

ляция, что существенно упрощает использование ППК на любых Win32 совместимых платформах и запуск с любых носителей, в том числе даже с наиболее распространенного флеш-накопителя.

Предлагаемый программный комплекс предназначен для студентов транспортных специальностей, выполняющих курсовые и дипломные проекты по АТ, а также специалистов, занимающихся проектированием и эксплуатацией АТ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маковский, Л.В. Вентиляция автодорожных тоннелей: учеб. пособие / Л.В. Маковский, Ю.В. Трофименко, Н.А. Евстигнеева; МАДИ (ГТУ). – М., 2009. – 148 с.

### ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ

Жданова С.В., Кузнецова И.С.,  
Сенибабнова М.А., Пугачева И.Н.,  
Филимонова О.Н., Никулин С.С.  
*Воронежская государственная  
технологическая академия  
Воронеж, Россия*

Сохранение окружающей среды является одной из важнейших проблем человечества. В технологии получения полимерных композиционных материалов различного назначения находят применение техногенные отходы различных химических и нефтехимических производств. Однако и до настоящего времени существуют отходы, которые не перерабатываются в промышленности и вывозятся в отвал, нанося непоправимый экологический ущерб.

Отходы и побочные продукты, образующиеся и накапливающиеся на предприятиях нефтехимического профиля, являются многочисленными и разнообразными. Решение проблемы переработки и использования этих отходов неразрывно связано с защитой окружающей среды от загрязнений, комплексным использованием сырья и материалов. Многочисленные отходы нефтехимических производств содержат большое число разнообразных реакционных соединений и могут служить ценным исходным сырьем как для органического, так и нефтехимического синтезов [1-3].

Одновременно с этим повышенный интерес проявляется к применению в композиционных составах различного назначения в качестве наполнителей волокон различного происхождения. Сырьевые источники для получения волок-

нистых наполнителей практически безграничны [4-6]. Поэтому перспективным направлением в этом плане можно считать то, которое позволит подойти комплексно к решению вопроса о совместном использовании низкомолекулярных сополимеров, и волокнистых отходов для получения полимерных композитов.

Перспективным направлением использования низкомолекулярных сополимеров из отходов и побочных продуктов нефтехимии является получение на их основе искусственных водных дисперсий, основанное на тонком механическом диспергировании раствора полимера в водной фазе, содержащей в качестве стабилизаторов поверхностно-активные вещества (ПАВ), с последующей отгонкой растворителя и вводом полученной дисперсии в латекс на завершающей стадии процесса выделения [7,8].

Для исследования получения воднополимерноантиоксидантной эмульсии (ВПАЭ) из отходов нефтехимии были выбраны следующие продукты: стиролсодержащий низкомолекулярный полимерный материал (НПМ) полученный на основе кубовых остатков ректификации толуола, НПМ, модифицированный малеиновым ангидридом (НПМ МА), НПМ подвергнутый высокотемпературной обработке гидропероксидом пинана (НПМ ГП) и масло ПН-6.

Стабильная эмульсия на основе НПМ; НПМ МА, НПМ ГП и масла ПН-6 была получена в присутствии эмульгаторов на установке оборудованной высокоскоростной мешалкой. Предварительные исследования показали, что применение для диспергирования в водной фазе масла ПН-6, и особенно НПМ без растворителя не привело к получению стабильной эмульсии. Это связано с тем, что данные продукты обладали повышенной вязкостью и при температуре  $20 \pm 2$  °С представляли собой твердые вещества или очень вязкие жидкости. При повышенных температурах (60 - 100 °С) они размягчались, вязкость их снижалась. Однако снижение вязкости было недостаточно, чтобы получить стабильную эмульсию. Для получения эмульсии обладающей повышенной стабильностью, в НПМ и масло ПН-6 вводили ~20 % растворителя - толуола. Диспергирование в водной фазе НПМ МА и НПМ ГП, не требует дополнительного применения углеводородного растворителя, так как получаемые олигомерные продукты, представляют собой маслообразные жидкости, обладающие достаточно высокой подвижностью включающие кислородсодержащие функциональные группы, повышающие их сродство к водной фазе. Это связано с тем, что в процессе модификации стиролсодержащего низкомолекулярного

полимерного материала малеиновым ангидридом и гидропероксидом пинана происходит частичная деструкция полимерных цепей, приводящая к снижению молекулярной массы и вязкости системы.

Для получения ВПАЭ использовали в качестве эмульгаторов водные растворы канифольного мыла и лейканола. Изучение влияния дозировки растворов канифольного мыла и лейканола, продолжительности перемешивания, на стабильность получаемой ВПАЭ осуществляли с помощью планирования эксперимента по плану латинского квадрата 4-го порядка [9]. В качестве целевой функций отклика была выбрана продолжительность до момента расслоения ВПАЭ, фактора А - дозировка раствора лейканола, мас. д., % (по сухому остатку), фактора В - дозировка раствора канифольного мыла, мас. д., % (по сухому остатку), фактора С - продолжительность перемешивания, ч.

Сначала готовился толуольный раствор, содержащий НПМ (масло ПН-6) и антиоксидант, с последующим приготовлением на его основе стабильной ВПАЭ. С этой целью в толуольный раствор НПМ (масло ПН-6) вводили расчетные количества антиоксидантов и перемешивали до однородного состояния. Далее в емкость для диспергирования загружали полученную смесь и вводили 50 г водной фазы, содержащей растворы канифольного мыла и лейканола. Гомогенизацию проводили при постоянном перемешивании в присутствии эмульгаторов в течение 2-8 часов при температуре 50-60 °С. Из полученной эмульсии под вакуумом отгоняли растворитель (где он присутствовал). Сухой остаток по данным гравиметрического анализа составлял 32-39 %.

По плану эксперимента было установлено, что наилучшими условиями получения стабильной ВПАЭ на основе НПМ, являются: дозировка раствора канифольного мыла - 5,5 мас. д., % (по сухому остатку), раствора лейканола - 0,5 мас. д., % (по сухому остатку), и времени перемешивания смеси 4 ч. Понижение дозировки раствора канифольного мыла до 5,0 % и менее приводит к снижению ее стабильности. Аналогично, с по-

мощью латинского квадрата 4-го порядка, были спланированы эксперименты для получения стабильной ВПАЭ на основе НПМ МА, НПМ ГП и масла ПН-6. Анализ полученных данных показал, что наилучшими условиями для получения стабильной ВПАЭ, на основе НПМ МА и НПМ ГП, являются: дозировка раствора лейканола 0,6 мас. д., % (по сухому остатку), раствора канифольного мыла - 5 мас. д., % и времени перемешивания смеси 3 ч. Следует отметить, что ВПАЭ полученная на основе НПМ МА, обладала лучшей устойчивостью к расслоению, чем на основе немодифицированного НПМ. Стабильная эмульсия на основе масла ПН-6 получалась при содержании в водной фазе лейканола 0,5 мас. д., % (по сухому остатку), канифольного мыла - 6 мас. д., % (по сухому остатку) и времени перемешивания смеси 5 ч.

Приготовленная ВПАЭ (на основе НПМ, НПМ МА, НПМ ГП, и масла ПН-6) смешивалась с каучуковым латексом СКС-30 АРК, и полученная смесь подвергалась коагуляции по общепринятой методике [10] с использованием в качестве коагулирующего агента 24 % мас. водного раствора хлорида натрия и подкисляющего агента 1,0-2,0 % мас. водного раствора серной кислоты. Коагуляцию проводили при температуре 60-65 °С. Образующийся коагулом отделяли от серума, промывали теплой водой и обезвоживали в сушильном шкафу при температуре 75-80 °С.

Содержание НПМ, НПМ МА, ПМ, подвергнутого высокотемпературной обработке ГП, и масла ПН-6 в каучуковой матрице выдерживалось - 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 % мас. на каучук, а антиоксидантов - согласно общепринятым требованиям. Полученные данные представлены в табл. 1.

Аналогичные данные были получены и при использовании ВПАЭ, на основе НПМ, НПМ ГП и масла ПН-6. Анализ экспериментальных данных показал, что дополнительное использование ВПАЭ, положительно отражается на процессе выделения каучука из латекса и приводит к увеличению выхода образующегося коагулюма.

Таблица 1

Влияние ВПАЭ (на основе НПМ МА) и расхода хлорида натрия на массу образующегося коагулюма

Расход хлорида натрия, кг/т каучука	Дозировка ВПАЭ, % мас. на каучук				
	0	2	4	6	8
25	15,8	18,8	19,2	20,2	21,6
50	28,8	38,6	39,5	40,5	42,6
75	60,1	74,6	76,5	79,5	78,0
100	84,5	89,6	90,2	91,3	92,2
125	91,2	95,6	95,6	95,8	96,4
150	93,4	98,0	98,2	98,5	99,0

В дальнейшем на основе полученных образцов каучука СКС-30 АРК, содержащего ВПАЭ были приготовлены резиновые смеси и исследованы их физико-механические свойства. Резиновые смеси готовили согласно общепринятым требованиям с использованием ингредиентов стандартной резиновой смеси. Свойства резиновых смесей и вулканизатов представлены в табл. 2.

Аналогичные данные были получены и при использовании ВПАЭ, на основе НПМ, НПМ ГП и масла ПН-6. Полученные данные показывают, что наиболее целесообразная дозировка модифицированных олигомеров на каучук СКС-30 АРК составляет ~ 4,0 % мас. Именно при этой дозировке не наблюдается существенного снижения прочностных показателей, особенно в случае применения НПМ МА и НПМ ГП. Испытаниями резиновых смесей и вулканизатов на основе бутадиен-стирольного каучука установлено, что опыт-

ные образцы, содержащие НПМ, НПМ МА, НПМ ГП, обладают лучшим комплексом свойств, чем образец с маслом ПН-6. К положительным свойствам композиции следует отнести тенденцию нарастания устойчивости образцов вулканизатов к падению прочности при старении, что связано с лучшим распределением антиоксиданта в объеме каучука и повышением температуростойкости.

Повышение коэффициента термического старения, по-видимому, связано с появлением эффекта инкапсуляции антиоксиданта в областях микрогетерогенного сосредоточения модифицированного полимерного продукта. Это объясняется повышенной растворимостью аминных и фенольных антиоксидантов в низкомолекулярном и особенно в более полярном НПМ, за счет введения звеньев МА, по сравнению с матрицей высокомолекулярного и слабополярного бутадиен-стирольного каучука.

Таблица 2

Свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе каучука СКС-30 АРК, содержащего ВПАЭ (на основе НПМ МА)

Показатель	Дозировка ВПАЭ, % мас. на каучук				
	0	2	4	6	8
Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С) каучука	56,0	52,0	50,0	49,0	48,5
Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа	5,1	8,6	10,8	9,0	8,6
Условная прочность при растяжении, МПа	17,4	23,3	24,8	24,2	24,0
Относительное удлинение при разрыве, %	550	660	680	650	640
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	22	14	14	16	14
Эластичность по отскоку, %: при 20 °С	40	42	40	42	40
Твердость по Шору А	47	60	65	62	60
Сопrotивление раздиру, кН/м	60	58	60	66	60
Коэффициент теплового старения:					
- по прочности	0,55	0,66	0,69	0,70	0,64
- по относительному удлинению	0,25	0,38	0,36	0,38	0,34

В результате в массе каучука появляются центры запаса "депо" антиоксидантов постепенно высвобождающиеся при его миграции к поверхности образца. Таким образом, данный прием введения антиоксидантов повышает устойчивость резиновых изделий к термоокислительному старению и относится к перспективному направлению эффективного использования дорогостоящих противостарителей.

Введение 4 % мас. на каучук НПМ привело к увеличению прочности при растяжении вулканизатов по сравнению с маслом ПН-6, аналогично таким традиционно вводимым в резиновые смеси твердым мягчителям, как спецбитум, нефтеполимерные смолы. Введение 4 % мас. на каучук НПМ МА и НПМ ГП по прочностным показателям аналогично вве-

дению модифицирующих добавок в резиновые смеси повышающих смачивание поверхности технического углерода. Дополнительное введение вышеперечисленных добавок приводит к снижению вязкости резиновых смесей аналогично введению масла ПН-6.

Перед введением в резиновые смеси волокнистые материалы целесообразно подвергать обработке различными составами. Благодаря такой обработке увеличивается адгезия между эластомером и волокном, облегчается введение волокон в резиновые смеси и улучшается их распределение в среде эластомера. Положительные результаты по применению НПМ для получения ВПАЭ, а также имеющиеся литературные данные послужили основой проведения дальнейших исследований по усложнению ее

компонентного состава за счет дополнительного введения в её состав волокна полученного из отходов текстильных производств.

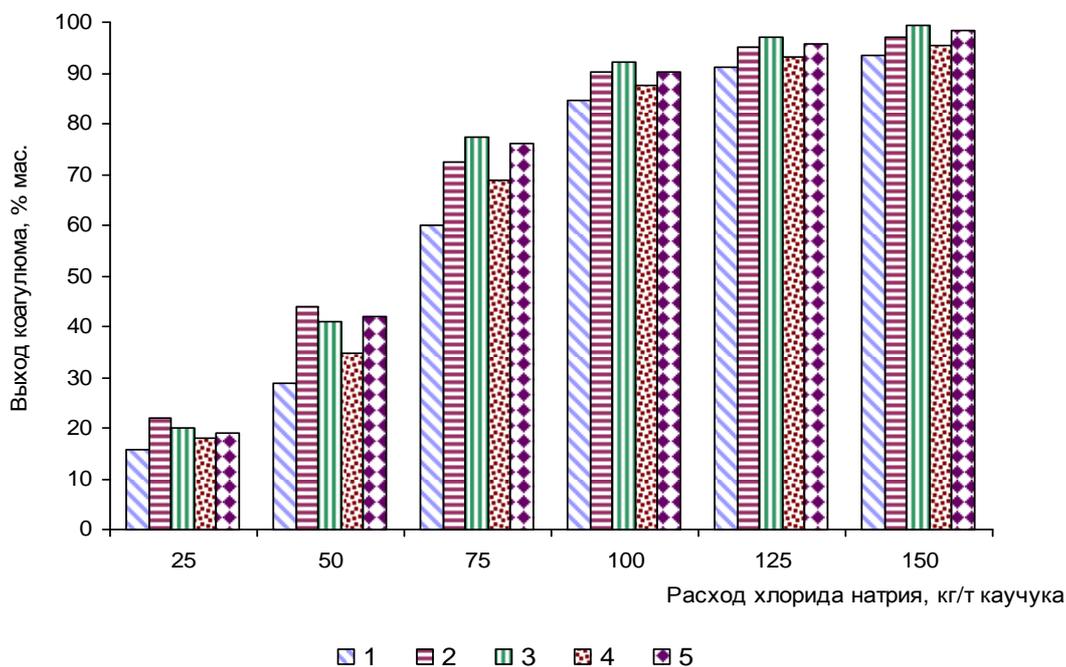
Для исследования получения водно-локнополимерноантиоксидантной дисперсии (ВВПАД) выбраны следующие продукты: НПМ, НПМ МА, НПМ ГП, и масло ПН-6. В качестве волокнистого наполнителя взяты хлопковое, вискозное и капроновое волокна. Изучение влияния дозировки растворов канифольного мыла и лейканола, природы волокнистого наполнителя и продолжительности перемешивания ВВПАД осуществляли с помощью планирования эксперимента по греко-латинскому квадрату 4-го порядка [9]. В качестве функции отклика была выбрана продолжительность до момента расслоения дисперсии, мин., фактора А – дозировка раствора лейканола, мас. д., % (по сухому остатку), фактора В – дозировка раствора канифольного мыла, мас. д., % (по сухому остатку), фактора С – продолжительность перемешивания, ч, фактора D – природа волокна.

По плану эксперимента наилучший вариант получения стабильной ВВПАД на основе НПМ МА и волокнистого наполнителя при дозировке раствора лейканола 0,5 мас. д., %

(по сухому остатку), раствора канифольного мыла – 5,5 мас. д., % (по сухому остатку) и времени перемешивания смеси 3 ч. Аналогичные данные были получены при использовании НПМ, НПМ ГП и масла ПН-6 для приготовления ВВПАД.

Приготовленная стабильная ВВПАД, на основе НПМ, НПМ МА, НПМ ГП и масла ПН-6, содержащая волокнистый наполнитель (хлопковое, вискозное и капроновое волокно), смешивалась с бутадиен-стирольным латексом СКС-30 АРК. Полученную смесь подвергали коагуляции по общепринятой методике (см. выше) [10]. Содержание НПМ, НПМ МА, НПМ ГП и масла ПН-6 в каучуковой матрице выдерживалось – 2, 4, 6, 8 % мас. на каучук, волокнистого наполнителя - 0,5 % мас. на каучук (длина волокна 2-5 мм), а антиоксидантов - согласно принятым требованиям.

Результаты исследования влияния ВВПАД и расхода хлорида натрия, на массу образующегося коагулюма в присутствии хлопкового волокна представлены на рисунке. Аналогичные данные были получены и при дозировках ВВПАД – 4, 6, 8 % мас. на каучук, и использовании вискозного и капронового волокна.



Влияние ВВПАД (2 % мас. на каучук) и расхода хлорида натрия на массу образующегося коагулюма

- 1 – стандартный образец (без наполнения ВВПАД); 2 – образец с ВВПАД, на основе НПМ;  
3 – образец с ВВПАД на основе НПМ МА; 4 – образец с ВВПАД на основе масла ПН-6;  
5 – образец с ВВПАД на основе НПМ ГП.

Отмечено, что во всех случаях при введении в латекс перед его коагуляцией ВВПАД наблюдается образование коагулюма с более высоким выходом, чем в стандартном образце. Это может быть связано, как с дополнительным присутствием в образующейся крошке каучука НППМ, НППМ МА, НППМ ГП, масла ПН-6 и волокнистых наполнителей, так и за счет уменьшения потерь коагулюма в виде мелкодисперсной крошки.

Визуальный осмотр образующегося коагулюма, его разрезом, а также анализ латексных пленок, полученных с включением волокнистого наполнителя, подтвердил предположение о том, что волокно распределяется равномерно в объеме латекса и полимерном композите. Наилучшее распределение волокнисто-

го наполнителя было отмечено в случае его совместного ввода с НППМ МА.

В дальнейшем на основе полученных образцов каучука СКС-30 АРК, содержащего волокносополимерный наполнитель были приготовлены резиновые смеси и исследованы их физико-механические свойства. Резиновые смеси готовили согласно общепринятым требованиям с использованием ингредиентов стандартной резиновой смеси. Свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе каучука СКС-30 АРК, содержащего волокносополимерный наполнитель на основе различных низкомолекулярных полимерных материалов представлены в табл. 3. Аналогичные данные получены и при содержании в каучуке волокносополимерного состава на основе НППМ, НППМ ГП и маслом ПН-6.

Таблица 3

Свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе каучука СКС-30 АРК, содержащего волокносополимерный наполнитель на основе НППМ, модифицированного МА

Показатель	Номер образца*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С) каучука	56,0	50,2	50,4	49,2	51,1	52,8	53,0	53,6	51,0	53,5
Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа	5,1	9,1	7,8	8,0	7,8	8,0	8,4	8,6	9,0	8,8
Условная прочность при растяжении, МПа	17,4	23,2	23,6	24,5	25,0	26,2	26,5	26,0	24,8	26,0
Относительное удлинение при разрыве, %	550	660	680	670	660	680	680	670	680	660
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	22	14	16	16	16	14	14	14	16	16
Эластичность по отскоку, %: при 20 °С при 100 °С	40	38	40	42	40	42	40	42	38	42
	50	56	56	58	56	60	58	56	56	60
Твердость по Шору А	47	64	60	66	70	70	68	66	70	68
Сопротивление раздиру, кН/м	60	65	70	68	70	74	80	76	72	80
Коэффициент теплового старения: по прочности по относительному удлинению	0,55	0,68	0,70	0,68	0,70	0,71	0,72	0,68	0,68	0,70
	0,25	0,40	0,40	0,38	0,40	0,42	0,38	0,40	0,42	0,42

\*Примечание. Содержание НППМ, модифицированного МА в каучуке рассчитывалось исходя из его количества во ВВПАД. 1 - контрольный без добавок; 2 - ВВПАД (2 % на каучук) + хлопковое волокно (0,5 %); 3 - ВВПАД (4 % на каучук) + хлопковое волокно (0,5 %); 4 - ВВПАД (6 % на каучук) + хлопковое волокно (0,5 %); 5 - ВВПАД (2 % на каучук) + капроновое волокно (0,5 %); 6 - ВВПАД (4 % на каучук) + капроновое волокно (0,5 %); 7 - ВВПАД (6 % на каучук) + капроновое волокно (0,5 %); 8 - ВВПАД (2 % на каучук) + вискозное волокно (0,5 %); 9 - ВВПАД (4 % на каучук) + вискозное волокно (0,5 %); 10 - ВВПАД (6 % на каучук) + вискозное волокно (0,5 %).

При введении волокнистого наполнителя совместно с НППМ МА и НППМ ГП, обладающие свойствами олигомерного ПАВ по сравнению с немодифицированным НППМ, отмечается хорошая совместимость полярного волокнистого наполнителя с неполярной полимерной матрицей каучука СКС-30 АРК в резиновых смесях. Введение волокнистого наполнителя, который в данном случае является армирующим материалом, позволяет значительно снизить такой недостаток как уменьшение прочностных по-

казателей и увеличивает твердость по Шору. К положительным свойствам композиций, содержащих волокнистый наполнитель, следует отнести увеличение температуростойкости, эластичности по отскоку для вулканизата, содержащего НППМ МА и повышение коэффициента термического старения.

Наибольшее распространение в резиновой промышленности находят вискозные волокна. Вискозные волокна, полученные из природной целлюлозы, характеризуются весьма

высоким начальным модулем, хорошими прочностными и усталостными свойствами, но вследствие значительного влагопоглощения они теряют прочность во влажном состоянии. Следовательно, если в процессе получения водно-вискознополимерноантиоксидантной дисперсии на первом этапе осуществить «замасливание» вискозного волокна для предотвращения его влагопоглощения, то можно в значительной степени сохранить его прочностные характеристики.

Анализ результатов показал, что введение в каучук СКС-30 АРК вискозного волокна и НПМ МА оказывает положительное влияние на прочностные показатели, твердость по Шору, а так же на коэффициент теплового старения. Следует отметить, что в случае использования в качестве волокнистого наполнителя капронового и хлопкового волокна, наилучшими показателями обладают образцы опытных резин, содержащие НПМ МА, по сравнению с НПМ, НПМ ГП и маслом ПН-6. Таким образом, модифицированные продукты могут быть использованы для получения стабильных ВПАЭ, как самостоятельно, так и в сочетании с антиоксидантами и волокнистыми наполнителями. При этом наилучшие результаты достигаются в случае применения НПМ МА.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) Определены с помощью планирования эксперимента (план латинского квадрата 4-го порядка) условия получения стабильной воднополимерноантиоксидантной эмульсии на основе НПМ, НПМ МА, НПМ ГП и масла ПН-6. Выявлены закономерности по влиянию ВПАЭ на процесс выделения каучука из латекса. Отмечено, что применение ВПАЭ в качестве наполнителя улучшает прочностные показатели получаемых вулканизатов;

2) Показана возможность получения стабильной водноволокнополимерноантиоксидантной дисперсии на основе олигомеров нефтехимии и отходов текстильного производства. Установлены с помощью планирования эксперимента (план греко-латинского квадрат 4-го порядка) условия получения стабильной водноволокнополимерноантиоксидантной дисперсии;

3) Исследовано влияние ВВПАД на процесс выделения каучука из латекса, установлено, что волоконсополимерный наполнитель улучшает свойства получаемых вулканизатов;

4) Использование низкомолекулярных полимерных материалов из отходов производства полибутадиена и волокнистых наполнителей в композиционных материалах позволяет не только утилизировать отходы нефтехимических и

текстильных производств, но и более рационально использовать сырье и материалы, а также уменьшению загрязнения окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никулин, С. С. и др. Отходы и побочные продукты нефтехимических производств - сырье для органического синтеза. М.: Химия, 1989. - 240 с.

2. Отходы и побочные продукты нефтехимических производств – сырье для органического синтеза / С.С. Никулин, В.С. Шеин, В.С. Злотский и др. - М.: Химия, 1989. - 240 с.

3. Перспектива использования кубовых остатков производства винилароматических мономеров: тем. обзор / С.С. Никулин, Т.Р. Бутенко, А.А. Рыльков, Р.Г. Фазлиахметов, С.М. Фурер. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. - 64 с.

4. Озерова Н.В. «Утилизация текстильных отходов. Экономика природопользования и природоохраны». Сб. мат. V Междунар. науч.-практ. конф. - Пенза, 2002. – С.210.

5. Соловьев Е.М., Несиоловская Т.Н., Кузнецова И.А. Получение волокнистых наполнителей резин и пути улучшения их свойств. - М.:ЦНИИТЭнефтехим, 1986. - 50 с.

6. Никулин С.С., Акатова И.Н., Щербань Г.Т. Волокнистые наполнители в резинотехнических композициях. - Воронеж: ВГЛТА, 2002. - 63 с.

7. Акатова И.Н., Филимонова О.Н., Никулин С.С., Корыстин С.И. // Производство и использование эластомеров, 2002. - № 1. - С. 10-14.

8. Черных О.Н., Акатова И.Н., Никулин С.С., Кондратьева Н.А., Седых В.А. // Химическая промышленность, 2005. - № 5. - т. 82. - С. 217-223.

9. Грачев Ю. П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. – М.: ДеЛи Принт, 2005. – 296 с.

10. Куренков В.Ф., Бударина Л.А., Заикин А.Е. Практикум по химии и физике высокомолекулярных соединений. – М.: КолосС, 2008. – 395 с.

#### ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Ильченко В.В.

*Тюменский государственный нефтегазовый  
университет  
Тюмень, Россия*

В процессе подготовки студентов химических специальностей предусмотрено изучение