

УДК 667.613

О. В. Куйс, Н. Р. Прокопчук

Белорусский государственный технологический университет

**АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ:
ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ
АЛКИДНО-УРЕТАНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ОБЗОР)**

Алкидно-уретановые олигомеры в наше время считаются одними из перспективных пленкообразующих. Они находят широкое применение при производстве высококачественных лакокрасочных материалов различного назначения (грунтовки, эмали, грунт-эмали). Успех этих материалов обусловлен хорошими свойствами формируемых покрытий. Покрытия на их основе имеют высокие прочностные характеристики, адгезию, твердость и антикоррозионную стойкость. Также к преимуществам этих материалов относят: доступность исходного сырья, менее высокую стоимость в сравнении с другими типами полиуретанов, удобство работы с ними, так как они представляют собой однокомпонентные малотоксичные системы. Поэтому они весьма перспективны при защите различных металлоконструкций от коррозии. Уралкидные олигомеры достаточно универсальны при применении, могут наноситься всеми известными способами и совмещаются со многими типами лакокрасочных материалов (нитроцеллюлозными, хлоркаучуковыми и жирными алкидными олигомерами). С их помощью может осуществляться как заводская, так и ремонтная окраска металлических изделий.

Ключевые слова: уралкидный олигомер, диизоцианат, антикоррозионная защита, алкидные олигомеры, ремонтная окраска.

O. V. Kuis, N. R. Prokopchuk

Belarusian State Technological University

**CORROSION PROTECTION OF METALS: PROSPECTS OF PRODUCTION
AND APPLICATION OF URALKYD MATERIALS (REVIEW)**

Uralkyd oligomers are considered to be promising film-forming. They are widely used in the production of high-quality paints and varnishes for various purposes (primeres, paints, priming-paints). The success of these materials is due to the high properties of coatings formed. These coatings have high adhesion, strength properties and corrosion resistance. The advantages of these materials is feedstock availability, low cost compared to other polyurethanes, their usability. Uralkyd materials is one-component and low-toxicity system. So they are promising in the protection of various metal from corrosion. Uralkyd oligomers sufficiently versatile in use. They can be applied a lot of methods and combined with many types of paints (nitrocellulose, chlorinated rubber and oily alkyd oligomers). They can be used at the factory painting and refit painting of metal products.

Key words: uralkyd oligomers, diisocyanate, corrosion protection, alkyd oligomers, repair coatings.

Введение. Защита от коррозии – важнейшая научно-техническая, экономическая и экологическая проблема, особенно для индустриально развитых стран с большим металлофондом. Поэтому повышаются требования к эксплуатационно-технической надежности и коррозионной стойкости конструкционных материалов и металлоконструкций, а также к совершенствованию методов их защиты.

В настоящее время проблема коррозии усугубляется резким старением основного металлофонда, физическим и моральным износом, недостаточной степенью реконструкции и возобновляемости оборудования. Росту потерь от коррозии способствует постоянное, интенсивное развитие таких металлоемких отраслей промышленности, как тепловая, атомная энергетика, транспорт, химическая, нефтехимическая промышленность, а также ужесточение

условий эксплуатации металлических изделий – использование повышенных температур, давления, агрессивных сред. Согласно данным отраслевых литературных источников [1], ежегодно около четверти всего произведенного в мире металла разрушается в результате взаимодействия металлических конструкций с коррозионной средой. Восстановление оборудования, различных конструкций и сооружений, изготовленных из металла, применение дорогих методов защиты от коррозии, а также контроль за скоростью коррозии требует значительных материальных затрат. Все эти затраты по подсчетам, произведенным в США, составляют 80 млрд. долл. ежегодно [1, 2]. Прямые потери от коррозии составляют в среднем около 4–5% национального дохода промышленно развитых стран. В Российской Федерации, например, ежегодные потери металлов из-за их коррозии

составляют до 12% общей массы металлического фонда, что соответствует утрате до 30% ежегодно производимого металла [1, 2].

Однако во многих случаях вследствие косвенных расходов, вызванных простоями технологических линий, снижением производительности оборудования и качества производимой продукции, нанесенный ущерб может в несколько раз превышать затраты на ремонт и восстановление металлических конструкций и оборудования.

Особенно сложно обстоит дело на магистральных, промысловых и технологических трубопроводах добычи, транспортировки и переработки нефти и газа. Около половины нефтепроводов России было построено 30–40 лет назад, поэтому вполне закономерны десятки тысяч поломок, 90% которых являются следствием коррозии. По данным экологов, в технологической цепочке «от скважины до потребителя» ежегодно теряется от 8 до 10% добываемой нефти. В строительстве на долю несущих конструкций с истекшим сроком годности приходится более 60%, что постоянно грозит техногенными авариями с большими экономическими потерями. Нарастает объем изношенности основных фондов предприятий [1–3].

