

УДК 678.674.

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТОК И ПРИМЕНЕНИЯ В БЕЛАРУСИ

С.С. ПЕСЕЦКИЙ⁺, Н.К. МЫШКИН

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси, ул. Кирова, 32-а, 246050, Гомель, Беларусь.

Обобщена информация по современному состоянию разработок и производств полимерных композиционных материалов (ПКМ) в Беларуси. Показано, что модификация многотоннажных полимеров, их комбинирование с различными веществами и между собой является важнейшим и основным путем создания ПКМ для нужд различных отраслей промышленности. Определены важнейшие научные направления и технологии, развитие которых должно обеспечить повышение конкурентоспособности, а также доли выпуска экспорториентированной и импортозамещающей продукции на основе ПКМ.

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, технология полимерных композитов, применение полимерных композитов.

Введение

Несмотря на кризисные явления в мировой экономике производство полимерных материалов (ПМ) развивается ускоренными темпами. Если 10 лет тому назад мировой годовой объем производства ПМ составлял ≈ 250 млн. т, то настоящее время он превысил 300 млн. т [1]. В значительной степени это обеспечено за счет расширения марочного ассортимента и объемов выпуска ПМ упаковочного назначения на основе полиолефинов (ПО), объем производства которых составляет примерно 60 % от выпуска всех синтетических полимеров. Кроме того, постоянно расширяется ассортимент полимерных композиционных материалов (ПКМ), отдельные модификации которых создаются под конкретное применение. Поэтому марочный ассортимент ПКМ огромен. Современные технологии позволяют на основе одного базового (матричного) полимера создавать многие десятки и даже сотни марок ПКМ различного функционального назначения, имеющих широкий спектр потребительских свойств. Естественно, что внедрение новых ПКМ, технологий их получения и переработки происходит на основании достижений современной науки о полимерах, по праву относящейся к разряду фундаментальных и базирующейся на новейших достижениях химии и физики макромолекул, механики, теплофизики и реологии полимеров, моделирования процессов получения и переработки ПМ,

физико-химических исследованиях закономерностей формирования изделий из пластмасс, расчетов и конструирования специального и уникального оборудования для получения многообразных видов готовой полимерной продукции.

Основными валобразующими продуктами в обозримом будущем будут не впервые синтезируемые, а многотоннажные полимеры и разнообразные композиты на их основе. Вновь синтезированные полимеры будут использоваться преимущественно в качестве аддитивов для получения разнообразных ПКМ или применяться в относительно малых объемах в специальных целях (для медицины, спецтехники, микроэлектроники и т.п.). Важнейшими задачами на пути увеличения производства ПМ являются: расширение производственных мощностей, разработка и использование прогрессивных каталитических систем, освоение новых рынков за счет глобализации и кооперирования крупных компаний [2, 3].

Сегодня без продукции газонефтехимии невозможно дальнейшее развитие автомобилестроения, авиастроения, судостроения, приборостроения, космической техники, электроники, оргтехники, средств связи, транспорта, строительства, медицины, упаковки, сельского хозяйства, производства товаров культурно-бытового назначения. Объем продукции газонефтехимии многих

⁺ – Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: ottdel5mpri@tut.by

стран мира составляет десятки процентов от общемирового производства. Как ожидается, за период 2012–2030 годов спрос увеличится на полиэтилен – в 3 раза, на полипропилен – в 3,5 раза, на поливинилхлорид – в 2,1 раза, на полистирол – в 2,9 раза, на полиэтилентерефталат – в 1,8 раза [4].

В связи с дефицитом ПМ и необходимостью наращивания мощностей по синтезу много- и среднетоннажных полимеров во многих странах предусматривается при нефтепереработке развитие производственных мощностей этилена, являющегося базовым мономером для синтеза ряда высокомолекулярных соединений. В частности, в Китае пятилетка 2011–2015 гг. была объявлена пятилеткой этилена – «Великой эрой этилена» [4]. Этилен рассматривается как стратегический ресурс, без производства которого невозможно построить ни одной производственной газонефтехимической цепи. В 2015 г. производство этилена в КНР составило ≈30 млн. т. О наращивании мощностей пиролиза и выпуска этилена объявили США. К 2020 г. они вырастут на 10 млн. т. и составят 37 млн. т., что определяет дальнейшее развитие полимерной индустрии. На Ближнем Востоке к 2020 г. ожидаемый объем производства этилена составит 35 млн. т. При этом будет введено в строй около 80 газонефтехимических предприятий, в том числе по выпуску 43 млн. т. крупнотоннажных пластмасс. В России до 2030 г. планируется с 3,4 млн. т. (2012 г.) довести выпуск этилена до 22,3 млн. т. [4].

Замедление «Плана развития газо- и нефтехимии России на период до 2030 г.» или его осуществление не в полном объеме грозит этой стране на века остаться сырьевым придатком мировых экономик со слабо развитой собственной промышленностью [4].

Реализация прогнозируемых проектов по производству газонефтехимической продукции в США, Китае, на Ближнем Востоке, в России ужесточит конкуренцию на рынках и, видимо, создаст профицит базовых полимеров. Данный факт, несомненно, должен способствовать ускоренному развитию производств ПКМ многофункционального назначения.

Модификация известных полимеров и их комбинирование с различными веществами и между собой является важнейшим и основным путем создания новых ПКМ для нужд современного народного хозяйства. Данный факт является причиной бурного развития на современном этапе технологии ПКМ, без применения которых трудно представить перспективы развития научно-технического прогресса.

Современные полимерные композиты и их роль в развитии научно-технического прогресса

Общеизвестно, что уровень развития техники в значительной степени определяется наличием необходимых материалов. Недаром технический уровень развития цивилизации характеризуют видом материала, позволявшего создавать в свое время наиболее передовые орудия и средства производства.

В настоящее время в связи с быстрым развитием современной техники требуются все новые ПКМ со специальными свойствами, но при этом синтеза принципиально новых полимеров происходят относительно редко. Поэтому основной путь решения возникающих материаловедческих проблем – создание полимерных композитов.

В широком смысле ПКМ – материал, образованный объемным сочетанием двух или более химически разнородных компонентов, хотя бы один из которых является высокомолекулярным соединением. По своей структуре ПКМ могут состоять из одной или более непрерывных (дисперсионных) полимерных фаз, одной или более дисперсных фаз, в том числе полимерных, расположенных в дисперсионной среде. Основные виды ПКМ:

- композиты, содержащие полимер и любые твердые частицы или волокна, в том числе наночастицы;
- смеси разнородных полимеров;
- полимеры, содержащие жидкости в виде отдельных включений или молекулярно распределенных (растворимых) в полимерной матрице;
- полимеры, содержащие газообразные включения.

В качестве высокомолекулярных компонентов в ПКМ (чаще всего связующих, образующих дисперсионную среду) могут использоваться как терморезистивные, так и термопластичные полимеры. Для Беларуси, промышленность которой в больших объемах выпускает термопластичные полимеры, наибольший интерес представляют ПКМ, получаемые при использовании термопластичных компонентов.

На рис. 1 представлены важнейшие и наиболее перспективные типы ПКМ, которые пользуются спросом на рынке и активно разрабатываются и совершенствуются в ИММС НАН Беларуси и в других исследовательских лабораториях фирм и академических научных центров.

Сейчас и в обозримом будущем доминирующая роль будет принадлежать *волоконнаполненным* (и, прежде всего, *стеклонаполненным*) термопластам, огнестойким пластикам и материалам на базе смесей разнородных полимеров. Весьма интенсивно ведутся исследования и отработка технологии нанокompозитов, молекулярных композитов, динамических вулканизатов и многих других материалов специального назначения.

При получении стеклоармированных ПКМ наиболее пристальное внимание уделяется вопросам, связанным с физико-химическими явлениями на границе раздела поверхности волокна с многокомпонентными полимерными матрицами (на базе смесей разнородных полимеров), а также композитам, в которых стекловолокна (СВ) сочетаются с другими типами наполнителей, например, антипиренами, нанопополнителями. Аналогичные проблемы возникают также при использовании в качестве армирующих углеродных волокон (УВ).



Рисунок 1 – Важнейшие типы полимерных ПКМ технического назначения

Работы в области ПКМ, содержащих в качестве наполнителя СВ и УВ, весьма актуальны для Беларуси, поскольку данные волокна в промышленном масштабе производятся в ОАО «Полоцк-Стекловолокно» и «СветлогорскХимволокно».

При создании волокнонаполненных ПКМ следует учитывать, что сильное влияние на уровень показателей свойств оказывают геометрические параметры СВ (отношение длины к диаметру), степень воздействия тепловых и силовых факторов на полимерный расплав при компаундировании и переработке ПКМ, состав полимерной матрицы, степень термических макромолекулярных превращений при компаундировании и переработке и др. [5].

При создании и исследовании, видимо, второго по значимости и объемам производства типа ПКМ – *полимерных смесей* – ключевыми проблемами являются: разработка методологии предсказания совместимости; исследования межфазного взаимодействия; разработка и исследование методов компатибилизации смесей несовместимых полимеров; синтез компатибилизаторов; разработка конкурентоспособных и перспективных смесевых композитов, анализ их структуры и свойств. Из их числа центральными являются проблемы, связанные с компатибилизацией смесей, или, иначе говоря, преодолением негативных последствий несовместимости при смешении разнородных полимеров. Глав-

ным стратегическим направлением компатибилизации является введение в смесевую систему из двух несовместимых полимеров третьего компонента – компатибилизатора [6].

Важнейшее техническое преимущество, которым обладают смесевые композиционные материалы перед гомополимерами – существенно более высокая ударная вязкость. Синтез компатибилизаторов для смесей полимеров чаще всего осуществляется методом реакционной экструзии и заключается в прививке к макромолекулам полимеров или сополимеров олефинов или их смесям полярных мономеров (функционализации макромолекул) [6, 7]. Помимо физико-механических свойств, при смешении разнородных полимеров удается в широких пределах изменять вязкость, прочность и высокоэластичность их расплавов, что позволяет существенно расширить технологические возможности переработки.

Все более широкое распространение получают *самозатухающие (огнестойкие)* ПКМ. Постоянно возникают все новые проблемы, связанные с их созданием и описанием свойств, в связи с усложнением состава полимерных матриц, появлением новых наполнителей и их разнообразных сочетаний, новыми требованиями со стороны потребителей. Из трех важнейших путей получения самозатухающих полимеров: синтез малогорючих полимеров;

физико-химическая модификация макромолекул; применение замедлителей горения (применительно к конструкционным ПКМ на термопластичной матрице) наибольшее распространение получил метод, основанный на использовании замедлителей горения (антипиренов) [8]. При подборе антипиренов и создании огнестойких ПКМ руководствуются следующими посылами: ингибирование термоокислительных реакций в предпламенной зоне; насыщение летучих продуктов деструкции материала в предпламенной зоне негорючими продуктами разложения; обеспечение погасания пламени вследствие выброса в предпламенную зону твердых частиц кокса; изменение свойств материала на поверхности горения в сторону образования труднотгорючих продуктов.

Отдельно следует остановиться на работах, связанных с получением и исследованием свойств *полимерных нанокомпозитов*. В настоящее время активно исследуются и разрабатываются важнейшие типы полимерных нанокомпозитов: наноструктурированные полимерные системы, полимер/полимерные наносистемы, полимер-силикатные нанокомпозиты, композиты на основе углеродных наноматериалов, металлсодержащие нанокомпозиты, прочие нанокомпозиты (нелинейно оптически-активные нанокомпозиты типа полимер, содержащий добавки низкомолекулярных оптически активных веществ (хромофоров) и др.) [9]. Наибольший научный и практический интерес представляют полимер-силикатные, полимер-углеродные и металлсодержащие нанокомпозиты.

Важной спецификой современных ПКМ является то, что отдельные их модификации создаются под конкретное применение, что предопределяет их огромный ассортимент.

Потребление ПКМ в развитых странах (Западная Европа) по отраслям явно неравномерно [2]:

- упаковка 35–39 %;
- строительство 18–25 %;
- автомобилестроение 10–25 %;
- энергетика (электроника / электротехника) 7–12 %;
- мебельная промышленность и производство ТНП 4–15 %.

Очевидно, что развитие данных и некоторых других отраслей весьма важно для Беларуси.

Среди многочисленных типов ПКМ следует отметить *материалы специального назначения*, которые, несмотря на относительно небольшие объемы потребления, активно разрабатываются, исследуются и применяются в изделиях современной техники, отвечающих специфическим условиям их эксплуатации. К ним относятся, в частности, радиозащитные, радиопоглощающие, химстойкие, свето- и радиопрозрачные материалы, композиты для защиты от высокоскоростного инденторного воздействия (броневые материалы и конструкции) и для работы в тяжело нагруженных узлах трения, теплозащитные ПКМ, теплопроводные и антистатиче-

ские (не накапливающие статического электричества), а также токопроводящие ПКМ, составы с высокими барьерными характеристиками для пленочных упаковок и шинных резин, биологически-активные упаковочные композиты, легкие и суперпрочные материалы для авиакосмической техники.

ПКМ в настоящий период являются самым многочисленным и бурно развивающимся в развитых странах видом современных материалов. Эти материалы постоянно находятся в режиме обновления и совершенствования. Помимо улучшения свойств материалов постоянно ведутся работы по совершенствованию технологий производства изделий из них, а также технологий сборки и диагностике эксплуатационной надежности. Огромные средства, исчисляемые сотнями миллионов долларов, и усилия лучших исследовательских центров направлены на работы, связанные с технологией специальных ПКМ. И это не только потому, что результаты работ могут быть использованы во многих отраслях промышленности, а главным образом потому, что получаемые материалы обладают уникальными и прогнозируемыми свойствами, обеспечивая научно-технический прорыв, стратегическую и экономическую безопасность страны.

Состояние производства синтетических полимеров и полимерных композитов в Беларуси

Поскольку производство синтетических полимеров, а также таких важнейших наполнителей, как стекло- и углеволокна, концентрируется в основном (кроме отдельных видов лакокрасочных материалов древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит) на предприятиях концерна «Белнефтехим», то рассмотрим состояние и перспективы этих производств с учетом имеющейся в нашем распоряжении информации.

В настоящее время в Республике Беларусь на душу населения производится ≈ 50 кг/год ПМ, что выше среднемирового потребления (≈ 32 кг/год), существенно выше, чем в России (≈ 28 кг/год), однако более чем в 2 раза ниже среднеевропейского (≈ 110 кг/год) уровня.

Структура промышленности производства ПМ материалов Республики, а также мономеров и отдельных наполнителей приведена на рис. 2. На предприятиях других ведомств, в частности, входящих в концерн «Беллесбумпром» и выпускающих древесностружечные и древесноволокнистые плиты (г.г. Витебск, Ивацевичи, Мозырь, Мосты, Пинск, Речица) синтезируется для собственных нужд около 100 тыс. т/год карбамидо-формальдегидной и ≈ 1200 т/год меламина-формальдегидной смол. Кроме того, в Беларуси производится при использовании полимерных связующих примерно 80 тыс. тонн в год лакокрасочной продукции.

Охарактеризуем кратко состояние производств ПМ, отдельных наполнителей и отдельных аддитивов на предприятиях концерна «Белнефтехим» с учетом перспектив их развития до 2030 г. [10].

ОАО «Могилевхимволокно» является крупнейшим в Европе комплексом по выпуску полиэфиров и готовой продукции из них – главным образом волокон и нитей. Особенностью ОАО «Могилевхимволокно» является объединение в единый промышленный комплекс ряда производств, связанных технологическим циклом – от получения исходного сырья до выпуска конечной продукции.

Объединение выпускает широкий спектр продукции производственно-технического назначения, важнейшими видами которых являются: диметилтерефталат (ДМТ), полиэтилентерефталат (ПЭТ), волокна и жгуты полиэфирные, нити полиэфирные различного назначения, преформы из пищевого ПЭТ, полиэфирные композиционные материалы, полотна полиэфирные, товары народного потребления. Производственные мощности позволяют выпускать в год волокна полиэфирного – 143,0 тыс. т; нитей полиэфирных текстурированных – 15,3 тыс. т; нитей технических полиэфирных – 18,4 тыс. т; ДМТ – 250 тыс. т; ПЭТ – 180 тыс. т; нити текстильной вискозной – 9,2 тыс. т., полиэфирных композитов до 1,8 тыс. т. Кроме того, в последние годы запущены производства ленты полиэтилентерефталатной обвязочной, напорных пожарных рукавов, шнуров бытового назначения из ПЭТ.

В ближайшей перспективе в ОАО «Могилевхимволокно» планируется строительство установки

непрерывной поликонденсации ПЭТ с прямым формированием волокна и производством технических нитей. Это позволит сделать производство ПЭТ более энергосберегающим, перейти на одностадийную и экономичную технологию производства полиэфирных технических нитей. Общество располагает универсальной линией по производству полиэфирных композитов на базе двухшнекового экструдера ф. Berstorff (ФРГ). Мощность линии – до 1800 тонн/год. В настоящее время на этой линии производятся полиэфирные композиты на базе ПЭТ (8 марок) и ПБТ (6 марок) под торговым названием «БЕЛТЕР».

Поскольку собственное малотоннажное производство ПБТ в ОАО «Могилевхимволокно» прекращено, то выпуск композитов на основе ПКМ снижает рыночную конкурентоспособность ПКМ. В настоящий период линия по компаундированию работает не на полную свою мощность.

ОАО «СветлогорскХимволокно» осуществляет производство вискозных технических и текстильных нитей; вискозной кордной ткани; углеродных волокнистых материалов; термостойких волокон типа «Арселон»; ткани и нити термостойкой «Арселон»; полиэфирных технических нитей и тканей; полипропиленовых тканых материалов и нетканых материалов типа «Спанбонд», «Спанбел», натрийкарбоксиметилцеллюлозы, ТНП.

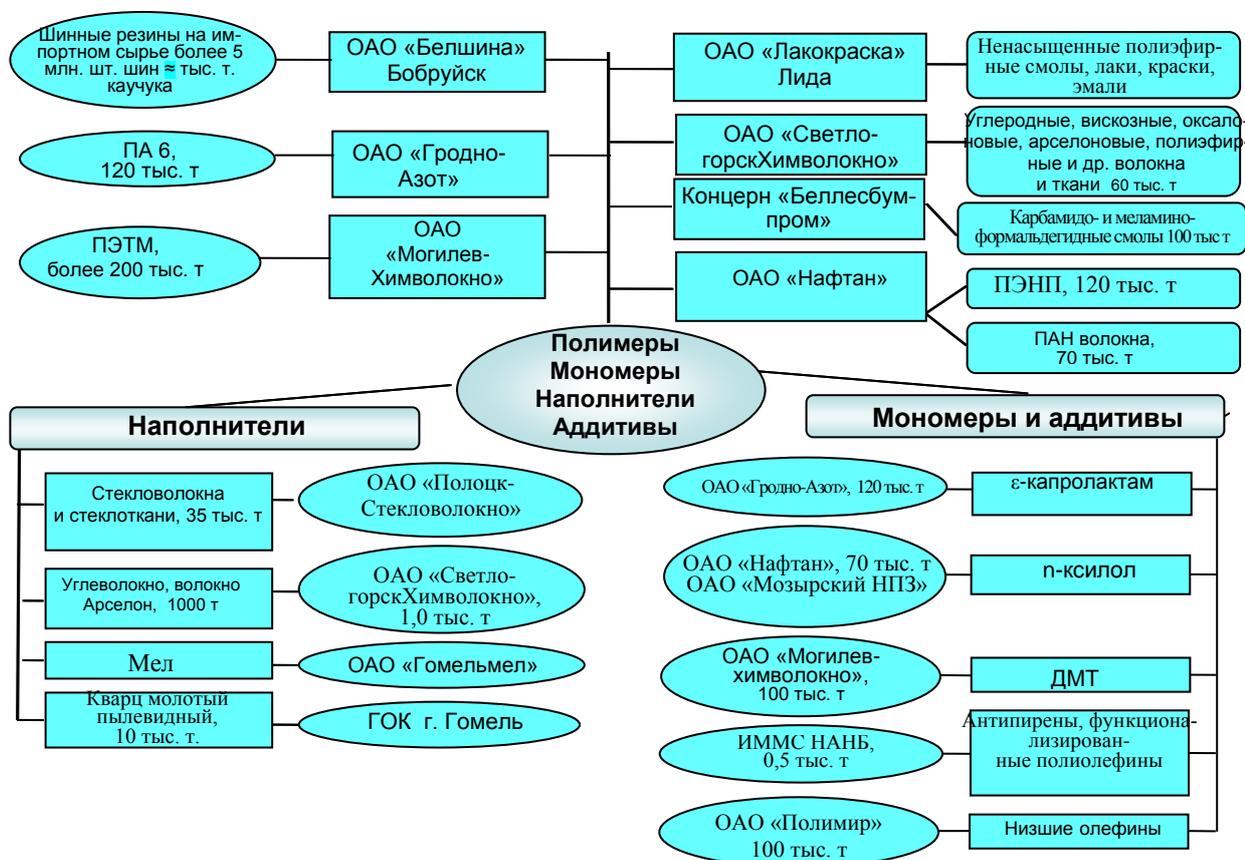


Рисунок 2 – Структура и производство основных видов полимерной продукции, мономеров и наполнителей в Беларуси

Производственные мощности позволяют выпускать за год: полиэфирных нитей текстурированных вискозных – более 2,5 тыс. т; нитей технических вискозных для кордной ткани – 5,0 тыс. т; кордной ткани – более 7500 тыс. м²; нитей полипропиленовых – более 2,0 тыс. т; спанбонда – около 3,0 тыс. т.; углеткани – до 1,0 тыс. т/год.

Согласно прогнозам перспективными направлениями являются организация на данном предприятии производства дублированного нетканого материала, реконструкция цеха хранения ЗПТН, производство бумажной навивочной и намоточной тары, расширение производств углеродных ПКМ. В настоящее время на данном предприятии производится ≈150–200 тонн в год углепластиков конструкционного назначения, используемых на предприятиях Беларуси и России.

Производственные мощности ОАО «Гродно Азот» позволяют выпускать более 100 тыс. т. продукции из полиамида 6 (ПА6) следующего ассортимента: кордная ткань для шинной промышленности, нить технического назначения, нить текстурированная коврового ассортимента, ковровые покрытия, шнуры, теплоизоляционные материалы, ПА6 в гранулах, полиамидные композиты (инженерные пластики), различные виды ТНП. В течение года Объединение может выпускать: нить жгуттовую полиамидную – более 15 тыс. т; нить техническую для технических изделий и корда – около 25,0 тыс. т; волокно полиамидное – 1,0 тыс. т; ПА 6 (гранулят) – до 50,0 тыс. т. Производство ПА композитов составляет ≈10,0 тыс.т, а имеющаяся потенциальная мощность по ПА композитам – 15,0 тыс. т.

В перспективе предприятием планируется с целью углубления переработки полиамида организовать производство полиамидной текстильной нити, модернизировать станцию полимеризации ф. «Циммер», что позволит производить гранулят ПА6 с добавкой TiO₂. Объем производства композитов планируется довести до 15 тыс. т в год.

Важным является тот факт, что в структуре ОАО «Гродно Азот» осуществляется производство мономера (ε-капролактама), мощность которого в среднесрочной перспективе планируется довести до 140 тыс. т в год и соответственно увеличить производство ПА6.

В ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» в настоящее время производится наибольший в Беларуси объем и ассортимент полиамидных ПКМ. К их числу относятся литевые ПКМ типа Гроднамид (3 базовые марки), стеклонаполненные материалы с содержанием стекловолокна (СВ) 30 % (5 марок), стеклонаполненные композиты с содержанием СВ от 10 до 60 % (10 марок), стеклонаполненные материалы с добавками лубриканта (5 базовых марок), высокопрочные стеклонаполненные материалы типа ПА6-ЛТ-СВ-30М, ПА6-ЛТ-СВ30-5М, ПА6-ЛТ-СВ30-8М с высокими значениями модуля упругости и стойкостью к действию знакопеременных нагрузок (3 базовые марки), минералонаполненные ПКМ (5 марок),

ПКМ с комбинированными наполнителями (комбинации коротких СВ и дисперсных минеральных наполнителей, в том числе стеклошариков, 2 марки), ударопрочные ПКМ типа Гроднамид ПА6-Л-У (3 марки), антифрикционные ПКМ (3 марки), в том числе на основе стеклонаполненного ПА6, трудновоспламеняемые и самозатухающие ПКМ типа ПА6С и ПА6-ТГ (5 марок, в том числе 2 марки на базе стеклонаполненного ПА6), экструзионные ПКМ типа ПА6-Э (2 марки); ПКМ на базе полиамида 66 (3 базовые марки). Таким образом, марочный ассортимент ПКМ, выпускаемых в ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» насчитывает более 40 марок. Такой ассортимент уже в настоящее время обеспечивает устойчивый сбыт полиамидных ПКМ в количестве ≈10 тыс. т в год на сумму более 20 млн. долл. США.

Кроме того, на данном предприятии выпускаются аддитивы, необходимые для получения ПКМ в виде полимерных концентратов (ПК), в том числе ПКС – полимерный концентрат стабилизатора, ПКС-И – концентрат, дополнительно содержащий органический стабилизатор, ПКМА – концентрат диоксида титана, используемый для получения матрированных нитей.

В области производства пластмасс в первичных формах и синтетических волокон на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан» в среднесрочной перспективе должны быть решены следующие основные задачи:

– ввод новых мощностей по производству олефинов;

– обеспечение целевыми продуктами (этилен, пропилен) надлежащего качества действующих производств, обеспечение загрузки производственных мощностей завода «Полимир»; строительство новой этилен-пропиленовой установки ЭП-200, кроме роста объемов производства целевых продуктов, позволит увеличить выпуск побочных продуктов пиролиза как базы дальнейшего развития завода (разделение пироконденсата гидростабилизированного, с возможностью организации производства полистирола; выделение дивинила, организация производства этил-трет-бутилового эфира/метил-трет-бутилового эфира; производство пропилен полимезационного качества создает предпосылки для организации производства полипропилена);

– увеличение объемов производства полиэтилена высокого давления и нитрила акриловой кислоты.

Перспективным направлением развития является организация производства ПАН-жгутика на основе полиакрилонитрильного волокна с дальнейшим производством на его основе углеродного ПАН-волокна.

На заводе в настоящее время выпускаются композиты для кабельной промышленности на основе ПЭНП термостабилизированные (2 марки), термостабилизированные с содержанием 2 % техуглерода (2 марки), экструзионная высокоскоростная композиция 158-281М и самозатухающая композиция 107-61К. На основе ПЭНП выпускаются также суперконцентраты пигментов типа СКПГ. Производятся также окисленный и неокисленный полиэтиленовые воски.

ОАО «Полоцк-Стекловолокно» специализируется на выпуске стекловолокна типов «Е», «S-2», «С», являющегося важнейшим наполнителем для ПКМ, и изделий на его основе: стеклонитей, стекло-ровингов, стеклотканей, стеклосеток, стеклохолстов. Производственные мощности рассчитаны на выпуск 35 тыс. т. в год непрерывного стекловолокна и изделий из него, в том числе стекло-ровинга и рубленого стекловолокна, используемых в качестве наполнителей для полимерных композитов.

В среднесрочной перспективе в ОАО «Полоцк-Стекловолокно» должны быть осуществлены:

- модернизация процессов стекловарения, выработки волокна и производства товарных нитей, ровингов и рубленого волокна, включая реконструкцию стекловаренных печей и строительство собственной энергоустановки;

- модернизация ткацкого производства, включая создание ориентированного на экспорт производства тонких электроизоляционных и конструкционных тканей, производства конструкционных стекломатов (CSM) – одного из перспективных материалов для армирования композитов, материалов специального назначения, комбинированных нетканых материалов, кремнеземных материалов (стеклоткани, обработанные противодымной пропиткой, с обработкой на основе силиконов и с нанесением оксида хрома (III), которые применяются в качестве высокотемпературной изоляции);

- наращивание объемов существующего производства стеклопластиковой арматуры строительного назначения;

- организация производства непрерывного базальтового волокна и продукции на его основе, гибких гидроизоляционных кровельных материалов, стеклохолста для рулонных кровельных материалов, стеклопластиковых труб, пленки полиэтиленовой низкого давления для кровельных материалов.

ОАО «Белшина» – предприятие, выпускающее ≈300 типоразмеров шин для легковых, грузовых и большегрузных автомобилей, автобусов, троллейбусов, подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин, тракторов и сельскохозяйственной техники. Мощность Общества ≈5 млн. шин в год. При этом объем перерабатываемых резиновых смесей составляет примерно 160 тыс. т.

Развитие ОАО «Белшина» на период до 2020 г. предполагает техническое перевооружение завода крупногабаритных шин, нацеленное на:

- увеличение ассортимента и объемов производства широкопрофильных сельскохозяйственных шин радиальной конструкции с низким удельным давлением на почву для самоходной энергонасыщенной техники отечественного и импортного производства;

- создание производства ЦМК шин радиальной конструкции с посадочным диаметром 57^м и 63^м;

- увеличение ассортимента и объемов производства сверхкрупногабаритных цельнометаллокордных шин радиальной конструкции для комплектации са-

мосвалов грузоподъемности 220-360 тонн производства ОАО «БелАЗ», а также для карьерной техники зарубежного производства («Komatsu», «Caterpillar» и др.) за счет освоения сверхкрупногабаритных шин 40.00R57, 46/90R57 и 59/80R63 дюймов.

ОАО «Лакокраска» (г. Лида) производит более 80 наименований лакокрасочных материалов для автомобилестроения, сельхозмашиностроения, судостроения, авиации, для окраски приборов, рулонного металла, защиты металлоконструкций, бетона, железобетона, электротехнической и мебельной промышленности. На предприятии выпускаются также фталевый ангидрид (мономер) и ненасыщенные полиэфирные смолы.

Развитие ОАО «Лакокраска» предполагает освоение новых видов импортозамещающих лакокрасочных материалов; техническое перевооружение производства фталевого ангидрида с увеличением мощности; выпуск новых видов продукции посредством организации производства *пластификаторов* мощностью 12 тыс. тонн и малеинового ангидрида мощностью 1,9 тыс. тонн.

Борисовский завод пластмассовых изделий (находится в составе концерна «Белресурсы») специализируется на производстве труб и фитингов (трубы из полипропилена для систем внутренней канализации; фитинги для внутренних канализационных систем из ПП; трубы для внутреннего горячего и холодного водоснабжения из ПП; фитинги для внутреннего горячего и холодного водоснабжения из ПП; трубы напорные из ПЭ 80 и ПЭ 100; соединительные детали из ПЭ 80 и ПЭ 100 к напорным трубам; трубы напорные из ПЭ 32; трубы из полиэтилена для подземных газораспределительных систем; фитинги из полиэтилена для подземных газораспределительных систем; трубы из вторичного полиэтилена; трубы-оболочки; трубы для систем отопления); изделий, получаемые методом ротационного формования (баки для душа, бочки, ящики для хранения плодовоовощной продукции, поддоны, контейнеры для отработанных элементов питания, контейнеры для сбора твердых бытовых отходов, блок дорожный); пленок (полиэтиленовые и модифицированные пленки для сельскохозяйственных работ, в том числе двух- и трехслойные пленки с шириной рукава до 3 метров и толщиной от 20 до 250 мкм; рукава для хранения плющеного зерна (с введением в эксплуатацию экструзионной линии Carnevalli Polaris COEX 3 PO ОАО «БЗПИ» полностью обеспечило потребность сельхозпредприятий Беларуси в полимерных рукавах для хранения плющеного зерна); пленок для мульчирования – двухслойная черно-белая полиэтиленовая пленка).

В ОАО «Могилевский ЗИВ» осуществляется производство химических волокон и нитей мощностью до 25 тыс. т., а также трехслойной полипропиленовой пленки и готовой продукции из нее – мешки и другие виды упаковки (≈3 тыс. т). Основные виды продукции – нить вискозная, пленка полипропиленовая двухосноориентированная, нити и

ткани полипропиленовые, пленка полиэтиленовая, иглопробивное полиэфирное или полиэфир-вискозное полотно.

Для обеспечения стабильного функционирования предприятий концерн вкладывает инвестиционные средства в их развитие. Однако в связи с ограниченностью ресурсов осуществляется их жесткая концентрация. Главная стратегическая линия состоит в опережающем росте нефтеперерабатывающей промышленности. При этом предполагается, что продукция данной отрасли, являясь основным сырьем для предприятий полимерной и других отраслей химии, обусловит стабильность и прирост объемов в них.

Несмотря на предпринимаемые меры, существует ряд объективных факторов, сдерживающих развитие и стабильное функционирование полимерной промышленности Республики.

К числу важнейших из них относятся:

- высокая степень износа оборудования на основных валообразующих предприятиях;
- ограниченность собственных сырьевых источников;
- высокая энергоемкость производства, обусловленная использованием устаревших технологий;
- нестабильное предложение на использование отечественных ПМ со стороны белорусских предприятий, потребляющих продукцию концерна (легкая, текстильная и местная промышленность, машиностроение, сельское хозяйство), обусловленные экспансией на белорусский рынок импортных товаров;
- обострение конкуренции в экспортной сфере и снижение конкурентоспособности отечественных ПМ, главным образом, из-за поставок в Россию и другие страны-импортеры более дешевых волокон и нитей из стран Азии.

Кроме того, сдерживающими факторами являются: высокие тарифы на перевозки, антидемпинговые барьеры, ограниченные потребности и неплатежи отечественных потребителей продукции, недогрузка имеющихся мощностей.

Немаловажным фактором является также то, что многие предприятия, перерабатывающие ПМ, сориентированы на выпуск продукции, производимой из импортных ПМ. Так, по данным статистической отчетности, импорт в Беларусь пластических масс и изделий из них до 2 раз превышает экспорт аналогичной продукции.

Сдерживающим фактором является также устаревшее оборудование по переработке ПМ, имеющееся на предприятиях Республики. Вследствие этого из-за низких технико-экономических параметров и потенциальной непригодности имеющегося и отсутствия необходимого современного оборудования выпуск многих видов конкурентоспособной продукции из отечественных ПМ является проблематичным.

Отсутствие собственного химического машиностроения и недостаток инвестиционных вложений не позволяют своевременно обновлять перерабаты-

вающее оборудование и своевременно внедрять инновационные разработки.

Серьезным сдерживающим фактором для развития производств современных и перспективных ПКМ является отсутствие на предприятиях концерна и в Республике в целом малотоннажных производств полимеров в первичных формах, которые могли бы использоваться в качестве связующих. К их числу, в частности, можно отнести полиэфирные термоэластопласты и ПБТ, различные сополиэфиры, полиамидо-полиэфиры.

Отдельные результаты научных исследований и технических разработок в области технологии полимерных композитов, выполненные в Беларуси

Современная наука о ПКМ базируется на новейших достижениях химии и физики макромолекул, реологии и смешения разнородных макромолекул и других компонентов в вязких полимерных расплавах, технологии переработки, расчетов и конструирования оборудования, изделий и технологической оснастки, механики материалов и изделий, прогнозирования поведения композитов и конструкций из них при воздействии эксплуатационных факторов.

Для подготовки кадров высшей квалификации в Беларуси, специализирующихся по полимерной тематике, созданы три докторских спецсовета по 6 специальностям: при ИММС НАНБ (специальности – материаловедение (машиностроение), физика конденсированного состояния), трение и износ; БГТУ (материаловедение (химическая промышленность), технология и переработка полимеров и композитов, технология и оборудование химической переработки биомассы дерева, химия древесины); ИФОХ НАНБ (высокомолекулярные соединения). С 3-го квартала 2015 г. в ИММС НАНБ издается специализированный международный журнал «Полимерные материалы и технологии». За последние 5 лет (до 2016 г.) по полимерной тематике защищено 43 кандидатских и 6 докторских диссертаций.

Научные исследования и технические разработки в области ПМ ведутся более, чем в 40 организациях с привлечением более 30 докторов наук. Научный уровень исследований достаточно высок. К числу важнейших научных достижений, вносящих основополагающий вклад в технологию ПКМ, полученных в ИММС НАН Беларуси и получивших международное признание, следует отнести:

- новые результаты в области молекулярной структуры, ее изменений при формовании ПКМ и переработке полимеров, релаксационным свойствам и механизмам разрушения ПМ и их смесей при внешних воздействиях;
- результаты исследований по химической технологии и физико-химии функционализированных полимеров и сополимеров олефинов;
- новые данные о межфазных взаимодействиях, процессах релаксации, реологических, механических и триботехнических свойствах новых типов

ПКМ инженерно-технического назначения: армированные композиты смеси и сплавы полимеров, огне-стойкие материалы;

– впервые полученная информация о технологии, особенностям структуры, физико-механическим реологическим, теплофизическим и другим свойствам полимерных нанокомпозитов;

– результаты фундаментальных исследований виброакустических характеристик ПКМ трения, фрикционно-износных характеристик базальтонаполненных фрикционных материалов, а также гибридно-наполненных композитов, включающих наночастицы;

– обнаруженный эффект аномально быстрого избирательного разложения в вакууме ПТФЭ под действием лазерного излучения, приводящий к образованию волокон, что положено в основу технологии фильтровальных материалов «Гриф»;

– новые данные о структуре и термомеханических, абляционных, адгезионных, триботехнических и др. свойствах фторсодержащих полимеров и углеродных материалов.

Следует отметить исследования ИФОХ НАНБ в области химии и технологии волокнистых ионообменных материалов (ионитных материалов) на основе полиакрилонитрильных, ПП и других волокон, селективно проницаемых полимерных ультра- и микрофильтрационных мембран, а также разработки специального технологического оборудования, обеспечивающего их практическое применение.

Значительный научный интерес представляют работы Института химии новых материалов НАНБ в области поляризационных пленок на основе поливинилового спирта и других полимеров с добавками органических красителей, а также пленок, допированных наночастицами серебра [11], отбеливателей, антипиренов и других аддитивов для ПКМ.

В БГТУ выполнен комплекс исследований по химической технологии стабилизированных ПМ, предложены технические решения, которые могут быть положены в основу технологии современных ПКМ, длительно работающих при повышенной температуре на воздухе; выполнена серия исследований по электроформованию нановолокон из растворов хитозана и других полимеров [12], научно обоснован выбор состава полимерных связующих и других ингредиентов для лакокрасочных материалов, применяемых в машиностроении.

В НИИ прикладных физических проблем БГУ выполнена серия глубоких научных исследований в области газонаполненных полиуретанов и нанокомпозитов, предназначенных для применения в современной технике.

В научно-исследовательском центре проблем ресурсосбережения ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. В.А. Лыкова НАНБ» выполнены исследования полимер/углеродных нанокомпозитов с комплексом ценных адгезионных, триботехнических и механических свойств. Предложены методы под-

готовки поверхности углеродных наноматериалов для ПКМ конструкционного назначения.

В НИИ ФХП БГУ к числу приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований относятся процессы полимеризации, структура и физико-химические свойства синтетических и природных полимеров, биополимеров, новые композиционные полимерные и металлополимерные материалы, модифицированные полимеры, эластомерные композиты, многокомпонентные аддитивы для современных и перспективных ПМ, клеи-расплавы, стабилизаторы ПКМ.

В УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины» на высоком научном уровне проводятся исследования многофункциональных композиционных покрытий, в том числе наноразмерных, получаемых при электронно-лучевом и лазерном диспергировании полимеров. Подобные материалы необходимы для развития электроники, оптики, в них нуждаются также такие отрасли как машино- и приборостроение, энергетика, медицина и др.

Фундаментальные исследования, направленные на научное обоснование отдельных типов ПКМ, проводятся в Белорусском государственном университете, УО «Гродненский государственный университет им. Я.Купалы», Белорусском государственном университете транспорта, Белорусском национальном техническом университете, Брестском государственном техническом университете, Гомельском техническом университете им. П.О. Сухого, ИТМО НАН Беларуси и других организациях.

Отметим отдельные технические разработки в области ПКМ, которые являются наиболее масштабными и перспективными, вносящими важный вклад в развитие отдельных отраслей, в том числе выполненные при использовании отечественного полимерного сырья и аддитивов, реализуемые на промышленных предприятиях страны и экспортно-ориентированные.

ПКМ, разработанные в ИММС НАНБ и серийно выпускаемые на предприятиях концерна «Белнефтехим».

На основании выполненных исследований разработаны составы огнестойких полиамидных композитов типа ПА6-С (четыре базовые марки). Их промышленный выпуск впервые начат в ОАО «Химволоконо» (Гродно) около 10 лет тому назад. За истекший период произведено более 6 тыс. тонн материалов ПА6-С на сумму более 12 млн. долл. США. Основные потребители – предприятия Беларуси и России, выпускающие продукцию электротехнического назначения.

Электроизоляторы, изготавливаемые из композитов ПА6-С, предназначены для длительной эксплуатации под напряжением до 10 кВт, преимущественно в закрытых помещениях.

На том же предприятии более 10 лет тому назад впервые в Беларуси организовано производство смесевых полиамидных композитов «Этамид»

(восемь базовых марок). Ежегодный выпуск этих материалов в разные периоды составлял от 150 до 300 т. Общий объем выпуска к настоящему времени составляет более 5 млн. долл. США. Материалы обладают улучшенной формуемостью при переработке и могут использоваться при получении малогабаритных и крупногабаритных изделий с повышенной стойкостью к короблению.

Основные потребители материалов «Этаמיד» – предприятия, выпускающие автотракторную и сельскохозяйственную технику («МАЗ», «МТЗ», «Гомсельмаш» и др.).

В ОАО «Могилевхимволокно» по рецептурам Института осуществляется производство ПКМ на основе полиалкилентерефталатов. Они востребованы при выпуске электроизоляторов, электроустановочных и других изделий электротехнического назначения.

ИММС НАН Беларуси вместе со специалистами ОАО «СветлогорскХимволокно» и ОАО «Гродненский механический завод» создана специальная марка углеволокна и композит, который по основным характеристикам превосходит ранее созданный в СССР материал «Флубон» на основе фторопласта Ф-4. С момента создания этот ПКМ под торговой маркой «Флувис» выпущен в количестве более 40 т; большая часть его поставлена на экспорт.

Специалистами ИММС НАНБ разработана технология, позволяющая, используя плазму тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, формировать на поверхности углеволокон покрытие из фторполимера толщиной в несколько десятков нанометров. В технологическом процессе могут использоваться газообразные продукты лазерной переработки фторопласта. Данному материалу присвоена торговая марка «Белум», а композит с подобными волокнами имеет торговую марку «Суперфлувис». Он обладает существенно более высокими эксплуатационными характеристиками, чем «Флувис», а его износостойкость увеличена в 1,5...2,5 раза.

Материал применяется на компрессорных заводах СНГ, в частности, на одном из крупнейших машиностроительных предприятий Украины – ПАО «Сумское машиностроительное НПО». Разработаны конструкции уплотнений для узлов трения из «Суперфлувиса», работающих без смазки и обеспечивающих, в частности, работу компрессора с ресурсом более 5 тыс. часов при рабочем давлении 250 атм. Ранее удовлетворительным считался ресурс 500–600 часов. В настоящее время «Суперфлувис» считается эталоном качества среди композитов на основе фторопласта-4 в СНГ. Уплотнения из него обеспечивают до 8...12 тыс. часов работы без смазки.

Кроме компрессоров, композиты «Суперфлувис» используются в уплотнениях шаровых кранов, особенно в работающих при температурах до 240 °С, в станках для распиловки алмазов и других изделиях.

ПКМ для автотракторной и сельскохозяйственной техники.

В ИММС выпускается смесевой полиамидный композит «Этаמיד ЭА-ЭУ» с высокой вязкостью и прочностью расплава, предназначенный для переработки методом экструзии с раздувом. Он серийно поставляется на ОАО «Автоваз» для изготовления сепараторов паров бензина легковых автомобилей (рис. 3).



Рисунок 3 – Сепаратор паров бензина автомобилей ВАЗ, получаемый методом экструзии с раздувом из выдувного ПКМ на основе ПА6

По формуемости, низкой топливopоницаемости, высокой ударпрочности и другим техническим характеристикам материал полностью соответствует требованиям, предъявляемым ОАО «Автоваз». Объем экспортных поставок в Россию данного материала к настоящему времени превысил 200 т.

Для топливной и пневмосистем автотракторной и сельскохозяйственной техники разрабатываются импортозамещающие смесевые полиамидные композиты. Их предполагается использовать взамен полиамида 11 (Rilsan), импортируемого в Беларусь из Франции. Уже выпущены опытные партии пневмотрубы 12 □ 1,5 мм более, чем на месячную потребность ОАО «МТЗ» и более двух лет успешно эксплуатируются в составе пневмосистем тракторов «Беларусь». Успешно прошли испытания в аккредитованном центре при Тольяттинском университете топливные трубки 8 □ 1 мм автомобилей семейства ВАЗ.

Ударопрочные и суперударопрочные ПКМ на полиамидной матрице выпускаются ИММС НАНБ. На технологию отдельных модификаций данных материалов заключен лицензионный контракт с Институтом энергетических исследований АН провинции Шаньдун КНР.

Фрикционные ПКМ

Фрикционные материалы (ФМ) – это широкий класс композиционных материалов, предназначенных для диссипации или передачи механической энергии. Фрикционные материалы используются для изготовления тормозов, фрикционных дисков трансмиссий, накладок муфт сцепления, фрикционных вкладышей и демпферов, применяемых в мобильных машинах,

подвижном составе, металлургии, самолетостроении, в технических устройствах нефтегазодобывающих комплексов, железных дорог, транспортных систем, в технологическом оборудовании и многих других машинах и механизмах.

Потребности отечественного рынка изделий из полимерных ФМ удовлетворяются в настоящее время в основном за счет импорта. По статистическим данным импорт в Республику Беларусь фрикционных изделий, в том числе и на основе асбеста, в 2010–2015 гг. осуществлялся из 32 стран и за указанные годы в стоимостном выражении достиг 76,2 млн. долларов США. Наиболее емкими сегментами рынка ФМ являются промышленность и транспорт.

Суммарная потребность Минского тракторного завода, Минского автомобильного завода и Белорусского автомобильного завода в тормозных дисках, колодках и накладках, предназначенных для работы в условиях сухого трения, составляет около 1,5 млн. штук в год; во фрикционных дисках для муфт, гидромеханических коробок перемены передач и маслоохлаждаемых тормозов – около 700 тыс. штук. Для характеристики потребностей других отраслей достаточно отметить тот факт, что в настоящее время из разработанных полимерных фрикционных материалов Институт изготавливает и поставляет на ОАО «Белорусский металлургический завод» детали 52 наименований. Следует учитывать, что производство фрикционных материалов обеспечивает достижение высокой добавленной стоимости. При переработке 1 кг фрикционных материалов в изделия добавленная стоимость увеличивается в 10 и более раз.

К настоящему времени в транспортной и машиностроительной индустрии используются три класса фрикционных материалов: композиты с полимерной матрицей, металлокерамические и углеродные. Внутри каждого из этих классов разработано огромное количество рецептов ФМ, соответствующих конкретным требованиям и условиям эксплуатации. Основным критерием выбора того или иного класса материалов является тепловой режим работы пары трения. На рисунке 4 представлены температурные интервалы работы материалов. Полимерные ФМ занимают наиболее востребованный современным машиностроением диапазон температур, поэтому их производство достигает более 90 % от общего производства фрикционных материалов.

В настоящее время Институт выполняет НИОКР по созданию новых импортозамещающих экологически безопасных фрикционных материалов для ведущих предприятий страны. В частности, для ОАО «Белорусский металлургический завод» разрабатываются новые фрикционные композиты для комплектации мостовых кранов большой грузоподъемности, узлов натяжения станков для производства металлофибры и узлов размотки, свивки канатного оборудования. Для ОАО «Белорусский автомобильный завод» разрабатываются фрикционные материалы, предназначенные для эксплуатации в тормозах без смазочного материала при темпера-

турах до 900 °С. Для РУП «ПО «Белоруснефть» выполняются работы по созданию и освоению производства фрикционных материалов и тормозных накладок для дисковых тормозов буровых установок «Drillmes».

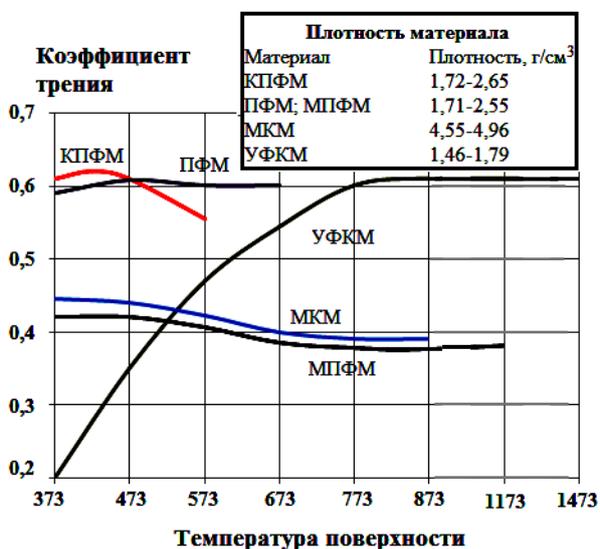


Рисунок 4 – Сравнительные триботехнические характеристики фрикционных композиционных материалов (КПФМ – каучук – полимерные; ПФМ – полимерные; МПФМ – модифицированные полимерные; МКМ – металлокерамические; УФКМ – углеродные)

В результате выполнения задания 1.10 Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь в Институте освоено опытное производство полимерных фрикционных материалов и изделий из них для ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Полоцк-Стекловолокно», ОАО «СтанкоГомель», НПО «Агат», РУП «Национальный аэропорт Минск», ЗАО «СП Авиастар» (РФ), ОАО «Авангард» (РФ) и др. В Институте разработано около 70 марок фрикционных материалов различного назначения. Изделия из разработанных материалов выпускаются и поставляются на предприятия страны по 23 техническим условиям. Примеры изделий из ФМ приведены на рис. 5.

Фильтрующие материалы

В ИММС НАНБ получен фторопластовый волокнисто-пористый материал в виде листов и пластин, выпускаемый под названием «Грифтекс», которому в мире нет аналога. При сохранении выдающихся характеристик исходного полимера, он отличается большой пористостью, значительной удельной поверхностью, очень низкими диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических потерь. Материал обладает высокой гидрофобностью. Все характеристики сохраняются от азотных температур до 250 °С, в контакте с самыми агрессивными реагентами. Все это позволяет применять «Грифтекс» в разнообразных областях.

В первую очередь новый материал нашел применение в фильтрах «Гриф» (рис. 6), особенно эффективных для очистки газов (сжатого воздуха, природного, попутного газа) от аэрозолей полярных



Рисунок 5 – Изделия из фрикционных материалов: а – для узлов трения колесных тракторов «Белорус»; б – для комплектации технологического оборудования ОАО «БМЗ»

и неполярных жидкостей (водяные пары, водомаслянный конденсат, аэрозоли сильных кислот).



Рисунок 6 – Конструкция фильтр-элемента «Гриф» и схема его работы

В настоящее время фильтры «Гриф» работают на десятках предприятий в нашей стране и за рубежом – на нефтеперерабатывающих заводах, газоперекачивающих агрегатах магистральных газопроводов, газотурбинных электростанциях, автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях. Они используются для финишной очистки сжатого воздуха в процессах окраски, гальванических производствах, в оборудовании по промывке алмазов и бриллиантов.

Сегодня разработаны и выпускаются многослойные фильтры, содержащие слой волокнистопористого фторопласта «Грифтекс», и обеспечивающие эффективную замену импортных фильтров, например на предприятиях газовой промышленности. Так, в настоящее время поставляются фильтры для Белорусского газоперерабатывающего завода (г. Речица). Аналогичные поставки начались на предприятия «Газпрома» в Тюмени.

Благодаря исключительно низкой поверхностной энергии и развитой поверхности на материале «Грифтекс» реализуется эффект «супергидрофобности» (эффект лотоса) – угол смачивания водой достигает 150° . Используя именно этот эффект, достигнуты высокие результаты по очистке дизельного топлива и трансформаторного масла от воды и дру-

гих примесей, а также разработаны конструкции противозаэрозольных фильтров.

Аддитивы для ПКМ

В течение более чем 10 лет по разработкам Института на ОАО «Гродно Азот» поставляются синергические смеси антипиренов для производства огнестойких композитов ПА6-С, а также специальные модификации функционализированного полиэтилена для материалов типа «Этамид». Ежегодные объемы поставок этих аддитивов составляют многие десятки тонн.

Материалы для верхнего строения железнодорожного пути

В рамках программы СГ «Композит» и по специальному заказу ОАО «РЖД» разработаны эластичные ПКМ, предназначенные для изготовления прокладок-амортизаторов рельсовых скреплений для скоростных железнодорожных трасс (скорость поездов свыше 160 км/ч) и тяжеловесного движения. Созданы новые, защищенные патентами конструкции прокладок-амортизаторов и материалы, обеспечивающие их работоспособность в интервале температур от минус 60°C до плюс 60°C (рис. 7). Прокладки успешно прошли стендовые испытания в ОАО «ВНИИЖТ» (Москва) и эксплуатационные – в ОАО «РЖД» и на БЖД.

Начиная с 2014 г., Институтом осуществляется выпуск композита «ЭКМ-Д» и серийное производство из него прокладок-амортизаторов скреплений СБ-3 на годовую программу ОАО «БЖД». Объем поставок прокладок составляет ≈ 270 тыс. шт. в год.

Прочие ПКМ

Производство разнообразных ПКМ и готовой продукции из них по НТД, разработанной Институтом, осуществляется для многих отраслей Беларуси и России. К числу важнейших разработок следует отнести технологию многослойной рукавной пленки для упаковки и хранения влажного плющеного зерна. Технология освоена на ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий». Внедрение этой разработ-

ки позволило отказаться от импорта аналогичной продукции. Объем ежегодных продаж рукавной упаковки составляет не менее 200 тыс. долл. США.

Для нужд НПП РУП «Белгазтехника» разработаны и серийно поставляются уплотнения (седла) шаровых кранов магистральных газопроводов. За последние 5 лет изготовлено более 15 тыс.шт. уплотнений 7 типоразмеров.

Специальные огнестойкие композиты экспортируются в Россию на Смоленский электротехнический завод для изготовления разноцветных патронов ламп накаливания (ежегодный объем поставок осуществляется на сумму ≈ 1 млн. руб. РФ).

Армированные полиэфирные пластики и готовая продукция из них поставляются по экспорту в ОАО «Поликс+», г. Кирово-Чепецк (объем поставок $\approx 1,5-2$ млн. руб. РФ в год).

Перечисленные разработки далеко не исчерпывают весь перечень ПКМ и готовой продукции из них, которые производятся ИММС и поставляются на предприятия Беларуси и России.

Следует также отметить наличие тесных контактов и деловых связей ученых НАН Беларуси и специалистов предприятий концерна «Белнефтехим», в том числе ОАО «Гродно Азот», «СветлогорскХимволокно», «Полоцк-Стекловолокно», «МогилевХимволокно», «Гродненский ремонтно-механический завод», «Белшина», «Борисовский завод пластмассовых изделий», а также с рядом предприятий машиностроительного, металлургического, электроэнергетического и других комплексов Республики. Сказанное позволяет оптимистично рас-

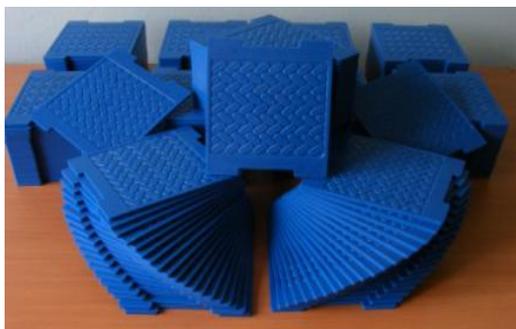
сматривать перспективы развития исследований, новых производств ПКМ и готовой продукции из них в ближайшей и среднесрочной перспективе.

Перспективы исследований, создание и применение конкурентоспособных и принципиально новых полимерных композитов

Поскольку промышленный синтез принципиально новых полимеров, которые могут обеспечить заметный прирост валового продукта, в обозримом будущем в Беларуси маловероятен, то для получения конкурентоспособных ПКМ и создания прорывных технологий необходимо использовать подходы, основанные на глубоком научном понимании механизмов процессов на стадиях получения, переработки и эксплуатации композитов. Новые полимерные матрицы для ПКМ при этом могут быть получены не в результате синтеза новых макромолекул из мономеров, а при их химической модификации, в том числе на стадиях переработки в конечную продукцию. Рассмотрим возможные направления исследований, которые позволят разрабатывать новые химически модифицированные матрицы, обеспечивать конкурентоспособность ПКМ и создавать их перспективные виды.

Макромолекулярные реакции в расплавах и растворах полимеров, блочных полимерах

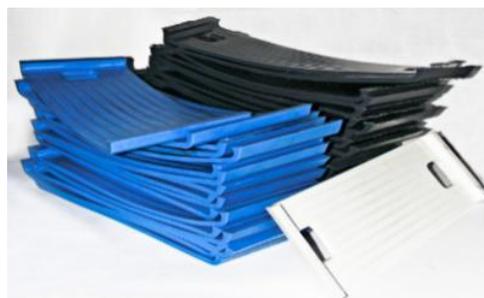
Химическая модификация макромолекул – эффективный метод синтеза фактически новых полимеров, который может иметь важнейшее значение в технологии современных ПКМ [5, 13]. Развитие



Прокладка-амортизатор СБ-3 рельсового крепления



Подрельсовая и нашьальная прокладки рельсового крепления КБ-65



этого направления в Беларуси крайне необходимо и вполне обосновано в связи с наличием научных заделов, экспериментального и технологического оборудования для моделирования технологий и их опытно-промышленного освоения. Особую важность и научно-практические перспективы представляют следующие исследования.

Во-первых, это реакции в полимерных расплавах, протекающие в экструзионных реакторах-смесителях по технологии реакционной экструзии (РЭ). РЭ – это процесс, в котором сочетаются традиционно разделяемые химия полимеров (синтез и химическая модификация макромолекул) и экструдирование (смешивание и транспортирование компонентов в расплаве полимера). Процессы РЭ осуществляются при использовании экструзионно-грануляционных линий, основным элементом которых является экструзионный реактор-смеситель, представляющий собой, по сути, реактор непрерывного действия, состоящий из ряда секций, имеющих независимый обогрев с точным поддержанием и регулированием температуры, системы дозирования реактантов в нужную секцию (на нужной стадии протекания реакции), ввода необходимой газовой среды в расплав и отвода из него побочных продуктов реакции.

При использовании метода РЭ могут быть осуществлены следующие процессы:

- синтез макромолекул;
- функционализация полимеров;
- контролируемая деструкция;
- динамическая вулканизация;
- реакции с участием концевых групп;
- трансреакции в смесях гетероцепных термопластов;
- модификация функциональных групп;
- получение армированных пластиков и нанокомпозитов;
- рециклинг полимеров.

Главное достоинство РЭ – возможность создания новых продуктов с улучшенными свойствами и при минимизации затрат. Метод РЭ активно разрабатывается и исследуется в ИММС. На начальном этапе работы в данном направлении были пионерскими на постсоветском пространстве и в настоящее время получили мировое признание (имеется серия публикаций в периодических мировых изданиях и заказные главы в международных коллективных монографиях 2008, 2013, 2015 г.г.). Особую важность для технологий перспективных ПКМ представляет развитие следующих направлений РЭ:

- изучение реакций в расплавах смесей полимеров, что позволит обоснованно создавать многообразные мультифазные смесевые композиты многофункционального назначения – ударо- и суперударопрочные, с улучшенными динамическими механическими свойствами, расширенным температурным диапазоном эксплуатации, регулируемой реологией расплавов и формуемостью при переработке и т.п.;

- исследование функционализации макромолекул прививкой полярных мономерных и олигомерных фрагментов, что направленно влияет на их совместимость в полимерных смесях и позволяет использовать в качестве компатибилизаторов, модификаторов ударной вязкости, реологических добавок и т.д.;

- исследование реакций, протекающих с участием концевых групп макромолекул, в том числе с добавками удлинителей цепи, блокирующих и других агентов, что позволяет управлять молекулярной массой и связанными с этим параметром функциональными свойствами полимеров;

- изучение влияния добавок наночастиц на ход макромолекулярных превращений в исходных полимерах и их смесях;

- развитие научных представлений о технологии динамической вулканизации в смесях полимеров с эластомерами, что позволяет создавать широкий ассортимент эластичных ПКМ.

Кроме того, большое научное и практическое значение имеют *физико-химические исследования* макромолекулярных превращений на стадиях синтеза, переработки и применения ПМ:

- физико-химический анализ совокупного влияния стабилизирующих добавок дисперсных и волокнистых наполнителей на стойкость ПКМ при воздействии повышенных температур на воздухе на блочные полимеры;

- изучение реакций деструкции и сшивания макромолекул, в том числе в смесях полимеров, что важно для прогнозирования долговечности ПКМ и регулирования их свойств при переработке и эксплуатации;

- изучение макромолекулярных превращений в полимерах, синтезируемых в растворах, в частности, полиоксадиазола и полиакрилонитрила, промышленно выпускаемых в Беларуси, с целью обеспечения конкурентоспособности ПКМ на их основе;

- синтез полимеров из газовой фазы с образованием тонкослойных модифицированных покрытий многофункционального назначения на твердых поверхностях;

- развитие научных представлений о технологии получения готовых изделий путем проведения реакций синтеза макромолекул непосредственно в формирующих полостях технологической оснастки (RIM-технологии; формование изделий из сшивающихся полиуретанов и пенополиуретанов, акрилатных и других полимеров и др.).

Исследования в рамках этих направлений активно проводятся в ИММС НАНБ, ИХНМ НАНБ, ИФОХ НАНБ, БГТУ, БГУ, НИИ физических проблем БГУ, кафедре ВМС могилевского университета и др.

Физико-химические исследования структуры и свойств ПКМ должны быть приоритетными и важнейшими для научного обоснования технологии конкурентоспособных отечественных ПКМ. Несмотря на то, что эти исследования постоянно находятся в центре внимания исследовательских лабора-

торий всего мира, имеется круг нерешенных задач, что не позволяет количественно описать изменения свойств ПКМ в зависимости от состава, технологии компаундирования, переработки и условий эксплуатации. Кроме того, в связи с появлением новых типов модификаторов, разнообразных гибридных наполнителей, включая наночастицы, и необходимостью научного обоснования технологий ПКМ с рекордными техническими характеристиками постоянно требуется проведение экспериментальных исследований, направленных, прежде всего, на выяснение зависимости свойств ПКМ от их структуры, характера межфазного взаимодействия матричного полимера с модифицирующими ингредиентами; макромолекулярных превращений на стадиях компаундирования, переработки ПКМ и эксплуатации изделий из них.

Направления перспективных исследований в области важнейших типов современных ПКМ охарактеризованы в разделе 1 настоящей работы. Ниже целесообразно остановиться на рассмотрении перспектив создания и освоения, наиболее важных для Беларуси производств ПКМ многофункционального назначения, а также проведения глубоких научных исследований по обеспечению их конкурентоспособности и обоснованию прорывных технологий. При этом необходимо еще раз отметить, что отдельные модификации современных ПКМ создаются под конкретное применение, что предопределяет их огромный ассортимент.

ПКМ для автотракторостроения

Одной из важнейших базовых отраслей в Республике Беларусь является автотракторостроение. Современное автотракторостроение и особенно автомобилестроение являются крупным потребителем ПМ. В 2015 г. по данным автостатистики было продано 90 млн. шт. легковых автомобилей. Доля конструкционных ПМ в автомобилях уже сейчас составляет $\approx 15\%$ и постоянно расширяется. Поэтому области исследований и производства, направленные на создание конкурентоспособных и перспективных ПКМ и, прежде всего, инженерных пластиков на базе отечественного сырья, организацию их поставок на внутренний и внешний рынки должны относиться к числу наиболее приоритетных в общей структуре полимерного материаловедения в Республике.

К числу важнейших типов ПКМ для автотракторостроения, которые могут быть разработаны и освоены в ближайшей и среднесрочной перспективе при использовании отечественных термопластичных связующих (полиамид 6, полиэтилентерефталат, полиэтилен низкой плотности) следует отнести:

Смесевые экструзионные композиты на базе полиамида для гибких труб и шлангов, используемых в топливной системе и пневмосистеме автоблокировки тормозов. Импортозаменяемым материалом при этом является один из мировых брендов – полиамид 11 (Rilsan), стоимость которого составляет до ≈ 15 \$/кг). Объем потребления только для

нужд отечественных предприятий (ОАО «МАЗ», ОАО «МТЗ», ПО «Гомсельмаш» и др.) достигает, ориентировочно, 200 т/год.

Смесевые композиты на базе ПАБ для литья под давлением деталей интерьера и экстерьера кабин, систем отопления, охлаждения и т.п. Эти ПКМ могут применяться взамен импортируемых в настоящее время АБС-пластика, поликарбоната, ударопрочного полистирола и др.

В ближайшей и среднесрочной перспективе возможно научное обоснование технологии и освоение суперударопрочных смесевых полиамидных композитов для топливных и масляных баков, корпусов фар (при армировании короткими волокнами и наночастицами), ориентировочные объемы потребления ≈ 500 т/год, создание ударопрочных, антистатических топливостойких композитов для наливных труб, трубопроводов на автозаправочных станциях и т.п.

Армированные пластики.

Научное обоснование производства термопластичных композитов на базе ПАБ и ПЭТ, содержащих короткие рубленые стеклянные, базальтовые, угольные волокна и гибридные наполнители, включающие армирующие волокна и наночастицы, для деталей подкапотного пространства с повышенной теплостойкостью и модулем упругости, должно быть одним из приоритетных. Заменяемые материалы – армированные пластики крупных мировых производителей (Du Pont, Ticona, BASF, Sabic и др.).

В среднесрочной перспективе возможно освоение серийного производства ПКМ, содержащих гибридные наполнители (короткие волокна и наночастицы), а также смесевые полимерные матрицы. Эти материалы могут использоваться для деталей с повышенным (до $\approx 20\text{--}25$ ГПа) модулем упругости, прочностью при изгибе ≈ 300 МПа и высокой ударной вязкостью (до ≈ 100 кДж/м² при испытании по методу Шарпи). Объем производства – до ≈ 200 т/год.

Перспективными направлениями являются разработка прорывных технологий и освоение производства армированных многофункциональных ПКМ на полиамидной и полиэфирной матрицах с рекордными техническими характеристиками: высокомодульных и атмосферостойких, высокомодульных и суперударопрочных, армированных короткими волокнами, наночастицами и функциональными добавками (стабилизаторы, антипирены и т.п.). Ассортимент подобных материалов может составить десятки новых импортозаменяющих и перспективных марок.

Фрикционные материалы.

Исследования и разработки в области ФМ, особенно не содержащих асбеста, являются актуальными и приоритетными:

К числу важнейших задач, которые следует решать в ближайшей перспективе, относятся также с учетом общемировых тенденций научное обоснова-

ние и сопровождение производств следующих ПКМ и изделий из них для нужд автотракторной техники:

- ПКМ и крупногабаритных пластмассовых изделий из них (элементы кузовов кабин, крылья, капоты, дверцы кабин и др.), так как на долю кузова приходится около половины массы автомобиля и $\approx 40\%$ стоимости (при изготовлении кабин и кузовов автомобиля наиболее широкое применение находят *полиэфирные стеклопластики* и *слоистые пластики* на основе *фенольных смол* и тканей из растительных волокон – *фенотекстолиты*);

- антифрикционных и износостойких материалов (в том числе самосмазывающихся) для узлов трения (композиты для подшипников скольжения, уменьшающие трудоемкость обслуживания автомобиля, так как подшипники с вкладышами из ПКМ и консистентной смазкой, которую закладывают во время сборки, не требуют периодической смазки при пробеге автомобиля до 80–100 тыс. км);

- ПКМ для производства малогабаритных комплектующих деталей автомобиля (элементы уплотнений, прокладок, защитные чехлы, щитки приборов, вентиляционные решетки, колпаки колес и многое другое);

- композитов для оплетки из огнестойких ПКМ для укладки электропроводов;

- материалов для пластмассовых топливных и масляных баков;

- ударопрочных ПКМ для бамперов, корпусов и отражателей фар, светопрозрачных изделий;

- безасбестовых композитов фрикционного назначения для тормозных устройств автотракторной техники и различных видов технологического оборудования, а также готовой продукции из них;

- эластомерных материалов для шин, а также многочисленных резино-технических изделий, от качества которых во многом зависит надежность работы автомобиля и трактора;

- лакокрасочных ПКМ, применяемых для грунтования и окончательной отделки металлических поверхностей (должны образовывать покрытия, которые надежно защищают металл от коррозии, обладать высокой твердостью, эластичностью, ударопрочностью, термо- и износостойкостью; особенно большой интерес для автомобилестроения представляют *полиакриловые эмали*, в том числе пигментированные металлическими порошками различных цветов, а также *полиуретановые эмали*, образующие атмосферостойкие покрытия; большую перспективу для автомобилестроения имеет получение защитных и декоративных покрытий методом напыления с применением порошковых красок).

Емкость только отечественного рынка по данным видам продукции составляет многие тысячи т/год. Для освоения упомянутой продукции должны быть созданы специализированные производства. Реализация этих задач невозможна без интенсификации исследований в области материаловедения и технологии важнейших типов инженерных пластиков: армированных минеральными и волокнистыми,

в том числе коротко- и длиноволокнистыми наполнителями, смесей и сплавов термопластичных полимеров, огнестойких пластиков, эластомерных и др. материалов.

Материалы для полимерной упаковки

Упаковочная отрасль (прежде всего упаковочное машиностроение) – отрасль высоких технологий, характеризующаяся постоянным ростом объемов производств на 3–4 % в год. В США тароупаковочная отрасль по объемам производства опережает таких гигантов как автомобилестроение, сельское хозяйство, металлургия.

Беларусь располагает производством ряда важнейших упаковочных материалов – ПЭТ, ПАБ (пищевая марка), ПЭНП. Создание на их базе ПКМ, пригодных для создания разнообразных упаковок, должно давать преимущества Беларуси по импортозамещению и экспорту. Поэтому работы в области ПКМ для упаковки престижны и актуальны. В связи с динамичным развитием данной области знаний и производства возникает большое многообразие материаловедческих задач, возникающих перед разработчиками и исследователями. Вот отдельные из них, решение которых возможно в ближайшей и среднесрочной перспективе с привлечением отечественных научных школ и разработчиков (ИММС НАНБ, ИФОХ НАНБ, ИХНМ НАНБ, ИБОХ НАНБ, БГТУ, НИИ ФХП БГУ и др.):

- улучшение барьерных свойств упаковочных материалов;

- создание антисептической упаковки пищевой продукции в тару из ПКМ;

- создание активных упаковочных материалов с расширенными функциональными возможностями (способность регулировать скорость и температуру нагрева продуктов питания; создавать оптимальную газовую среду внутри оболочки; направленно изменять состав продукта, вводя ароматизаторы, консерванты, поглотители газов и влаги, антимикробные препараты, ферментные добавки, действие которых направлено на стимуляцию биохимических превращений пищевого сырья с целью улучшения его питательной ценности, товарных, технологических и кулинарных свойств);

- отработка технологии ПКМ для отдельных слоев многослойной упаковки мясных продуктов (колбасные и сосисочные оболочки, упаковка для сыров и другой скоропортящейся продукции); при этом потребуются ПКМ, обеспечивающие создание пленочной упаковки с регулируемыми газо-, паро- и дымопроницаемостью;

- разработка и производство биологически активных упаковочных ПКМ с ферментами, иммобилизованными на полимерном носителе (способны регулировать состав, биологическую и органолептическую ценность продуктов питания, интенсифицировать процессы получения и усвоения пищи);

- разработка и производство съедобной упаковки;

- разработка и освоение производств ингиби-

рованных упаковочных материалов для машиностроения и строительства (пленочные материалы, содержащие ингибиторы коррозии, стабилизаторы, антистатика и др.).

Особого внимания заслуживает проблема, касающаяся обеспечения экологической безопасности упаковочных материалов. Острота этой проблемы обуславливается тем, что «жизнь» большинства упаковок чрезвычайно коротка – от нескольких минут или часов до нескольких месяцев или лет. После чего упаковка выбрасывается. В Беларуси только использованных бутылей для газированных напитков из ПЭТФ ежегодно накапливается несколько тыс. т. (точная цифра неизвестна).

Обеспечение рециклинга бытовых и производственных отходов упаковочных ПМ за счет создания ПКМ технического назначения на их базе обеспечивает экономию средств и ресурсов, а также создание новых рабочих мест. Другим перспективным направлением снижения отходов ПМ и их вредного влияния на окружающую среду является создание материалов, способных разлагаться под действием факторов окружающей среды. В связи с этим, следует *признать перспективной организацию производства в Республике полилактоидов, базирующихся на синтезе из возобновляемого сырья молочной кислоты и мономеров на ее основе.*

Развитие упаковочной индустрии в Республике сдерживается необходимостью закупки в странах дальнего зарубежья дорогостоящего оборудования для производства средств упаковки. Кроме того, за рубежом производятся закупки целого ряда аддитивов, без которых использование отечественного полимерного сырья невозможно при выпуске средств упаковки. К их числу относятся технологические добавки для улучшения формуемости, снижения внутреннего трения и трения скольжения вдоль элементов технологической оснастки, термостабилизаторы, антислипы (добавки, снижающие межслоевую адгезию в пленке), адгезивы для многослойных пленок, пластификаторы, вспенивающие агенты, антистатика, полимерные концентраты красителей, добавки для улучшения прозрачности пленочных материалов, защищающие содержимое от микроорганизмов, обеспечивающие лазерную маркировку продукта, снижающие проницаемость для УФ излучения с целью повышения срока хранения продуктов, антимикробные (бактерицидные и фунгицидные) добавки и др.

Разработка конкурентоспособных отечественных вариантов аддитивов для упаковочных ПМ и технологий производства средств упаковки из них может быть предметом и прерогативой деятельности отдельных научных подразделений. Организация импортозамещающих и экспортоориентированных производств аддитивов может осуществляться на специально создаваемых производствах, ориентированных на выпуск продукции малотоннажной химии и микробиологии.

Материалы для энергетики, электротехники и электроники

Термопластичные ПКМ все более широко используются для производства электроизоляторов, работающих под напряжением до 20 кВ, кабельной изоляции, теплоинтерфейсов (тепловых радиаторов) для мощных светодиодов. ПКМ с высокой тепло- и электропроводностью, псевдометаллическими и полупроводниковыми свойствами находят все более широкое применение в микроэлектронике и технологиях «полимерной электроники» (молекулярной электроники).

Создание конкурентоспособных огнестойких композитов на отечественных полимерных матрицах (полиамиды, полиэфир, полиэтилен, а в перспективе и полипропилен) невозможно без углубленных научных исследований закономерностей процесса горения ПМ, изменения электрофизических свойств материалов в зависимости от состава и эксплуатационных воздействий. Важнейшими задачами в ближайшей и среднесрочной перспективе могут являться научное обоснование и расширение производства огнестойких и атмосферостойких ПКМ для электроизоляторов, электроустановочных изделий, кабельной изоляции, теплопроводных композитов для теплоинтерфейсов. Потребуется анализ спектра ПКМ, которые могут быть применены при строительстве АЭС.

В связи с большими перспективами применения «полимерных технологий» в создании изделий микроэлектроники следует уделять повышенное внимание *ПКМ, наносимым в виде тонких слоев на полимерную подложку.* При этом на пластиковой пленочной подложке могут создаваться полноцветные экраны и дисплеи, солнечные батареи и осветительные панели на светоизлучающих диодах белого свечения, электронная бумага и многое другое. Новые изделия электроники на базе ПКМ могут революционным образом изменить условия эксплуатации электронного оборудования, расширят возможности информационных технологий.

Научное обоснование технологий подобных материалов может осуществляться в ИММС НАНБ, ИХНМ НАНБ, НИИФХП БГУ, Гомельском госуниверситете, Центре светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Б и других организациях.

Материалы для железнодорожного и другого транспорта

Согласно комплексному прогнозу научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2016–2020 годы и на период до 2030 года [10] в среднесрочной перспективе в Беларуси планируется создание скоростных железных дорог на всех трансевропейских коридорах и новой системы управления движением, что будет сопровождаться электрификацией магистралей, созданием ограждений путей и выделением коридоров безопасности на станциях. При этом планируется увеличение грузопотоков в 3–5 раз (в том числе контейнерных пере-

возок – в 5–10 раз). Скоростные железнодорожные пути будут ограждены защитными барьерами вначале в населенных пунктах и на оживленных направлениях, а затем на всем протяжении магистрали, для ограждения будут применяться комплексные эколого- и шумо- защитные инновационные ограждения нового поколения, разработанные в Беларуси.

ПКМ конструкционного назначения, предназначенные для эксплуатации на скоростных трассах и линиях с тяжеловесным движением, будут все более широко использоваться в конструкциях узлов скрепления верхнего строения пути, поглощающих аппаратов грузовых вагонов и цистерн, при производстве элементов электрооборудования электровазов, в конструкциях светофоров, электроизоляторов, при изготовлении элементов интерьера вагонов, защитных барьерных ограждений и т.д.

Важнейшими работами в ближайшей и среднесрочной перспективе являются научное обоснование и отработка рецептур, проведение сертификационных испытаний и выпуск ПКМ для прокладок-амортизаторов рельсовых скреплений применяемых в диапазоне температур от минус 60 °С до 60 °С на трассах со скоростным и тяжеловесным движением (объем производства для нужд БЖД и РЖД составляет ≈3 тыс. т/год); совершенствование ПКМ на базе ПАБ и ПЭТ для изоляторов (изолирующих втулок), используемых в рельсовых скреплениях; отработка технологии и эксплуатационные испытания ПКМ для демпфирующих элементов поглощающих аппаратов.

Для успешного развития работ по прокладкам-амортизаторам и демпфирующим элементам *целесообразна организация отечественных производств полимерных термопластов.*

Согласно комплексному прогнозу научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года планируется проведение радикальной реконструкции трансевропейской магистрали М-1/Е30 с созданием осевого и боковых бетонных защитных барьеров на всем ее протяжении. На этой трассе впервые в мире может быть установлен разработанный в Беларуси инновационный биозащитный барьер, позволяющий снизить шум транспортного потока, утилизировать и очищать выхлопные газы, пыль, дорожные ливневые стоки, повышать безопасность движения грузовых и пассажирских автомобилей. Конструкцию биозащитного барьера, его подсистем и способа его создания следует защитить патентами, с возможной продажей лицензии в европейские страны. Вблизи населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий необходимо установить шумозащитные барьеры, другие меры, повышающие транспортную, информационную, криминальную безопасность участников дорожного движения. Очевидно, что для решения упомянутых задач могут быть использованы специальные типы атмосферостойких, легких и технологичных ПКМ.

ПКМ для строительной индустрии

В связи с высоким потенциалом отечественной стройиндустрии, а также развитием и ростом объемов строительных работ возникает ряд направлений по созданию и производству необходимых и перспективных ПКМ. К важнейшим типам ПКМ следует отнести:

- материалы для труб (в том числе металлопластмассовых) холодного и горячего водоснабжения, канализации, газовых труб и пластмассовых фитингов;
- материалы для оплеток и коробов, применяемых для защиты электропроводок от механических повреждений при открытой и скрытой прокладке;
- материалы для строительных профилей, используемых в производстве столярных изделий, в том числе соэкструзионных двухслойных профилей, панелей для облицовки перекрытий и т.п.;
- материалы для строительной теплоизоляции, в том числе теплоизоляции столярных изделий;
- полимербетонные и полимербитумные композиционные материалы;
- материалы для укрепления транспортных магистралей, в том числе железнодорожных, берегов водоемов и т.п.;
- нетканые кровельные материалы.

Все упомянутые области характеризуются большой материалоемкостью. В частности, ежегодное потребление асфальта стройиндустрией Республики Беларусь составляет не менее 2-х млн. т, на долю битума приходится 150–170 тыс. т. Очевидно, сколь масштабным может быть потребление полимерных материалов при производстве асфальтов.

ПКМ для шинной промышленности

Развитие ОАО «Белшина» на период до 2020 г. предполагает техническое перевооружение завода крупногабаритных шин, увеличение ассортимента и объемов производства сверхкрупногабаритных цельнометаллокордных шин радиальной конструкции для комплектации самосвалов грузоподъемности 220–360 тонн производства ПО «БелАЗ», а также для карьерной техники зарубежного производства («Komatsu», «Caterpillar» и др.) за счет освоения сверхкрупногабаритных шин 40.00R57, 46/90R57 и 59/80R63 дюймов.

В этой связи большое значение имеют исследования, направленные на повышение ходимости шин. Особый интерес представляют разработки в области концентратов разнообразных модификаторов, предназначенные для улучшения технических характеристик отдельных частей протектора сверхкрупногабаритных шин (СКГШ). При тесном сотрудничестве со специалистами ОАО «Белшина» в ближайшей и среднесрочной перспективе могут быть отработаны технологии и организованы производства концентратов слоистых наночастиц в эластомерной матрице для модифицирования гермо-слоя и подканавочного слоя СКГШ, отработаны технологии производства и осуществлен выпуск

концентратов гибридных наполнителей, в том числе коротких волокон, технического углерода и слоистых наночастиц для протектора СКГШ. обеспечивающих повышение герметичности гермослоев, снижение теплоразогрева подканавочного слоя при эксплуатации шин, увеличение стойкости протектора с порезам и проколам. Исследования по данным направлениям проводятся совместно в ИММС, а также БГТУ и ЦЗЛ ОАО «Белшина».

Материалы для производства ТНП

Особенность ПКМ для ТНП – то, что помимо высоких технических характеристик они должны обладать привлекательным внешним видом. Поэтому для их создания требуется применение разнообразных аддитивов.

Большой объем ПКМ для производства ТНП (элементы холодильников, газовых плит, стиральных машин, утюгов и т.п.) может быть получен при использовании для их создания насыщенных полиэфиров и, прежде всего, полибутилентерефталата (ПБТ). Поэтому *целесообразна организация малотоннажного производства (мощность до ≈ 7 тыс. т/год) ПБТ в Беларуси.*

При наличии базового полимерного сырья специалистами ИММС и других организаций НАН Б может быть произведена отработка рецептур ПКМ на базе ПБТ и организация их производства для нужд предприятий Беларуси и стран Таможенного Союза, создан широкий ассортимент ПКМ, и организовано производство отдельных модификаций материалов под конкретное применение.

ПКМ триботехнического назначения

В настоящее время разработан и широко применяется в машиностроении республики ряд смесовых полимер/полимерных самосмазывающихся, ингибированных и эластичных композитов. Отдельные их модификации выпускаются промышленно, в частности, ОАО «Гродно Азот».

Важнейшей прикладной задачей является научное обеспечение и организация промышленного выпуска *износостойких самосмазывающихся композитов на базе отечественных конструкционных термопластов* – полиамидов, полиэфиров, полиолефинов, а также *композитов фрикционного назначения для тормозных устройств* автотракторной техники и различных видов технологического оборудования, получаемых на безасбестовой основе. Работы в этом направлении выполняются главным образом ИММС НАН Беларуси совместно с предприятиями автотракторной и металлургической промышленности Республики.

В краткосрочной перспективе могут быть произведены отработка технологии и освоение производства ПКМ на базе ПЭТ с улучшенными триботехническими характеристиками (ближайший аналог – материал Zedex 100), отработаны технологии и освоено производство антифрикционных композитов для уплотнений шаровых кранов, скоростных узлов трения, скольжения, ПКМ, работающих

при повышенной до ≈ 200 °С температуре, в том числе для прецизионных и тяжело нагруженных узлов машин.

ПКМ для оптоволоконной техники

В технологии оптоволокон термопластичные ПКМ, в частности *экструзионный и быстро кристаллизующийся полибутилентерефталат (ПБТ)*, используются для получения защитной оболочки (бронирования оптоволокон). Объем их потребления только в Беларуси – до 1 тыс. т/год. В Россию данные материалы в количестве ≈ 4 тыс.т. в год импортируются из стран дальнего зарубежья.

Поэтому *следует считать весьма перспективной организацию малотоннажного синтеза отечественного ПБТ, отработку технологии и организацию производства ПКМ для бронирования оптоволокон.* Как уже упоминалось, ПБТ является также важным базовым полимером для производства разнообразных изделий ТНП и машиностроения. Следует также тщательно изучить возможность применения для защиты оптоволокон композитов на базе других термопластов, в том числе ПАБ, ПП.

ПКМ для беспилотной техники

Исследовательская фирма **IBIS World** подсчитала, что только американский рынок создания беспилотников оценивается (по данным за 2015 год) в \$3,5 млрд. При этом, ключевым драйвером роста (на данном рынке) выступает повышение оборонных расходов. Рынок беспилотных летательных аппаратов, как было подсчитано, ежегодно прирастает на 20 %. Ожидаются еще большие темпы роста после того, как Федеральное авиационное управление разъяснит правила использования беспилотников в коммерческих целях. Уже ведется активная работа в данном направлении. Так, в США появление конкретных правил на счет частного использования БПЛА появились в 2015 г., в Европе они ожидаются в 2016–2017 годах. Помимо БПЛА в настоящее время активно разрабатываются и беспилотники, перемещающиеся по воде.

Во многих странах мира БПЛА уже активно используются: от доставки еды (товаров, лекарственных препаратов в отдаленные регионы) до мониторинга труднодоступных мест (например, буровых установок или ЛЭП). Ведутся активные разработки аппаратов, которые будут задействованы и в охране общественного порядка, а также для мониторинга экологической обстановки, односторонних беспилотных летательных аппаратов, которые могут быть запущены с борта летящего самолета и могут буквально «раствориться в воздухе» после выполнения своей миссии, к примеру, доставив грузы или информацию солдатам, действующим в труднодоступном районе (аппарат должен полностью исчезнуть спустя 4 часа после его приземления, а его критичные компоненты должны самоликвидироваться спустя 30 минут.).

Кроме использования в военной области, подобные беспилотные аппараты могут быть задей-

ствованы для доставки скоропортящихся лекарственных препаратов, к примеру, инсулина, воды и других вещей группам людей, находящихся во временной изоляции, вызванной стихийными бедствиями, эпидемиями и техногенными катастрофами. Но в любом случае они, выполнив задачу, должны превратиться в ничто, препятствуя попаданию критических технологий в чужие руки.

На сегодняшний день, по данным EMS-Chemie, в мире насчитывается порядка 5 млн. БПЛА, но это далеко не предел рынка. С ростом спроса к новым моделям беспилотной техники будет постоянно расти потребность в создании новых материалов для ее изготовления. К числу наиболее перспективных ПКМ для беспилотников можно отнести полимерные углепластики (карбоволокниты), которые характеризуются низкой плотностью, высоким модулем упругости, низким коэффициентом термического расширения, малой тепло- и электропроводностью, стабильностью коэффициентов трения и малым износом при трении. Особенностью углепластиков является их высокая усталостная прочность, большая, чем у боро- и стекловолоконитов, и находящаяся на уровне усталостной прочности титана и легированных конструкционных сталей. Углепластики существенно превосходят металлы и сплавы по вибропрочности, так как обладают высокой демпфирующей способностью. Ориентируя волокна под углом друг к другу, можно в больших пределах изменять демпфирующую способность углепластиков и производить отстройку деталей от резонансного режима без изменения их геометрических форм. Углепластики характеризуются высокой радиационной, водо-, аэро- и бензостойкостью. и могут применяться как для внешних, так и для внутренних деталей летательного аппарата.

Своеобразие геометрических, механических и физико-химических характеристик борного волокна предопределяет ряд специфических особенностей борволоконитов и необходимость их применения для отдельных узлов БПЛА. Регулирование свойств борволоконитов достигается варьированием схем ориентации наполнителя. Борволокониты стойки к воздействию проникающей радиации. Длительное воздействие воды, органических растворителей и горючесмазочных материалов не влияет на их механические свойства. Изделия из борволоконитов для летательных аппаратов весьма разнообразны: профили, панели, роторы и лопасти компрессоров, лопасти винтов и трансмиссионные валы вертолетов и т. д.

Полимерные стекловолокониты отличаются от других композиционных материалов конструкционного назначения сочетанием высокой прочности, сравнительно низкой плотности, теплопроводности, хороших электроизоляционных свойств, доступности и низкой стоимости упрочняющего наполнителя.

При использовании композиционных материалов для подкрепления основных силовых элементов масса фюзеляжа может быть снижена на 20 %, масса крыла – на 15–20 %, масса оперения – на 10–15 %.

Учитывая наличие в Беларуси промышленно выпускаемых углеволокон и тканей, а также отдельных типов связующих (полиэфирные смолы) работы в области ПКМ для беспилотников могут стать одними из приоритетных.

ПКМ для 3D технологий

Для современной 3D печати используется большое количество материалов, из которых по слоям выращиваются нужные объекты. Материалы имеют широкий спектр физико-химических свойств, а модели из них могут использоваться в самых разных областях. Уже сейчас в качестве расходных материалов для 3D печати широко используются АБС-пластики, полилактиды, полиамиды, поликапролактон, поликарбонат, полипропилен и полиэтилен, фотоотверждаемые мономеры. Применение специальных ПКМ для этих целей позволяет улучшить технические характеристики изделий, технологические свойства материалов, повысить производительность процесса получения изделий. Поэтому *работы в области ПКМ для 3D печати являются актуальными и требуются их быстрое развитие в Беларуси.*

ПКМ для ценных документов и банкнот

Одним из быстро развивающихся направлений в технологии ПКМ является разработка многослойных пленочных материалов с высокой степенью защиты для ценных документов и денежных банкнот, используемых взамен бумажных. Аналитики считают, что в недалеком будущем все основные идентификационные документы станут пластиковыми.

Современные пластиковые банкноты, например, австралийские проходят жесткие испытания: не изменяясь, переносят кипячение, 9 месяцев пребывают в земле и несколько часов в работающей стиральной машине. В 1996 г. с выпуском 100-долларовой пластиковой банкноты Австралия окончательно перешла с бумажных на полимерные деньги и стала первой в мире страной, сделавшей этот шаг. Помимо возможности создания новых защитных элементов, банкноты из полимера меньше подвержены износу, чем бумажные. Опыты, проведенные резервным банком Австралии, показали, что банкнота номиналом в 10 австралийских долларов, изготовленная из бумаги, в среднем находилась в обращении 8 месяцев, тогда как пластиковая банкнота может находиться в обращении в 4 раза дольше – около 30 месяцев. Похожие результаты дали исследования в Индонезии и Таиланде, где также имеются в обращении банкноты на полимерной основе.

Использование нового носителя и новых дополнительных средств защиты привело, в частности, к тому, что в Австралии и Новой Зеландии практически исчезло фальшивомонетничество: слишком сложно подделывать пластик.

На 2011 год полимерные купюры были введены в обращение в 31 стране: Австралия, Никарагуа, Бангладеш, Нигерия, Бразилия, Северная Ирландия,

Бруней, Чили, Парагвай, Китай, Румыния, Доминиканская республика, Сингапур, Гватемала, Гондурас, Шри-Ланка, Гонконг, Тайвань, Индонезия, Таиланд, Кувейт, Вьетнам и др.

В ближайшем будущем к ним присоединится Канада, правительство которой приняло решение в течение 2 лет перейти на полимерные банкноты. Будучи в полтора раза дороже в изготовлении, нежели бумажные деньги, пластиковые превосходят их в стойкости к повреждениям и имеют в три-четыре раза больший срок службы. Соответственно их выпуск оказывается экономически более рентабельным.

Одним из способов улучшения качества полимерных документов является использование многослойных пленок. Комбинируя несколько слоев разных полимеров (полипропилен, полиэтилен, полиамид, полиэтилентерефталат, и пр.), производитель может пользоваться возможностью различных механических, химических, барьерных и триботехнических свойств используемых полимеров для создания требуемых характеристик готовой полимерной пленки.

Несмотря на наличие других видов пленочных материалов, рынок многослойных пленок и комбинированных материалов на основе полимерных пленок растет стремительными темпами в нашей стране и за рубежом. Спрос на данный вид изделий определяется их высокими потребительскими качествами – привлекательным внешним видом, относительной дешевизной, отличными физико-механическими показателями, широким диапазоном выбора компонентов и добавок, придающим материалу практически любые необходимые свойства.

С учетом изложенного, работы в области многослойных пленочных ПКМ для печати документов и ценных бумаг, в том числе банкнот являются приоритетными. Они могут быть выполнены при объединении усилий академических институтов (ИММС НАНБ, ИХНМ НАНБ и др.) и РУП «Криптотех» Госзнака РБ.

Аддитивы для ПКМ

Современные крупнотоннажные производства по выпуску и переработке ПКМ не могут обойтись без *продукции малотоннажной химии*, производящей разнообразные добавки, способствующие улучшению качества материалов и изделий. Опыт ведущих мировых фирм в области технологии полимерных материалов свидетельствует о широких возможностях использования полиолефинов и, в частности, выпускаемого в Республике Беларусь полиэтилена низкой плотности, для производства на его базе различных типов добавок.

Наиболее перспективными типами аддитивов, производство которых целесообразно освоить в нашей стране, являются:

- компатибилизаторы для полимерных смесей;
- добавки, способствующие повышению ударной вязкости смесевых и наполненных полимерных материалов;

- концентраты нанонаполнителей на полимерной основе;

- антипирены для инженерных пластиков и химволокон;

- полимерные концентраты красителей (мастербатчи) и стабилизаторы;

- полимерные концентраты смазок для переработки пластмасс;

- оптические отбеливатели для пластмасс;

- полимерные концентраты антифрикционных добавок;

- пластификаторы;

- замасливатели для стекловолокон;

- полимерные концентраты наночастиц.

В основу технологии многих типов аддитивов может быть положено экструзионное компаундирование в полимерном расплаве на современных двухшнековых экструзионно-грануляционных линиях, а также реакционная экструзия и смешение.

Следует отметить, что производство и экспортные поставки аддитивов являются весьма прибыльными, поскольку их стоимость на мировом рынке в несколько раз превосходит стоимость базовых полимерных материалов. Поэтому развитие малотоннажной химии аддитивов для полимерных материалов в Республике Беларусь, несомненно, относится к числу наиболее актуальных и важных задач.

В ближайшей и среднесрочной перспективе на базе выполненных научных исследований возможно расширение производств компатибилизаторов, модификаторов ударной вязкости, адгезивов для многослойных пленочных материалов, концентратов наноглин, углеродных и других нанодисперсных модификаторов.

Прочие ПКМ

Перспективным направлением является *порошковая технология*, основанная на применении полимерных порошков, наносимых на твердые поверхности с целью изменения их функциональных свойств: защиты от коррозии, износа, снижения электропроводности, герметизации поверхностей и т.д. Применение порошковых покрытий невозможно без углубленного исследования явлений адгезионного взаимодействия расплавов и растворов полимеров с твердыми поверхностями.

Особую актуальность имеют также работы в области материаловедения и технологии *отечественных клеев-расплавов*, весьма необходимых для нужд легкой, и прежде всего обувной промышленности. В качестве матричных материалов для клеевых композиций вполне могут использоваться *легкоплавкие полиэфирсы*, которые потенциально могут выпускаться ОАО «Могилевхимволокно». Потенциально возможно получение адгезионно-активных полиамидных или полиамидо-полиэфирных клеев-расплавов. Однако требуется комплекс исследований по разработке и освоению технологии получения соответствующего полимерного сырья с пониженной температурой плавления.

Экономически выгодным представляется рас-

ширение разработок в области *газонаполненных композиционных материалов*. Главными их преимуществами являются как экономия исходного сырья (до 30–50 %), так и достижение нового комплекса технически важных характеристик. В этой связи наиболее важны изыскания новых рецептур термопластичных вспенивающихся композиций, производимых на традиционном оборудовании для переработки пластмасс и придающих полифункциональные свойства изделиям, а также концентратов, вспенивающихся агентов в полимерных материалах (полиолефинах), использующихся впоследствии для получения вспененных материалов различных типов. Весьма актуально также освоение на предприятиях Республики передовых технологий переработки вспенивающихся ПМ в изделия.

Отдельным отраслям промышленности и предприятиям республики требуются *композиты со специальными свойствами*: электреты, магнитными, обладающие эффектом структурной памяти, радиопрозрачностью, высокими оптическими характеристиками, восприимчивые к передаче оптической и магнитной информации, ионообменные, обладающие селективной проницаемостью (мембраны), направленно изменяющие свои свойства при воздействии лазерного и ионизирующего излучения, ионообменные, высокотермостойкие, имеющие изменяющиеся коэффициенты трения в разных направлениях; градиентные – с переменным модулем упругости по сечению детали, для волоконной оптики, фильтропластов, содержащие в составе полимерных фильтрующих волокон активные добавки, позволяющие качественно улучшить технические параметры фильтров, ПКМ, содержащие модифицирующие компоненты в жидкой фазе, катализаторы, иммобилизованные на полимере и т.д. Работы в области создания и производства этих материалов весьма актуальны и соответствуют общемировым тенденциям. Однако удельный вес указанных материалов в объеме потребления полимерной продукции сохранится в обозримом будущем на сравнительно невысоком уровне.

Заключение

Производство и переработка полимерных материалов является крупной отраслью химической промышленности в нашей стране. Без применения продукции из полимерных материалов невозможно обеспечить научно-технический прогресс в отраслях, являющихся базовыми для Республики Беларусь. Развитие производства и потребления полимерной продукции в ближайшей, среднесрочной и, видимо, долгосрочной перспективе будет определяться не синтезом новых макромолекул, а созданием разнообразных композитов на основе традиционных или химически модифицированных полимеров. Современные тенденции потребления продукции из ПКМ основываются на использовании специального композита под конкретное применение. Только применение ПКМ, наиболее полно со-

ответствующего предъявляемым эксплуатационным требованиям при его минимально возможной стоимости, позволяет обеспечить рыночную конкурентоспособность конечной продукции. Поэтому ассортимент современных ПКМ огромен (на основе одного базового полимера могут создаваться десятки и сотни марок технически ценных композитов).

Модификация многотоннажных полимеров, их комбинирование с различными веществами и между собой является важнейшим и основным путем создания ПКМ для нужд современного народного хозяйства. Данный факт является причиной бурного развития на современном этапе технологии разнообразных ПКМ, применение которых обеспечивает научно-технический прогресс практически всех отраслей от воздушно-космической техники до упаковки и производства сельхозпродукции. Современные технологии позволяют на одном технологическом оборудовании осуществить выпуск практически неограниченный ассортимент композитов. ПКМ постоянно находятся в режиме обновления и совершенствования, как и технологии их получения и переработки в конечную продукцию, а это возможно только на основании глубоких научных исследований и разработок.

В Беларуси в академических НИИ активно проводятся исследования по научному обоснованию технологии новых типов конкурентоспособных ПКМ. Осуществлена концентрация научного и имеется технологическое оборудование, с помощью которого можно моделировать реальные технологические процессы по компаундированию ПКМ и отдельные технологии их переработки.

На промышленных предприятиях Республики, входящих в структуру концерна «Белнефтехим», имеется технологическое оборудование, позволяющее в промышленных масштабах производить ПКМ. В частности, ПТК «Химволокно», входящее в структуру ОАО «Гродно Азот», выпускает более 40 марок ПКМ на базе полиамида 6 в объеме около 10 тыс. тонн в год. В среднесрочной перспективе на данном предприятии планируется довести объем выпуска полиамидных ПКМ до 15 тыс. тонн в год при условии надлежащего научно-технического обеспечения производств.

Наличие научно-производственных заделов в области технологии современных ПКМ и постоянно возрастающий спрос на них позволяют оптимистично рассматривать перспективы развития научных исследований в области ПКМ и развития производств композитов многофункционального назначения.

Для повышения конкурентоспособности, а также доли выпуска экспортоориентированной и импортозамещающей отечественной полимерной продукции на основе ПКМ необходимо уделять первостепенное внимание развитию следующих научных направлений и технологий:

– технологии реакционной экструзии, как базовому методу химической модификации макромолекул и технологии, лежащей в основе компаундиро-

вания ПКМ и аддитивов для них;

- химии и технологии синтетических волокон;
- исследованиям и расширению ассортимента полимерных композиционных материалов конструкционного назначения на базе отечественных термопластов (полиамида 6, полиалкилентерефталатов, полиолефинов), особенно на основе волокнаполненных полиамидов и полиэфиров, полимер/полимерных смесей и огнестойких композитов;
- научному обоснованию технологии специальных ПКМ для автотракторостроения, энергетики, электротехники и электроники, железнодорожного и другого транспорта;
- технологии добавок к эластомерным материалам для шинной промышленности;
- исследованиям по созданию технологий полимерных нанокомпозитов и концентратов наноматериалов, базирующихся предпочтительно на использовании отечественного полимерного сырья и нанонаполнителей (углеродные наноматериалы и органоглины, в том числе на базе белорусских природных ископаемых);
- развитию исследований в области аддитивов для современных полимерных материалов и созданию на их основе малотоннажных производств функциональных добавок – компатибилизаторов для полимерных смесей, модификаторов ударной вязкости, для инженерных пластиков, пластификаторов (в том числе высокомолекулярных), мастербатчей красителей, стабилизаторов, антипиренов, антистатиков, стекловолокнистых и углеродных нанонаполнителей со специальной подготовкой поверхности волокон, адгезивов для многослойных пленок, технологических смазок, оптических отбеливателей, катализаторов, реологических добавок на основе функционализированных полиолефинов, полимерных концентратов наночастиц и т.д.;
- расширению исследований и технологических изысканий в области ПКМ для строительной индустрии;
- развитию исследований и технологии полимерных упаковочных материалов;
- технологии получения и переработки ПКМ триботехнического (фрикционного) и уплотнительного назначений, прежде всего для повышения надежности и конкурентоспособности отечественной автотракторной техники;
- технологии ПКМ для новых видов техники: 3D-принтеры, беспилотная и воздушно-космическая техника и др.;
- химической технологии порошковых полимерных покрытий различного функционального назначения, и прежде всего на базе отечественной полимерной продукции (полиолефины, полиамиды, полиэферы);
- химической технологии клеев-расплавов для легкой промышленности;
- технологии полимерных мембран с селективной проницаемостью;
- технологии материалов медицинского назна-

чения;

- технологии слоистых пленочных материалов для ценных документов и банкнот;
- разработке и освоению технологий функциональных («активных») полимеров различного назначения, фильтропластов, биоразлагаемых полимеров, электретных, магнитных, радио- и оптически прозрачных, восприимчивых к передаче оптической и магнитной информации, структурно-чувствительных к воздействию лазерного и ионизирующих излучений, ионообменных, высокотермостойких и др.;
- компьютерному «проектированию» ПМ прогнозированию поведения при переработке и эксплуатации;
- развитию испытательной базы и укреплению независимых аккредитованных лабораторий по испытаниям разрабатываемых ПМ, сертификации ПКМ и готовой продукции в соответствии с ISO 9001-2015.

Развитие полимерного материаловедения потребует совершенствования традиционных технологий получения и переработки полимерных материалов и освоения новых технологий, главная особенность которых будет определяться их прецизионностью и компьютерной управляемостью.

На решение упомянутых задач в значительной степени направлены задания ГППИ «Полимерные материалы и технологии», а также деятельность Ведущего Центра многофункциональных полимерных композитов, действующего при ИММС НАНБ.

Важнейшие проблемы, сдерживающие развитие исследований и внедрение разработок:

- отсутствие в структуре НАН специализированных подразделений, занимающихся проблемами синтеза промышленных полимеров, химволокон, эластомеров;
- недостаточная обеспеченность лабораторий и Ведущего Центра многофункциональных полимерных композитов современным исследовательским и особенно технологическим оборудованием, в том числе позволяющем выпускать крупные опытно-промышленные партии ПКМ и аддитивов для них;
- отсутствие заинтересованности предприятий концерна «Белнефтехим» и других предприятий в привлечении разработчика к тиражированию на рынке разработанной продукции, что приводит к снижению ее конкурентоспособности;
- высокая степень износа оборудования на основных валобразующих предприятиях; ограниченность собственных сырьевых источников; постоянный и опережающий рост цен на углеводородное сырье; высокая энергоемкость производства, обусловленная использованием устаревших технологий; нестабильное предложение на использование отечественных ПКМ со стороны белорусских предприятий, потребляющих продукцию концерна Белнефтехим (легкая, текстильная и местная промышленность, машиностроение, сельское хозяйство), обусловленное экспансией на белорусский рынок дешевых импортных

товаров; обострение конкуренции в экспортной сфере и снижение конкурентоспособности отечественных ПКМ, главным образом, из-за поставок в Россию и другие страны-импортеры более дешевых волокон и нитей из стран Азии;

– сдерживающим фактором является также устаревшее оборудование по переработке ПКМ, имеющееся на предприятиях республики; отсутствие собственного химического машиностроения и недостаток инвестиционных вложений не позволяют своевременно обновлять перерабатывающее оборудование и внедрять инновационные разработки;

– отсутствие совместных предприятий по производству наукоемкой продукции концерна «Белнефтехим» и НАН Беларуси;

– постоянный дефицит текущего финансирования научных подразделений и перспективных разработок, что порождает мелкотемье, снижает научный потенциал по важнейшим направлениям и отрицательно сказывается на возможности выхода на «прорывные» технологии;

– недостаточные число и мощности малотоннажных производств аддитивов и полупродуктов для ПКМ, а также производства изделий, получаемых по наукоемким технологиям;

– недостаточная материальная мотивация научно-технических разработок (стимулирование разработчиков патентно-защищенной продукции не достаточно эффективно).

Литература

1. Иванчев С.С. Наноструктуры в полимерных системах // Проблемы современного материаловедения. Труды XX сессии Научного совета Международной ассоциации академий наук. Киев. 25–26.05.2015 г. Гомель, ИММС НАН Беларуси, 2016. – С. 14–15.
2. Песецкий С.С., Судьева С.Г., Мышкин Н.К., Рахманов С.К. Полимерные материалы: исследование, производство, применение. Наука и инновации. – 2008, – №3 (61). – С. 50–55. – №4 (62). – С. 51–54.
3. Песецкий С.С. Полимерные композиты технического назначения. Наука и инновации, 2013. – №9. – С. 7–10.
4. Хазова Т.Н. Полимерная Россия: кластерное развитие // ПЛАСТИКС. – 2013. – №12/11. – С. 12–17.
5. Pesetskii S.S., Shevchenko V.V., Dubrovsky V.V. Reactive compatibilization in technology of poly(alkylene terephthalate)-based composites: Polyester blends, short fiber-filled materials, and nanomaterials. In: Multifunctionality of Polymer Composites. Ed. K. Friedrich and U. Breuer. Elsevier, Oxford. – 2015. – Ch. 9. – P. 302–337.
6. Datta S., Zohse D.Y. Polymeric compatibilizers. Uses and Benefits in polymer blends // Hanser Publishers. – Munich, Vienna, New Yourk, 1996.
7. Jurkowski B., Pesetskii S.S. and Krivoguz Y.M. «Functionalization of Olefin Polymer and Copolymer Blends in The Melt». In: «Polyolefin Blends», D.Nwabunma and T.Kyu (eds.), John Wiley & Sons, Inc., New York, 2008. – Chapter 10. – P. 273–308.
8. Morgan A.B., Gilman J.W. An overview of flame retardancy of Polymeric materials: Application, Technology, and future directions. Fire Mater. – 2013. – V. 37, № 4. – P. 259–279.
9. Полимерные нанокompозиты. Под ред. Май Ю.В., Ю Ж-Ж. М., Техносфера. – 2011. – 688 с.
10. Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2016–2020 годы и на период до 2030 года. Минск. – 2015.
11. Агабеков В.Е., Потапов А.Л., Шахаб С.Н., Иванова Н.А. Полиризаторы на основе поливинилового спирта и пленки с наночастицами серебра: получение и применение (обзор) // Полимерные материалы и технологии. – 2015. – Т. 1, № 2. – С. 6–35.
12. Прокопчук Н.Р., Шашок Ж.С., Прищепенко Д.В., Меламед В.Д., Электрoформование волокон из растворов хитозана (обзор) // Полимерные материалы и технологии. – 2015. – Т. 1, № 2. – С. 36–56.
13. Платэ Н.А., Литманович А.Д., Кудрявцев Я.В. Макромолекулярные реакции в расплавах и смесях полимеров. М., Наука. – 2008. – 208 с.

S.S. Pesetskii, N.K. Myshkin

Multifunctional polymer composites: prospects of research and applications in Belarus

Information on the current state of researches and productions of polymer composite materials (PCM) in Belarus is summarized. It is shown that modification of multi-tonnage polymers, their combination with various substances and with each other is the most important and primary way to create PCM for the needs of different industries. Essential research areas and technologies which development should assure an increase in the competitiveness, as well as the market share of export-oriented and import-substituting products on the base of PCM are determined.

Keywords: polymer composite material, technology of polymer composites, application of polymer composites.

Поступила в редакцию 19.11.2016.

© С.С. Песецкий, Н.К. Мышкин, 2016