32	0,31	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Резиновая смесь на основе СКИ-3+НК										
СИС	>0,56	0,50	0,47	0,44	0,52	0,55	>0,56	>0,56	>0,56	>0,56
НПС-5	>0,56	0,48	0,46	0,47	0,51	0,54	>0,56	>0,56	>0,56	>0,56
НПС-6	>0,56	0,52	0,50	0,50	0,52	0,55	0,55	>0,56	>0,56	>0,56
НПС-7	>0,56	0,51	0,49	0,44	>0,56	>0,56	>0,56	>0,56	>0,56	>0,56

**Заключение.** Анализ литературных источников показал, что использование нефтеполимерных смол является экономически эффективным в резиновой промышленности. Это объясняется, с одной стороны, широкой, доступной сырьевой базой и низкими затратами на их производство, что обуславливает невысокую стоимость нефтеполимерных смол, и, с другой стороны – возможностью использования нефтеполимерных смол в производстве резинотехнических изделий взамен применяющихся в настоящее время более дорогих повысителей клейкости. В связи с этим актуальной задачей является разработка рецептур резиновых смесей с применением нефтеполимерных смол, что позволит повысить качество, снизить стоимость и тем самым повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

На основании полученных результатов исследований установлено, что введение нефтеполимерных смол в каркасные резиновые смеси практически не оказывает влияние на их пла-

стоэластические характеристики. При этом данные смеси с добавками НПС характеризуются повышенными конфекционными характеристиками по сравнению с композициями, содержащими промышленный повыситель клейкости – смолу СИС, что позволит улучшить качество сборочных процессов. Использование нефтеполимерных смол для брекерных смесей приводит к некоторому (до 7,6%) увеличению их вязкостных характеристик, снижению до 12,5% пластичности смесей. Отмечен существенный рост (на 16,7–50,0%) значений показателя эластического восстановления брекерных смесей при введении НПС, что потребует регулирования технологических параметров проведения процесса каландрования. При этом по уровню сохранения конфекционной клейкости в зависимости от времени контакта дублируемых поверхностей и времени хранения брекерные смеси с нефтеполимерными смолами не уступают образцу сравнения.

### Литература

1. Шарипов Э. Н. Технология получения и применения малеинизированных полупродуктов синтеза изопрена для улучшения конфекционных свойств шинных резиновых смесей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2009. 18 с.
2. Пичугин А. М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин: науч. издание. М.: Машиностроение, 2008. 383 с.
3. Гришин Б. С. Материалы резиновой промышленности (информационно-аналитическая база данных): монография. В 2-х ч. Казань: КГТУ, 2010. Ч. 1. 506 с.
4. Алькорез 2975 – новая технологическая добавка для резиновых смесей / Н. А. Охотина [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 7. С. 104–109.
5. Царева Е. Е. Нефтеполимерные смолы в полимерной промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 7. С. 163–167.
6. Думский Ю. В. Нефтеполимерные смолы. М.: Химия, 1988. 168 с.
7. Справочник резинщика. Материалы резинового производства / П. И. Захарченко [и др.]. М.: Химия, 1971. 608 с.
8. Кирпичников П. А., Аверко-Антонович Л. А., Аверко-Антонович Ю. О. Химия и технология синтетического каучука. М.: Химия, 1970. 528 с.
9. Донцов А. А., Канаузова А. А., Литвинова Т. В. Каучук-олигомерные композиции в производстве резиновых изделий. М.: Химия, 1986. 216 с.
10. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов: учеб. пособие для вузов. М.: Эксим, 2000. 287 с.
11. Патент 509058 СССР, 5 С 08 К 5/17. Резиновая смесь на основе синтетических каучуков / В. М. Костюченко, Е. П. Панов, А. Г. Шварц, Н. А. Пружанская, Н. Я. Васильевых; заявка № 1809037/23-05, заявл. 10.07.72, опубл. 28.02.90.
12. Шварц А. Г., Динзбург Б. Н. Совмещение каучуков с пластиками и синтетическими смолами. М.: Химия, 1972. 224 с.
13. Шутилин Ю. Ф. Физикохимия полимеров: монография. Воронеж: Воронежская областная типография, 2012. 838 с.
14. McBain J. W., Hopkins D. G. On Adhesives and Adhesive Action // Journal of Physical Chemistry, 1925, vol. 29, no. 2, pp. 188–204.
15. McLaren A. D. Adhesion of high polymers to cellulose. Influence of structure, polarity, and tack temperature // Journal of Polymer Science, 1948. Vol. 3, no. 5. P. 652–662.
16. McLaren A. D. Adhesion and Adhesives // Soc. Chem. Ind. New York, J. Wiley a. Sons, 1954. 57 p.
17. Дебройн Н. Некоторые вопросы адгезии // Химия и технология полимеров. 1961. № 6. С. 126.
18. Адгезия, клеи, цементы, припои / под ред. Н. Дебройна, Р. Гувинка; пер. с англ. А. Л. Козловского. М.: Изд-во иностранной литературы, 1954. 600 с.

19. Дерягин Б. В., Кротова Н. А. Электрическая теория адгезии (прилипания) пленок к твердым поверхностям и ее экспериментальное обоснование // *Успехи физических наук*. 1948. Т. 36, № 3. С. 387–406.
20. Дерягин Б. В., Кротова Н. А. Адгезия: исследование в области прилипания и клеящего действия. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 256 с.
21. Воюцкий С. С. Аутогезия и адгезия высокополимеров. М.: Ростехиздат, 1960. 244 с.
22. Берлин А. А., Басин В. Е. Основы адгезии полимеров. М.: Химия, 1974. 392 с.
23. Бикерман Я. О. Новые представления о прочности адгезионных связей полимеров // *Успехи химии*. 1972. Т. 41. Вып. 8. С. 1431–1436.
24. *Progress in Adhesion and Adhesives* / Ed. by K. L. Mittal. Wiley – Scrivener Publishing. Vol. 3. 2018. 512 p.
25. Ву С. Полимерные смеси: в 2-х т. / под ред. Д. Пола, С. Ньюмена. М.: Мир, 1981. Т. 1, гл. 6. С. 282–332.
26. Awaja F. Autohesion of Polymers // *Polymer*. 2016. Vol. 97. P. 387–407.
27. Практикум по коллоидной химии и электронной микроскопии / под ред. С. С. Воюцкого, Р. М. Панина. М.: Химия, 1974. 224 с.
28. Кардашов Д. А. Синтетические клеи. М.: Химия, 1976. 504 с.
29. Воюцкий С. С., Марголина Ю. Л. Аутогезия (самослипание) высокомолекулярных веществ, об ее природе // *Успехи химии*. 1949. Т. 18, № 4. С. 449.
30. Voyutskiy S. S., Markin Yu. I., Gorchakova U. M., Gul V. E. How temperature dependence and activation energy affects the adhesion of polymers to metals // *Adhesive age*. 1965. Vol. 8, no. 11. P. 24.
31. Васенин Р. М. Давление прилипания в диффузионной теории адгезии полимеров // *Высокомолекулярные соединения*, 1961. Т. 3, № 5. С. 679–685.
32. Васенин Р. М. Работа расслаивания в диффузионной теории адгезии полимеров // *Адгезия полимеров: сб.* М.: Изд. АН СССР, 1963. С. 17–22.
33. Чалых А. Е. Диффузия в полимерных системах. М.: Химия, 1987. 312 с.
34. Чалых А. Е., Щербина А. А. Адгезия полимеров // *Клеи. Герметики. Технологии*. 2007. № 11. С. 2–15.
35. Щербина А. А., Чалых А. Е. Новое в диффузионной теории адгезии полимеров // *Структура и динамика молекулярных систем: сб. статей XXV Всероссийской конференции и 16-й Школы молодых ученых (25–29 июня 2018 г.)* / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина Российской академии наук; под ред. А. А. Щербины. М., 2018. Т. 25. С. 347–357.
36. Бойко Ю. М. Адгезионное взаимодействие между застеклованными аморфными полимерами: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 02.00.06. СПб., 2011. 33 с.
37. Ковачич Л. Склеивание металлов и пластмасс: пер. со словац. / под ред. А. С. Фрейдина. М.: Химия, 1985. 240 с.
38. Гумаров А. Х., Гарипов Р. М., Стоянов О. В. Модификация покрытий на основе хлорсульфированного полиэтилена нефтеполимерными смолами // *Вестник Казанского технологического университета*. 2011. № 9. С. 71–73.
39. Grant E. Petroleum resins. California: Menlo Park, 1978. 135 p.
40. Mildenberg R., Zander M., Collin G. Hydrocarbon Resins. Weinheim: Wiley-VCH, 1997. 178 p.
41. Benedek I. Pressure-Sensitive Formulation. Utrecht : VSP, 2000. 525 p.
42. *Ullmann's Polymers and Plastics* / Ed. B. Elvers. Weinheim: Wiley-VCH, 2016. Vol. 4. 1934 p.
43. Синтез, модификация и применение нефтеполимерных смол на основе мономерсодержащих пиролизных фракций / В. П. Лесняк [и др.] // *Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. трудов Минск: Изд-во БГУ, 2008. С. 204–245.*
44. Новый эффективный олигомерный мягчитель шинных резин / Ю. В. Думский [и др.] // *Каучук и резина*. 2013. № 5. С. 20–21.
45. Muehl J., Srica V., Jarm V., Kovac-Filipovic M. Characterization of petroleum resins by nuclear magnetic resonance spectrometry // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 1987. Vol. 26. P. 1284–1286.
46. Думский Ю. В., Но Б. И., Бутов Г. М. Химия и технология нефтеполимерных смол. М.: Химия, 1999. 312 с.
47. Дезактивация каталитической системы на основе хлорида алюминия в синтезе нефтеполимерных смол эпоксицированными растительными маслами / Д. Г. Милославский [и др.] // *Вестник Казанского технологического ун-та*. 2011. Т. 146, № 18. С. 254–259.
48. Kristalex™ hydrocarbon resins for use in deep freeze packaging applications / Eastman Chemical Company [Electronic resource]. URL: [http://www.eastman.com/Literature\\_Center/T/TT76.pdf](http://www.eastman.com/Literature_Center/T/TT76.pdf) (date of access: 11.03.2018).

49. Бобров А. П., Галкович А. А., Закирова Е. Ф. Применение углеводородной смолы «Политер» взамен стирольно-инденовой смолы в шинных резинах // Сырье и материалы для резиновой промышленности: тезисы докладов 7-й Российской научно-практической конференции резинщиков (15–19 мая 2000 г.); под ред. А. Г. Шумской. М., 2000. С. 237.

50. Васильевых Н. Я., Коссо Р. А. Нефтеполимерная смола Политер – новый термопластичный пластификатор резиновых смесей // Сырье и материалы для резиновой промышленности: тезисы докладов 7-й Российской научно-практической конференции резинщиков (15–19 мая 2000 г.); под ред. А. Г. Шумской. М., 2000. С. 237–239.

51. Влияние полимерных смол на свойства резин / О. Д. Семкина [и др.] // Сырье и материалы для резиновой промышленности: тезисы докладов 7-й Российской научно-практической конференции резинщиков (15–19 мая 2000 г.); под ред. А. Г. Шумской. М., 2000. С. 250–251.

52. Нефтеполимерные смолы / Ю. В. Думский [и др.]. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1983. 65 с.

53. Черная А. Н. Получение и свойства полимерных композиций, содержащих модифицированные нефтеполимерные смолы: автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.17.06. Воронеж, 2011. 20 с.

54. Каучуки синтетические бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРК и бутадиен-стирольный СКС-30АРК. Технические условия: ГОСТ 15627-79. Введ. 30.06.1980. М.: Изд-во стандартов, 2003. 16 с.

55. Композиция на основе битума и нефтеполимерной смолы для резиновых смесей: пат. 2418020 РФ, МПК С 08 L 95/00 / А. П. Савельчев, А. С. Яшин, Д. Р. Еникеев, С. С. Крохина, М. Ф. Ильязов; заявитель и патентообладатель ООО «ФОСФОРС». N 2009136104/04; заявл. 29.09.2009; опубл. 10.05.2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/241/2418020.html> (дата обращения 19.04.2018).

56. Смола для повышения клейкости резиновых смесей: пат. 2464291 РФ, МПК С09J11/06/ А. Ф. Пучков, И. Н. Воронин, Н. В. Титов, В. Ф. Каблов; заявитель и патентообладатель ООО «Эластохим». N 2011107722А; заявл. 09.10.2012; опубл. 20.10.2012 [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2464291C1/ru> (дата обращения 22.04.2018).

57. Исследования влияния нефтеполимерных смол на свойства ненаполненных эластомерных композиций / С. А. Перфильева [и др.] // Труды БГТУ. 2017. № 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. С. 92–98.

58. Получение нефтеполимерной смолы с заданными свойствами из тяжелой смолы пиролиза / А. И. Юсевич [и др.] // Труды БГТУ. 2017. № 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. С. 147–153.

59. Каучуки и резиновые смеси. Определение вязкости, релаксации напряжения и характеристик подвулканизации с использованием вискозиметра Муни: ГОСТ Р 54552-2011. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2013. 22 с.

60. Каучуки и резиновые смеси. Метод определения пластоэластических свойств на пластометре: ГОСТ 415-75. Взамен ГОСТ 415-53; введ. 01.01.1976. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 6 с.

61. Дик Дж. Технология резины: рецептуростроение и испытания / под ред. Дж. Дика; пер. с англ. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.

62. Большой справочник резинщика: в 2 ч. / под ред. С. В. Резниченко. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. Ч. 1. Каучуки и ингредиенты. 744 с.

## References

1. Sharipov E. N. *Tekhnologiya polucheniya i primeneniya maleinizirovannykh poluproduktov sinteza izoprena dlya uluchsheniya konfeksionnykh svoystv shinnykh rezinovykh smesey. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [The technology of obtaining and using maleicized semi-products of isoprene synthesis for improving the confection properties of tire rubber compounds: Abstract of thesis cand. of engineering sci.]. Kazan<sup>7</sup>, 2009. 18 p.

2. Pichugin A. M. *Materialovedcheskiye aspekty sozdaniya shinnykh rezin* [Material Science Aspects of Making Rubber Rubber]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2008. 383 p.

3. Grishin B. S. *Materialy rezinovoy promyshlennosti (informatsionno-analiticheskaya baza dannykh)* [Materials of the rubber industry (information-analytical database)]. Kazan<sup>7</sup>, KGTU Publ., 2010. 506 p.

4. Okhotina N. A., Vedyashkina D. A., Il'yazov M. F., Savel'chev A. P., Krokhina S. S., Mokhnatkina E. G., Mansurov R. I. Alcherez 2975 is a new technological additive for rubber compounds. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2011, no. 7, pp. 104–109 (In Russian).

5. Tsareva E. E. Petropolymer resins in the polymer industry. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2012, no. 7, pp. 163–167 (In Russian).

6. Dumskiy Yu. V. *Neftopolimernyye smoly* [Petropolymer resins]. Moscow, Khimiya Publ., 1988. 168 p.

7. Zakharchenko P. I., Yashunskaya F. I., Evstratov V. F., Orlovskiy P. N. *Spravochnik rezinshchika. Materialy rezinovogo proizvodstva* [Handbook of rubber. Rubber production materials.]. Moscow, Khimiya Publ., 1971. 608 p.
8. Kirpichnikov P. A., Averko-Antonovich L. A., Averko-Antonovich Yu. O. *Khimiya i tekhnologiya sinteticheskogo kauchuka* [Chemistry and technology of synthetic rubber]. Moscow, Khimiya Publ., 1970. 528 p.
9. Dontsov A. A., Kanauzova A. A., Litvinova T. V. *Kauchuk-oligomernyye kompozitsii v proizvodstve rezinovykh izdeliy* [Rubber-oligomeric compositions in the production of rubber products]. Moscow, Khimiya Publ., 1986. 216 p.
10. Kornev A. E., Bukanov A. M., Sheverdyayev O. N. *Tekhnologiya elastomernykh materialov* [Technology of elastomeric materials]. Moscow, Eksim Publ., 2000. 287 p.
11. Kostyuchenko V. M., Panov E. P., Shvarts A. G., Pruzhanskaya N. A., Vasil'yevykh N. Ya. *Rezinovaya smes' na osnove sinteticheskikh kauchukov* [Rubber compound based on synthetic rubbers]. Patent USSR, no. 509058, 1990.
12. Shvarts A. G., Dinzbarg B. N. *Sovmeshcheniye kauchukov s plastikami i sinteticheskimi smolami* [Combination of rubbers with plastics and synthetic resins]. Moscow, Khimiya Publ., 1972. 224 p.
13. Shutilin Yu. F. *Fizikokhimiya polimerov* [Physico-chemistry of polymers]. Voronezh, Voronezhskaya oblastnaya tipografiya Publ., 2012. 838 p.
14. McBain J. W., Hopkins D. G. On Adhesives and Adhesive Action. *Journal of Physical Chemistry*. 1925, vol. 29, no. 2, pp. 188–204.
15. McLaren A. D. Adhesion of high polymers to cellulose. Influence of structure, polarity, and tack temperature. *Journal of Polymer Science*. 1948, vol. 3, no. 5, pp. 652–662.
16. McLaren A. D. Adhesion and Adhesives. *Journal of Society of Chemical Industry*, New York: J. Wiley and Sons, 1954. P. 57.
17. Debroyn N. Some adhesion issues. *Khimiya i tekhnologiya polimerov* [Chemistry and Polymer Technology], 1961, no. 6. P. 126 (In Russian).
18. De Bruyne N. A., Houwink R. *Adhesion and Adhesives*. Eds. Houston-Amsterdam, Elsevier, 1951. 517 p. (Russ. ed.: Debroyna N. A., Guvinka R. *Adgeziya, klei, tsementy, pripoi*. Moscow, Izdatel'stvo Inostrannoy literatury Publ., 1954. 600 p.).
19. Deryagin B. V., Krotova N. A. Electric theory of adhesion (sticking) of films to solid surfaces and its experimental substantiation. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Advances in the physical sciences], 1948, vol. 36, no. 3, pp. 387–406 (In Russian).
20. Deryagin B. V., Krotova N. A. *Adgeziya: issledovaniye v oblasti prilipaniya i kleyashchego deystviya* [Adhesion: adhesion and adhesive research]. Moscow, AN SSSR Publ., 1949. 256 p.
21. Voyutskiy S. S. *Autogeziya i adgeziya vysokopolimerov* [Autohesion and adhesion of high polymers]. Moscow, Rostekhizdat Publ., 1960. 244 p.
22. Berlin A. A., Basin V. E. *Osnovy adgezii polimerov* [Basics of adhesion of polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1974. 392 p.
23. Bikerman Ya. O. New ideas about the strength of adhesion bonds of polymers. *Uspekhi khimii* [Advances in chemistry], 1972, vol. 41, no. 8, pp. 1431–1436 (In Russian).
24. Progress in Adhesion and Adhesives. Ed. by K. L. Mittal, Wiley – Scrivener Publishing, vol. 3, 2018. 512 p.
25. Vu S. *Polimernyye smesi* [Polymer blends]. Pod red. Pola D., N'yumena S. Moscow, Mir Publ., 1981, vol. 1, part 6, pp. 282–332.
26. Awaja F. Autohesion of Polymers. *Polymer*, 2016, no. 97, pp. 387–407.
27. Voyutskiy S. S., Panin R. M. *Praktikum po kolloidnoy khimii i elektronnoy mikroskopii* [Workshop on colloid chemistry and electron microscopy]. Moscow, Khimiya Publ., 1974. 224 p.
28. Kardashov D. A. *Sinteticheskiye klei* [Synthetic adhesives]. Moscow, Khimiya Publ., 1976. 504 p.
29. Voyutskiy S. S., Margolina Yu. L. Autohesion (self-adhesion) of high-molecular substances, about its nature. *Uspekhi khimii* [Advances in chemistry], 1949, vol. 18, no. 4. P. 449 (In Russian).
30. Voyutskii S. S., Markin Yu. I., Gorchakova U. M., Gul V. E. How temperature dependence and activation energy affects the adhesion of polymers to metals. *Adhesive age*. 1965, vol. 8, no. 11. P. 24.
31. Vasenin R. M. Adhesion pressure in the diffusion theory of adhesion of polymers. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya* [Macromolecular compounds], 1961, vol. 3, no. 5, pp. 679–685 (In Russian).
32. Vasenin R. M. The work of delamination in the diffusion theory of adhesion of polymers. *Adgeziya polimerov* [Adhesion of polymers]. Moscow, AN SSSR Publ., 1963. P. 17–22.
33. Chalykh A. E. *Diffuziya v polimernykh sistemakh* [Diffusion in polymer systems]. Moscow, Khimiya Publ., 1987. 312 p.

34. Chalykh A. E., Shcherbina A. A. Adhesion of polymers. *Klei. Germetiki. Tekhnologii* [Adhesives. Sealants. Technology], 2007, no. 11, pp. 2–15 (In Russian).
35. Shcherbina A. A., Chalykh A. E. New in the diffusion theory of adhesion of polymers. *Sb. statey XXV Vserossiyskoy konferentsii i 16-y Shkoly molodykh uchenykh* (“*Struktura i dinamika molekulyarnykh system*”) [Coll. articles of the XXV All-Russian Conference and the 16th School of Young Scientists (“Structure and dynamics of molecular systems”)]. Moscow, 2018, vol. 25, pp. 347–357 (In Russian).
36. Boyko Yu. M. *Adgezionnoye vzaimodeystviye mezhdu zasteklovannymi amorfnyimi polimerami. Avtoref. dis. ... dokt. fiz.-mat. nauk* [Adhesive interaction between vitrified amorphous polymers. Abstract of thesis Dr. phys. and math. sci.]. St. Petersburg, 2011. 33 p.
37. Kovačič L. *Lepenje kovov a plastov*. Praha, Alfa, 1980. 389 p. (Russ. ed.: Freydin A. S. *Skleivaniye metallov i plastmass*. Moscow, Khimiya Publ., 1985. 240 p.).
38. Gumarov A. Kh., Garipov R. M., Stoyanov O. V. Modification of coatings based on chlorosulfonated polyethylene with petroleum resin resins. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2011, no. 9, pp. 71–73 (In Russian).
39. Grant E. *Petroleum resins*. California, Menlo Park, 1978. 135 p.
40. Mildenberg R., Zander M., Collin G. *Hydrocarbon Resins*. Weinheim, Wiley-VCH, 1997. 178 p.
41. Benedek I. *Pressure-Sensitive Formulation*. Utrecht, VSP, 2000. 525 p.
42. Ullmann's *Polymers and Plastics*. Ed. B. Elvers. Weinheim, Wiley-VCH, 2016, vol. 4. 1934 p.
43. Lesnyak V. P., Gaponik L. V., Shiman D. I., Kostyuk S. V., Kaputsky F. N. *Sintez, modifikatsiya i primeneniye neftepolimernykh smol na osnove monomersoderzhashchikh piroliznykh fraktsiy* [Synthesis, modification and application of petroleum-polymer resins based on monomer-containing pyrolysis fractions]. *Khimicheskiye problemy sozdaniya novykh materialov i tekhnologiy: sb. trudov* [Chemical problems of creating new materials and technologies: digest of articles]. Minsk, BGU Publ., 2008, pp. 204–245 (In Russian).
44. Dumskiy Yu. V., Butov G. M., Dumskiy S. Yu., Kostrubina E. V., Kuznetsova N. A., Cherednikova G. F. New effective oligomeric softener rubber tires. *Kauchuk i rezina* [Rubber and rubber], 2013, no. 5, pp. 20–21 (In Russian).
45. Muehl J., Srica V., Jarm V., Kovac-Filipovic M. Characterization of petroleum resins by nuclear magnetic resonance spectrometry. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 1987, vol. 26, pp. 1284–1286.
46. Dumskiy Yu. V., No B. I., Butov G. M. *Khimiya i tekhnologiya neftepolimernykh smol* [Chemistry and technology of petroleum polymer resins]. Moscow, Khimiya Publ., 1999. 312 p.
47. Miloslavskiy D. G., Akhmed'yanova R. A., Liakumovich A. G., Plaksin A. S., Portnaya A. Ts. Deactivation of the catalyst system based on aluminum chloride in the synthesis of petroleum-polymer resins with epoxidized vegetable oils. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2011, vol. 14, no. 18, pp. 254–259 (In Russian).
48. Kristalex™ hydrocarbon resins for use in deep freeze packaging applications. *Eastman Chemical Company*. Available at: [http://www.eastman.com/Literature\\_Center/T/TT76.pdf](http://www.eastman.com/Literature_Center/T/TT76.pdf) (accessed 11 March 2018).
49. Bobrov A. P., Galkovich A. A., Zakirova E. F. The use of hydrocarbon resin Polyter instead of styrene-indene resin in tire rubber. *Tezisy dokladov 7-y Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii rezinshchikov* (“*Syr'ye i materialy dlya rezinovoy promyshlennosti*”) [Abstracts of the 7th Russian Scientific and Practical Conference of Rubbers (“Raw materials and materials for the rubber industry”)]. Moscow, 2000. P. 237 (In Russian).
50. Vasil'evykh N. Ya., Kosso R. A. Oil Polymer Resin Polyter – a new thermoplastic plasticizer of rubber compounds. *Tezisy dokladov 7 Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii rezinshchikov* (“*Syr'ye i materialy dlya rezinovoy promyshlennosti*”) [Abstracts of the 7th Russian Scientific and Practical Conference of Rubbers (“Raw materials and materials for the rubber industry”)]. Moscow, 2000, pp. 237–239 (In Russian).
51. Semkina O. D., Krutskikh A. N., Makasova P. M., Dzhabrailova N. I., Shifrina I. G. Effect of polymer resins on the properties of rubbers. *Tezisy dokladov 7-y Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii rezinshchikov* (“*Syr'ye i materialy dlya rezinovoy promyshlennosti*”) [Abstracts of the 7th Russian Scientific and Practical Conference of Rubbers (“Raw materials and materials for the rubber industry”)]. Moscow, 2000, pp. 250–251 (In Russian).
52. Dumskiy Yu. V., Berents A. D., Kozodoy L. V., Mukhina T. N. *Neftepolimernyye smoly* [Petropolymer resins]. Moscow, TsNIITeneftkhim Publ., 1983. 65 p.
53. Chernaya A. N. *Poluchenkiye i svoystva polimernykh kompozitsiy, soderzhashchikh modifitsirovannyye neftepolimernyye smoly. Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk* [Preparation and Properties of Polymer Compositions Containing Modified Petroleum Polymer Resins. Abstract of thesis cand. of engineering sci.]. Voronezh, 2011. 20 p.
54. GOST 15627-79. Rubbers synthetic butadiene-methylstyrene SKMS-30ARK and butadiene-styrene SCS-30ARK. Technical specifications. Moscow, Izd-vo standartov Publ., 2003. 16 p. (In Russian).
55. Savel'chev A. P., Yashin A. S., Enikeev D. R., Krokhina S. S., Il'yazov M. F. *Kompozitsiya na osnove bituma i neftepolimernoy smoly dlya rezinovykh smesey* [Composition based on bitumen and petroleum resin for rubber compounds]. Patent RF, no. 2418020, 2011.



56. Puchkov A. F., Voronin I. N., Titov N. V., Kablov V. F. *Smola dlya povysheniya kleykosti rezinovykh smesey* [Resin for tackifying rubber compounds]. Patent RF, no. 2464291, 2012.

57. Perfil'yeva S. A., Shashok Zh. S., Uss E. P., Yusevich A. I., Trusov K. I. Investigations of the effect of petroleum-polymer resins on the properties of unfilled elastomeric compositions. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2017, no. 2: Chemical Technologies, Biotechnology, Geoecology, pp. 92–98 (In Russian).

58. Yusevich A. I., Trusov K. I., Shashok Zh. S., Uss E. P., Perfil'yeva S. A. Preparation of a petroleum polymer resin with predetermined properties from a heavy pyrolysis resin. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2017, no. 2: Chemical Technologies, Biotechnology, Geoecology, pp. 147–153 (In Russian).

59. GOST R 54552-2011. Rubbers and rubber compounds. Determination of viscosity, stress relaxation and scorch characteristics using a Mooney viscometer. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 22 p. (In Russian).

60. GOST 415-75. Rubbers and rubber compounds. Method for determination of plastoelastic properties on a plastometer. Moscow, Izd-vo standartov Publ., 2002. 6 p. (In Russian).

61. Dick J. S. Rubber Technology. Compounding and Testing for Performance. Munich, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. 567 p. (Russ. ed.: Dik Dzh. *Tekhnologiya reziny: retsepturostroyeniye i ispytaniya*. St. Petersburg, Nauchnyye osnovy i tekhnologii Publ., 2010. 620 p.).

62. Reznichenko S. V. *Bol'shoy spravochnik rezinshchika. Chast' 1. Kauchuki i ingredienty* [Big reference book of a rezinshchik. Part 1. Rubbers and ingredients]. Moscow, Tekhinform Publ., 2012. 744 p.

### Информация об авторах

**Шашок Жанна Станиславовна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: zhanna-shashok@mail.ru

**Перфильева Светлана Александровна** – начальник испытательного сектора. ОАО «Белшина» (213824, г. Бобруйск, ул. Минское шоссе, Республика Беларусь). E-mail: svetaperfileva12@gmail.com

**Прокопчук Николай Романович** – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nrprok@gmail.com

**Усс Елена Петровна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: uss@belstu.by

**Юсевич Андрей Иосифович** – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой нефтегазопереработки и нефтехимии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: usevich@mail.ru

**Трусов Кирилл Игоревич** – магистрант. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: trusov2269@gmail.com

### Information about the authors

**Shashok Zhanna Stanislavovna** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zhanna-shashok@mail.ru

**Perfileva Svetlana Aleksandrovna** – Head of the Testing Sector. JSC “Belshina” (Minskoye shosse str., 213824, Bobruysk, Republic of Belarus). E-mail: svetaperfileva12@gmail.com

**Prokopchuk Nikolai Romanovich** – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nrprok@gmail.com

**Uss Elena Petrovna** – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: uss@belstu.by

**Yusevich Andrey Iosifovich** – PhD (Chemistry), Associate Professor, Head of the Department of Oil and Gas Processing and Petroleum Chemistry. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: usevich@mail.ru

**Trusov Kiril Igorevich** – Master's degree student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: trusov2269@gmail.com

Поступила 04.04.2019