Основная часть. Для борьбы с коррозией на металлоконструкциях существует более 20 различных способов защиты: легирование на стадии производства металла, ингибирование, электрохимическая защита, металлизация и др., многие из которых предназначены для временной защиты. На сегодняшний день самым распространенным способом защиты от коррозии является нанесение лакокрасочного покрытия (доля лакокрасочных покрытий составляет около 85% от всех способов борьбы с коррозией), препятствующего проникновению к поверхности металла влаги и агрессивных газов. В идеале лакокрасочное покрытие для предотвращения коррозионно-механических разрушений должно обладать высокой проникающей способностью в пустоты окрашиваемого объекта (щели, зазоры, шероховатости, микротрещины поверхностей), высокой адгезией, хорошей эластичностью, низким влаго- и водопоглощением, формировать на металлической поверхности высокопрочные изолирующие пленки [3, 4].

Привлекательность антикоррозионной защиты состоит в варьировании при выборе системы лакокрасочного покрытия (Пк) его эксплуатационных, технологических и экономических характеристик, позволяющих подобрать оптимальное их сочетание. Оптимальное применение Пк возможно лишь при глубоком понимании и учете всех физико-химических и механических явлений, происходящих в лакокрасочной системе, как при ее получении, так и процессе эксплуатации. Как правило, лакокрасочные материалы (ЛКМ) образует многослойное Пк, состоящее из грунтовочных, промежуточных и покрывных слоев, называемое системой Пк, каждый слой которой выполняет определенную функцию. Грунтовка образует после высыхания однородную пленку с хорошей адгезией к окрашиваемой поверхности, обеспечивая также адгезию верхних слоев Пк с окрашиваемой поверхностью. Промежуточная (вторая) грунтовка предназначена для обеспечения качественной поверхности под окончательную окраску; высокой адгезии как к эмали, так и к противокоррозионной грунтовке; повышения физико-механических и защитных свойств комплексной системы Пк. Эмали, краски и лаки придают системе Пк декоративные и частично защитные свойства.

Кроме того, при выборе системы лакокрасочного покрытия необходимо учитывать, насколько сильно поверхность будет подвергаться температурным, механическим и химическим нагрузкам, а также воздействию ультрафиолетового излучения. Комбинирование различных лакокрасочных материалов позволяет получать покрытие, обладающее более полным спектром положительных характеристик [5].

Выбору антикоррозионной грунтовки в системе Пк следует уделять особое внимание, так как именно она определяет характер взаимодействия покрытия с поверхностью металла. Ассортимент грунтовок для стали и чугуна достаточно разнообразен. Оцинкованная сталь и алюминий могут грунтоваться акриловыми, алкидными, уретановыми, эпоксидными грунтовками. Весьма ограничен ассортимент грунтовок для коррозионностойкой стали, медных, магниевых и титановых сплавов [6, 7].

Сочетаемость каждого слоя, а также общая толщина покрытия определяют в целом срок службы системы Пк. При неудовлетворительной адгезии слоев в период эксплуатации покрытий (под действием внутренних напряжений) могут возникать такие виды разрушений, как растрескивание, образование пузырей, отслаивание, что приводит к появлению коррозионных разрушений в конечном слое и значительному снижению срока службы Пк [8].

Спектр ЛКМ, применяемых для антикоррозионной защиты, весьма широк. Они различаются как по областям применения (строительство, нефтехимическая промышленность, транспорт, морской транспорт и т. д.), так и по типу пленкообразователя (полиуретаны, эпоксиды, алкиды и т. д.). Марочный ассортимент ЛКМ в настоящее время насчитывает более 2500 наименований, что, с одной стороны, расширяет возможности обеспечения заданных свойств покрытий, а с другой стороны, затрудняет их выбор и эффективное применение. Стойкость

покрытий в первую очередь определяется свойствами пленкообразующих веществ. Для условий умеренного климата ассортимент ЛКМ весьма широк, их атмосферостойкость (в зависимости от рода пленкообразующего вещества) может составлять от 2 до 15 лет. Алкидные ЛКМ обеспечивают срок службы 2–4 года, мочевино- и меламино-алкидные – до 8 лет. Разработанные в последнее десятилетие новые модифицированные материалы позволили увеличить срок службы покрытий на их основе: алкидно-уретановые – до 8 лет, акрил-уретановые, эпоксиэфирные – до 10–15 лет, порошковые полиэфирные – свыше 15 лет [6, 9, 10, 11].

Алкидные материалы до настоящего времени широко применяются для антикоррозионной защиты металлов, но одним из их основных недостатков является длительное время высыхания. В связи с этим одним из направлений антикоррозионной защиты металлов является применение модифицированных алкидных ЛКМ. Ассортимент таких материалов достаточно широк, но время, необходимое для формирования покрытий на их основе в естественных условиях, может достигать нескольких суток. Поэтому в Республике Беларусь ведутся работы по созданию модифицированных алкидных ЛКМ (алкидно-стирольных) ускоренной сушки с высокими антикоррозионными и физико-механическими свойствами. Исследования ведутся в направлении создания антикоррозионных быстросохнущих алкидно-стирольных грунтовок естественного отверждения [12]. Необходимые защитные и антикоррозионные свойства достигаются воздействием сиккативов различной природы в оптимальных концентрациях на структуру покрытий на основе алкидно-стирольного пленкообразователя, а также выявлением зависимости защитных свойств покрытий от качественного и количественного состава пигментной части [13–15].

Одними из широко применяемых материалов для антикоррозионной защиты металлоконструкций являются ЛКМ на полиуретановой основе, которые обеспечивают наиболее эффективную и долговременную защиту (до 15–20 лет). Покрытия на основе полиуретанов обладают множеством достоинств: высокой атмосферо-, водо- и маслостойкостью, газонепроницаемостью, отличными диэлектрическими свойствами, устойчивы к действию кислот сред и органических соединений. Они характеризуются хорошим комплексом физико-механических показателей: твердостью, эластичностью, стойкостью к истиранию, могут переносить перепады температур от –50 до 130°C. По стойкости к различным агрессивным воздействиям (газам, кислотам, щелочам, ароматическим углеводородам) полиуретановые Пк

превосходят большинство известных лакокрасочных Пк. К недостаткам полиуретановых материалов можно отнести повышенную токсичность, сравнительную дороговизну, а также пожелтение Пк при эксплуатации в атмосферных условиях [16, 17]. Несмотря на многочисленные достоинства, полиуретановые ЛКМ составляют всего 5% мирового выпуска ЛКМ. Причиной такого малого объема производства является дороговизна исходного сырья, а также высокие требования к культуре производства. Например, одним из требований при получении полиуретановых ЛКМ является изготовление технологических линий из нержавеющей стали во избежание попадания оксидов железа в краску, что может привести к снижению сроков ее хранения и жизнеспособности. Необходимым условием при разработке рецептур полиуретановых композиций является использование компонентов, практически не содержащих влаги [17–19].

Альтернативой полиуретановым материалам, при их применении в некоторых областях, могут служить уралкидные (алкидно-уретановые) материалы и покрытия на их основе. Уралкидные материалы являются одним из основных типов полиуретановых связующих для лакокрасочных материалов. Широкое распространение алкидно-уретановых материалов обусловлено их невысокой стоимостью и доступностью диизоцианатов, а также удобством работы с ними по сравнению с двухкомпонентными полиуретановыми системами: меньшая токсичность, легкость пигментирования, способность наноситься всеми методами окрашивания [20].

Уралкидные олигомеры хорошо совмещаются с физически высыхающими пленкообразователями (нитроцеллюлозой, хлоркаучуком, а также с жирными алкидными смолами) и растворяются в алифатических и ароматических углеводородах, терпенах, спиртах, кетонах, простых и сложных эфирах [20, 21].

Уралкидные ЛКМ обладают высокими декоративными и защитными свойствами, универсальны в применении. Они предназначены для окрашивания металлических и неметаллических поверхностей, к которым предъявляются высокие требования по декоративному виду, защитным свойствам в условиях открытой промышленной атмосферы и времени высыхания. Сферы их применения разнообразны: окрашивание подвижного состава городского транспорта, дорожной и строительной техники, железнодорожных вагонов и других объектов промышленности и городского хозяйства, судостроение, нефтеперерабатывающая промышленность, а также ремонтное окрашивание. Пк имеют высокие физико-механические показатели. Еще одним направлением применения

уралкидных материалов является защитно-декоративная окраска деревянных поверхностей [21, 22].

В настоящее время уралкидные материалы относят к энергосберегающим, так как они формируют Пк в естественных условиях или при невысокой температуре за короткий промежуток времени [20]. На их основе получают грунтовки, эмали, грунт-эмали, применяемые для защиты металлических поверхностей в различных областях промышленности. При окрашивании узлов автоспецоборудования было отмечено, что, например, при нанесении алкидно-уретановой эмали уменьшается туманообразование, что дает производителю окрасочных работ экономию по расходу ЛКМ и улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Уралкидные материалы достаточно универсальны, они могут применяться для окраски изделий при производстве (заводская окраска) и эксплуатации (ремонтная окраска). Заводская окраска предполагает наличие специального цеха или участка окраски, в котором есть необходимое оборудование: окрасочные камеры и сушильное оборудование. В лаборатории можно контролировать технологические стадии, а также качество ЛКМ и получаемых покрытий.

Ремонтная окраска имеет свои особенности. Ремонтную окраску техники и транспортных средств проводят на предприятиях, которые их сами эксплуатируют. При этом необходимо в короткие сроки окрасить большое количество единиц техники и получить достаточно качественное покрытие, которое должно быстро высыхать. Кроме того, выбор оборудования для окраски весьма ограничен. Ассортимент применяемых при ремонтной окраске эмалей невелик. В первую очередь это алкидные эмали, образующие покрытия с достаточными декоративными свойствами, но как упоминалось ранее, время высыхания у них медленное. Поэтому необходимо внедрение быстросохнущих алкидных ