

УДК 678.046

К. В. Вишнеvский¹, Н. Р. Прокопчук¹, М. П. Бей², Н. В. Пучкова², А. П. Ювченко²¹Белорусский государственный технологический университет²Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ С АДДУКТАМИ КАНИФОЛИ
НА ПЕРЕРАБОТКУ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

В качестве добавок использовали канифольномалеиновый аддукт, модифицированный олеиновой кислотой, представляющий собой смесь малеопимаровой кислоты (~50%) и не вступивших в реакцию с малеиновым ангидридом смоляных кислот канифоли; канифольно-итаконовый аддукт, содержащий до 50% цитраконопимаровой кислоты в виде смеси двух изомеров; октилимид канифольноитаконового аддукта; имид канифольномалеинового аддукта и анилина, содержащий ~50% N-фенилимида малеопимаровой кислоты; имидоамид канифольномалеинового аддукта и анилина, содержащий N-фенилимида малеопимаровой кислоты; имидоамид канифольномалеинового аддукта и *n*-анизидина, содержащий N-(*n*-метоксифенил)имид *n*-метоксифениламида малеопимаровой кислоты. Рассмотрены вопросы их использования в качестве технологических добавок в резиновых смесях на основе синтетического изопренового каучука, а также его комбинации с синтетическим маслonaполненным бутадие-стирольным каучуком. Исследованы такие технологические свойства резиновых смесей, как вязкость по Муни, кинетические параметры процесса вулканизации и адгезионные характеристики резиновых смесей с азотсодержащими аддуктами канифоли, а также технические свойства (упругопрочностные характеристики, твердость, стойкость к воздействию повышенных температур) вулканизатов.

Ключевые слова: канифольномалеиновый аддукт, канифольноитаконовый аддукт, технологическая добавка, вязкость по Муни, кинетика вулканизации, адгезия, конфекционная клейкость.

K. V. Vishnevskii¹, N. R. Prokopchuk¹, M. P. Bei², N. V. Puchkova², A. P. Yuvchenko²¹Belarusian State Technological University²Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Science of Belarus**THE STUDY OF INFLUENCE OF NITROGEN CONTAINING ROSIN ADDUCTS
DERIVATIVES ON TECHNICAL PROPERTIES OF ELASTOMERIC COMPOUNDS**

The following substances were used as additives: maleated rosin modified with oleic acid, containing maleopimaric acid (~50%) which did not react with maleic anhydride rosin acids; rosin-itaconic acid adduct, containing up to ~50% of citraconopimaric acid as a mixture of two isomers; octylimide of rosin-itaconic acid adduct; imide of maleated rosin and aniline, containing up to ~50% of N-phenylimide of maleopimaric acid; imidoamide of maleated rosin and aniline, containing maleopimaric acid anilide N-phenylimide; imidoamide of maleated rosin and *p*-anisidine, containing maleopimaric acid *p*-methoxyphenylamide N-(*p*-methoxyphenyl)imide. Their uses as processing aids in rubber compounds based on synthetic isoprene rubber are considered. Processing parameters, such as Mooney viscosity, scorch resistance, kinetic characteristics of vulcanization of the rubber mixtures with nitrogen adducts of rosin are investigated.

Key words: rosin-maleic acid adduct, rosin-itaconic acid adduct, processing aid, Mooney viscosity, cure kinetics, adhesion, stickiness confection.

Введение. Канифоль в настоящее время находит широкое применение, ее используют около 70 отраслей промышленности: модифицирующие добавки в производстве полимерных композиционных материалов, целлюлозно-бумажная промышленность, производство синтетического каучука, в лакокрасочной и полиграфической промышленности и т. д.

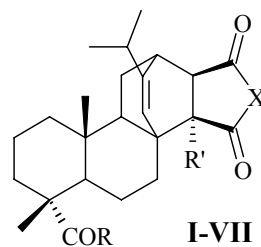
Однако для ряда потребителей совершенно неприемлемыми являются такие свойства ка-

нифоли, как сравнительно низкая температура размягчения, высокое кислотное число, недостаточная влагустойчивость, хрупкость, склонность к кристаллизации, способность легко окисляться кислородом воздуха и др. Поэтому канифоль у большинства потребителей используется в виде ее производных, таких как эфиры, амиды, резинаты (соли смоляных кислот канифоли) и др., которые в основном применяются в качестве модифицирующих добавок.

Из литературных источников известно, что из канифоли, особенно из различных модифицированных канифолей и из индивидуальных смоляных кислот, можно готовить весьма ценные продукты, например инсектициды, фунгициды, альгициды, флотореагенты и даже аналоги стероидов и другие физиологически активные вещества. В настоящее время многие зарубежные фирмы, такие как Hercules, DuPont, Hest, Hensel и др., получают более 500 видов производных канифоли и скипидара, которые широко используются в производстве биологически активных веществ, пластификаторов, адгезивов, стабилизаторов и др. Для повышения качества резин весьма перспективным является использование в резиновых смесях азотсодержащих производных диеновых аддуктов канифоли [1].

В связи со стабилизацией ассортимента каучуков и основных ингредиентов резиновых смесей для создания резин с новыми свойствами или повышенного качества весьма перспективным является введение в рецептуру специальных технологических добавок, улучшающих и стабилизирующих технологические свойства резиновых смесей, но не влияющих при этом на свойства резиновых изделий.

Основная часть. В процессе синтеза на основе канифольномалеинового и итаконового аддуктов был получен ряд азотсодержащих продуктов: канифольномалеиновый аддукт (ОКМА), модифицированный олеиновой кислотой, представляющий собой смесь малеопимаровой кислоты I ($\approx 50\%$) и не вступивших в реакцию с малеиновым ангидридом смоляных кислот канифоли (де-, дигидроабиетиновой, пимаровой, изопимаровой) [1, 2]; канифольноитаконовый аддукт (КИА), содержащий до 50% цитраконопимаровой кислоты II в виде смеси двух изомеров [3]; октилимид канифольномалеинового аддукта (ООКМА) (смесь N-октилимида малеопимаровой кислоты III ($\approx 50\%$) [4] и непрореагировавших смоляных кислот); октилимид канифольноитаконового аддукта (ОКИА) (смесь N-октилимида цитраконопимаровой кислоты IV ($\approx 50\%$) и непрореагировавших смоляных кислот); имид канифольномалеинового аддукта и анилина (АОКМА), содержащий $\approx 50\%$ N-фенилимида малеопимаровой кислоты V; имидоамид канифольномалеинового аддукта и анилина (АКМА), содержащий N-фенилимид анилида малеопимаровой кислоты VI; имидоамид канифольномалеинового аддукта и *n*-анизидина (АнКМА), содержащий N-(*n*-метоксифенил)-имид *n*-метоксифениламида малеопимаровой кислоты VII:



R' = H:

R = OH, X = O (I), N(CH₂)₇CH₃ (III), NC₆H₅ (V)

R = NHC₆H₅, X = NC₆H₅ (VI),

R = NH(4-C₆H₄OCH₃), X = N(4-C₆H₄OCH₃) (VII)

R' = CH₃: X = O (II), N(CH₂)₇CH₃ (IV)

Температуры размягчения синтезированных терпеноидных продуктов определяли на приборе OptiMelt Stanford Research Systems MPA 100, термические свойства изучали на дериватографе MOM Q-1500D в атмосфере азота с линейной скоростью подъема температуры 5°C/мин [5]. Кислотные числа определяли по ГОСТ 178231–72.

Получение аддуктов ООКМА, ОКИА, АОКМА, АКМА, АнКМА проводили в трехгорлой круглодонной колбе на 500 мл, аддуктов ОКМА, КИА, канифольномалеинового аддукта – на 2000 мл, снабженной мешалкой, термометром и насадкой Вюрца с обратным холодильником, с нагревом на масляной бане.

Модифицированный канифольномалеиновый аддукт (ОКМА) [2]. К расплаву 1000 г сосновой живичной канифоли в течение 1 ч добавляли 230 г малеинового ангидрида при 170°C, температуру реакционной смеси поднимали до 195°C и выдерживали при перемешивании в течение 5 ч. К смеси добавляли 125 г олеиновой кислоты, перемешивали 2 ч при 195°C. Получили 1350 г ОКМА, температура размягчения 100–110°C, кислотное число 262 мг КОН/г, содержание несвязанного малеинового ангидрида 0,49%, температура разложения начальная (T_{р.н}) 250°C.

Канифольноитаконовый аддукт (КИА) [3]. Смесь 800 г сосновой живичной канифоли, 320 г итаконовой кислоты нагревали в течение 1 ч до 200°C и выдерживали при этой температуре при перемешивании в течение 8 ч. В процессе нагревания смеси выделяется вода в результате дегидратации итаконовой кислоты. Получили 1072 г продукта, температура размягчения 102–112°C и кислотное число 268 мг КОН/г, T_{р.н} = 230°C.

Октилимид модифицированного канифольномалеинового аддукта и октиламина (ООКМА). К расплаву 150 г ОКМА в течение 1 ч прикапывали 48 мл *n*-октиламина при 140°C, температуру реакционной смеси поднимали до 190°C

и выдерживали при перемешивании в течение 6 ч. Получили 175 г ООКМА, температура размягчения 35–45°C, кислотное число 115 мг КОН/г, $T_{p,n} = 267^\circ\text{C}$.

Октилимид канифольноитаконного аддукта (ОКИА). К расплаву 150 г КИА в течение 1 прикапывали 45 мл *n*-октиламина при 120°C, далее реакционную смесь выдерживали при перемешивании при 180°C в течение 4 ч, при 200°C – 4 ч. Получили 180 г ОКИА, температура размягчения 62–72°C, кислотное число 128 мг КОН/г, $T_{p,n} = 262^\circ\text{C}$.

Имид модифицированного канифольномалеинового аддукта и анилина (АОКМА). К расплаву 100 г ОКМА в течение 3 ч прикапывали 14 мл анилина. В процессе добавления анилина температуру реакционной смеси постепенно поднимали от 150 до 190°C, следя за тем, чтобы реакционная смесь сильно не вспенивалась и не затвердела. По окончании добавления анилина реакционную смесь перемешивали 5 ч при 200°C. Получили 109 г АОКМА, температура размягчения 110–120°C, кислотное число 145 мг КОН/г.

Имидамид канифольномалеинового аддукта и анилина (АКМА). Канифольномалеиновый аддукт получен взаимодействием сосновой живичной канифоли (1000 г) и малеинового ангидрида (200 г) в среде аргона при 180–200°C в течение 8 ч. К расплаву 100 г канифольномалеинового аддукта в течение 2 ч прикапывали 40 мл анилина. В процессе добавления анилина температуру реакционной смеси постепенно поднимали от 170 до 220°C, следя за тем, чтобы реакционная смесь сильно не вспенивалась и не затвердела. По окончании добавления анилина смесь выдерживали при перемешивании при 220°C в течение 6 ч. Получили 136 г АКМА, температура размягчения 128–135°C, кислотное число 80 мг КОН/г.

*Имидамид канифольномалеинового аддукта и *n*-анизидина (АнКМА).* К расплаву 100 г канифольномалеинового аддукта в течение 1 ч добавляли 52 г *n*-анизидина. В процессе добавления *n*-анизидина температуру реакционной смеси постепенно поднимали от 160 до 190°C, следя за тем, чтобы реакционная смесь сильно не вспенивалась и не затвердела. По окончании добавления *n*-анизидина смесь выдерживали при перемешивании при 200°C в течение 8 ч. Получили 145 г АнКМА, температура размягчения 120–125°C, кислотное число 58 мг КОН/г.

Поскольку производственные резиновые смеси содержат большое количество ингредиентов, которые могут влиять на взаимодействие вводимых добавок с полимерной основой, то на начальном этапе исследования добавки вводились в модельные резиновые смеси, которые не содержали наполнителей, пластификаторов [6].

На данном этапе проводились исследования по определению влияния азотсодержащих аддуктов канифоли на технологические свойства наполненных производственных смесей. В качестве добавок использовали продукты, которые показали свою эффективность на модельных резиновых смесях: ОКИА, АнКМА, АОКМА, АКМА. В качестве эластомерной матрицы использовали смеси на основе синтетического полиизопренового каучука (марки СКИ-3) и его комбинации с синтетическим маслонеполненным бутадиен-стирольным каучуком (марки СКМС-30 АРКМ-15).

Резиновая смесь должна обеспечивать резине заданные эксплуатационные свойства и при этом быть технологичной при переработке. Пластоэластические свойства резиновых смесей характеризуют их поведение при формовании заготовок перед вулканизацией. Они влияют на производительность технологического процесса и качество готовой продукции. При определении реологических свойств полимеров с использованием ротационной вискозиметрии образец материала подвергается сдвигу с постоянной скоростью в тонком кольцевом слое. В этих приборах сдвиговые деформации испытываемого материала, находящегося под давлением в закрытой цилиндрической камере (форме), вызываются вращением цилиндрического диска (ротора), помещенного в центре образца.

Самыми распространенными приборами этого типа, применяемыми в резиновой промышленности для испытания каучуков и резиновых смесей, являются вискозиметры Муни. Результаты испытаний выражают в единицах вязкости по Муни. За единицу вязкости Муни принят момент сопротивления сдвигу M , равный $0,083 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Скорость сдвига материала при этих условиях составляет около $1,5 \text{ с}^{-1}$. На плоскостях и боковых поверхностях цилиндрических полуформ и дисковой головке ротора нанесены насечки с целью устранения проскальзывания. Результаты испытаний на вискозиметре Муни представлены на рис. 1.

Результаты исследований показали, что в смеси на основе каучука СКИ-3 при введении испытываемых добавок происходило уменьшение вязкости по Муни по сравнению со смесью без азотсодержащих продуктов. Так, для смесей, содержащих добавки АОКМА, АКМА и ОКИА, показатель вязкости по Муни находился в пределах 39,4–41,0 усл. ед. Муни, значение показателя для смеси без добавок составляло 52,8 усл. ед. Муни.

В смеси на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СК(М)С-30 АРКМ-15 влияние добавок выражено в меньшей степени. Увеличение вязкости эластомерной композиции наблюдалось

только в случае введения добавки АОКМА (35,2 усл. ед. Муни по сравнению с 32,7 усл. ед. Муни у смеси, не содержащей добавок). Снижение вязкости на 18% наблюдалось лишь при использовании добавки АКМА. Эластомерные композиции с добавками ОКИА и АнКМА по своим вязкостным свойствам практически не отличались от образца без добавок (вязкость резиновых смесей находилась в пределах 31–32 усл. ед. Муни).

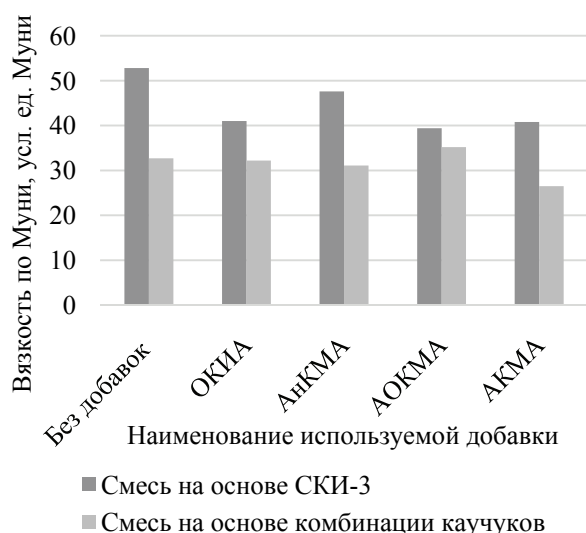


Рис. 1. Вязкость по Муни исследуемых эластомерных композиций

Таким образом, введение добавок способствует снижению вязкости и напряжений, возникающих при перемещении макромолекул, что может быть связано с их пластифицирующим действием. Увеличение вязкости при использовании имидоамида канифольномалеинового аддукта и анилина вызвано, по-видимому, физическими взаимодействиями между функциональными группами добавки и эластомерной матрицей или ее компонентами.

Следующим важным технологическим параметром является кинетика вулканизации резиновых смесей.

Вулканизация – это комплекс физико-химических процессов, протекающих в резиновой смеси, основным из которых является сшивание макромолекул каучука химическими связями различной энергии и природы в единую пространственную вулканизационную сетку. В процессе вулканизации уменьшается пластичность резиновых смесей и постепенно увеличивается эластичность вулканизата, улучшаются его физико-механические свойства, сильно возрастают прочность при растяжении, относительное удлинение, морозостойкость, теплостойкость, электрическое сопротивление.

Введение активных добавок может повлиять на процесс образования пространственной

сетки, что потребует изменения режима вулканизации изделий и параметров переработки эластомерных композиций, поэтому кинетика вулканизации резиновых смесей с азотсодержащими продуктами представляла значительный интерес. Результаты исследований на виброреометре ODR-2000 резиновых смесей представлены в таблице.

Кинетика вулканизации резиновых смесей с исследуемыми добавками на основе аддуктов канифоли

Тип вводимой добавки	Время необходимое для увеличения минимального крутящего момента на 2 ед., мин	Время достижения оптимальной степени вулканизации, мин	Скорость вулканизации, $дН \cdot м/мин$
Смесь на основе СКИ-3			
Без добавок	6,36	10,67	12,39
ОКИА	6,72	11,16	9,88
АнКМА	6,50	10,17	10,82
АОКМА	6,79	10,76	9,77
АКМА	6,46	11,36	11,04
Смесь на основе комбинации каучуков			
Без добавок	8,40	22,48	2,03
ОКИА	9,05	23,44	1,89
АнКМА	7,77	22,10	2,16
АОКМА	9,47	23,84	1,79
АКМА	9,16	23,16	1,95

Анализ данных показал, что введение добавок в смесь на основе каучука СКИ-3 уменьшает скорость процесса вулканизации по сравнению со смесью без добавок до 21% (наибольший эффект наблюдался у смесей, содержащих ОКИА и АОКМА). В то же время азотсодержащие производные аддуктов канифоли оказывают незначительное влияние как на время начала вулканизации, так и на время достижения оптимума вулканизации: значение показателя у резиновой смеси без добавок составило 10,67 мин, а значения показателя у смесей с добавками находятся в интервале от 10,17 мин (добавка АнКМА) до 11,36 мин (добавка АКМА).

Изменение времени достижения оптимальной степени вулканизации резиновых смесей на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СК(М)С-30 АРКМ-15 находилось в пределах 8%. Наибольшее увеличение показателя наблюдалось при введении добавок ОКИА и АОКМА. При этом изменение времени достижения оптимальной степени вулканизации связано с более ранним началом самого процесса вулканизации. Так, при введении указанных добавок на 5–10%

увеличивалось время, необходимое для увеличения минимального крутящего момента на 2 ед. (данный показатель свидетельствует о начале процесса сшивки, что и подтверждается увеличением крутящего момента). Кроме того, добавки ОКИА и АОКМА снижали и скорость вулканизации. Значение данного показателя у смесей с октилимидом канифольноитаканового аддукта и имидом канифольномалеинового аддукта и анилина составило соответственно 1,89 и 1,79 дН · м/мин, у смеси, не содержащей добавок, – 2,03 дН · м/мин.

Автомобильная шина является одной из основных деталей автомобиля и сложным композиционным изделием, технология изготовления которого сложнее и существенно отличается от производства других резинотехнических изделий. Покрышка имеет сложную конфигурацию и состоит из нескольких конструктивных элементов. Для обеспечения качественной сборки и безопасной работы все элементы (слои покрышки) должны обладать необходимыми аутогезионными свойствами.

Определение прочности связи между слоями при расслоении производилось согласно ГОСТ 6768–75. Для испытания использовались образцы в виде прямоугольного параллелепипеда шириной ($25 \pm 0,5$) мм, толщиной не более 12 мм и длиной, обеспечивавшей расслоение на участке не менее 100 мм.

Заготовленные образцы выдерживались не менее 24 ч при температуре (23 ± 2)°С, относительной влажности (50 ± 5)%. Силу расслаивания определяли по графической зависимости «нагрузка – время расслаивания» как среднее арифметическое десяти наименьших максимумов.

Прочность связи между слоями при расслоении (R) в ньютонах на метр вычисляли по формуле

$$R = \frac{P}{b},$$

где P – нагрузка при расслоении, Н;

b – ширина образца, м.

Аутогезия – сцепление между однородными материалами. Прочность связи между слоями при расслоении – сила, необходимая для расслоения многослойного образца при заданных условиях испытания, отнесенная к ширине образца.

Результаты проведенных испытаний на аутогезию (клеякость) исследуемых резиновых смесей представлены на рис. 2.

Анализ полученных результатов показал, что введение всех исследуемых добавок способствует повышению прочности связи между слоями.

В случае резиновой смеси на основе СКИ-3 видно, что при использовании добавок прочность связи между слоями при расслоении увеличивается. Так, по сравнению со значением у смеси без добавок, равным 100,30 Н/м, значения показателя колеблются от 120,75 Н/м (добавка ОКИА) до 242,94 Н/м (добавка АОКМА).

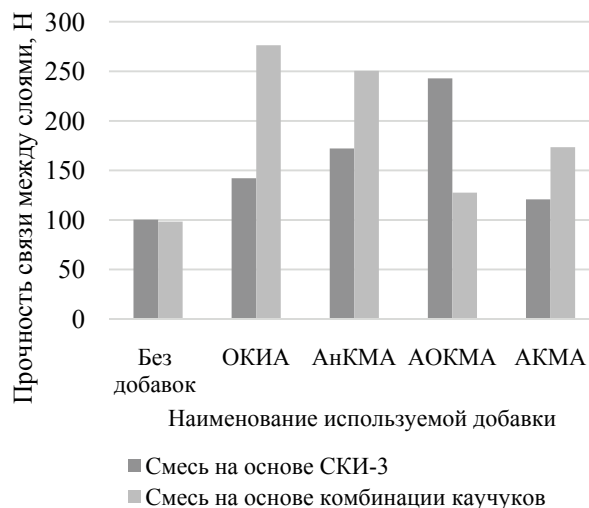


Рис. 2. Прочность связи между слоями при расслоении

При введении добавок в резиновую смесь на основе комбинации каучуков прочность связи между слоями при расслоении, как и в случае резиновой смеси на основе СКИ-3, увеличилась. Однако наибольшие значения прочности связи между слоями были отмечены у смесей, содержащих добавки ОКИА, АнКМА, и составили 250,44 и 276,27 Н/м соответственно (значение показателя у смеси без добавок – 98,37 Н/м)

Различный характер влияния добавок в резиновой смеси на основе СКИ-3 и резиновой смеси на основе комбинации каучуков, возможно, связаны с отличиями структуры вводимых добавок, а также с применением разных промоторов адгезии в составе смесей.

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что синтезированные азотсодержащие добавки на основе малеинового и итаканового аддуктов канифоли могут применяться в резиновых смесях на основе каучуков общего назначения в качестве технологических добавок. Применение полученных продуктов позволяет снизить вязкость перерабатываемых композиций, повысить их клеякость и стойкость к подвулканизации, при этом практически не оказывая влияния на кинетику вулканизации резиновых смесей.

Литература

1. Технология лесохимических производств / В. А. Выродов [и др.]. М.: Лесная промышленность, 1987. 123 с.
2. Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлических сплавов и способ ее получения: пат. №13218 Респ. Беларусь, МПК: C10M 173/02, C10M 177/00 / А. Ю. Ключев, В. Е. Агабеков, Е. В. Карпинчик, А. А. Петухов, Ю. Н. Жидков, Н. Р. Прокопчук, А. П. Ювченко, Тань Янь; заявитель ГНУ «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси». № а 20070631, заявл. 24.05.2007; опубл. 30.12.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр уласнасці. 2010. № 5. С. 7.
3. Способ получения цитраконопимаровой кислоты: пат. №13646 Респ. Беларусь, МПК: C07D 307/00, C07D 493/00 / М. П. Бей, А. П. Ювченко; заявитель ГНУ «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси». № а 20071579, заявл. 19.12.2007; опубл. 30.08.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр уласнасці. 2010. № 7. С. 27.
4. Бей М. П., Ювченко А. П. Синтез и свойства N-n-алкилимидов малеопимаровой кислоты // Журнал общей химии. 2010. Т. 80, № 2. С. 228–232.
5. Уэндландт У. Термические методы анализа. М.: Мир, 1978. 526 с.
6. Некоторые особенности свойств эластомерных композиций с азотсодержащими аддуктами канифоли / К. В. Вишневикий [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 2. С. 206–209.

References

1. Vyrodov V. A., Kislicyn A. N., Cluhareva M. I., Kiprianov A. I., Efimov L. M., Zhuravlev P. I. *Tehnologija lesohimicheskikh proizvodstv* [Technology of wood chemical industry]. Moscow: Lesnaja promyshlennost' Publ., 1987. 123 p.
2. Kljuev A. Ju., Agabekov V. E., Karpinchik E. V., Petuhov A. A., Zhidkov Ju. N., Prokopchuk N. R., Juvchenko A. P., Tan' Jan'. *Smazochno-ohladiatel'naja zhidkost' dlja mehanicheskoy obrabotki metallicheskikh splavov i sposob ee poluchenija* [Lubricating and cooling fluid for the machining of metal alloys and a process of preparing]. Patent BY, no. 13218, 2010.
3. Bej M. P., Juvchenko A. P. *Sposob poluchenija citrakonopimarovoj kisloty* [A method for producing citraconopimaric acid]. Patent BY, no. 13646, 2010.
4. Bej M. P., Juvchenko A. P. Synthesis and properties of N-n-alkylimids of maleopimaric acid. *Zhurnal obshhej himii* [Journal of general chemistry], 2010, vol. 80, no. 2, pp. 228–232 (In Russian).
5. Ujendlandt U. *Termicheskie metody analiza* [Thermal analysis methods], Moscow, Mir, 1978. 526 p.
6. Vishnevskij K. V., Prokopchuk N. R., Bej M. P., Puchkova N. V., Juvchenko A. P., Shkodich V. F. Some features of the properties of elastomeric compounds with nitrogen-containing rosin adducts. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2015, vol. 18, no. 2, pp. 206–209 (In Russian).

Информация об авторах

Вишневикий Константин Викторович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: vik@belstu.by

Прокопчук Николай Романович – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tnsippm@belstu.by

Бей Максим Петрович – научный сотрудник лаборатории лесохимических композиционных материалов. Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси (220141, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 36, Республика Беларусь). E-mail: aspirin55@yandex.ru

Пучкова Наталья Валерьевна – научный сотрудник лаборатории лесохимических композиционных материалов. Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси (220141, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 36, Республика Беларусь). E-mail: Puchkova@ichnm.basnet.by

Ювченко Анатолий Петрович – кандидат химических наук, руководитель лаборатории лесохимических композиционных материалов. Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси (220141, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 36, Республика Беларусь). E-mail: mixa@ichnm.basnet.by

Information about the authors

Vishnevski Konstantin Victorovich – PhD (Engineering), Senior Lecturer, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vik@belstu.by

Prokopchuk Nikolay Romanovich – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Professor, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tnsippm@belstu.by

Bei Maksim Petrovich – researcher, Laboratory of Wood Chemical Composites. Institute of Chemistry of New Materials of National Academy of Science of Belarus (36, F. Skoriny str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: aspirin55@yandex.ru

Puchkova Natalia Valer'evna – researcher, Laboratory of Wood Chemical Composites. Institute of Chemistry of New Materials of National Academy of Science of Belarus (36, F. Skoriny str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Puchkova@ichnm.basnet.by

Juvchenko Anatolij Petrovich – PhD (Chemistry), Head of Laboratory of Wood Chemical Composites. Institute of Chemistry of New Materials of National Academy of Science of Belarus (36, F. Skoriny str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mixa@ichnm.basnet.by.

Поступила 24.02.2016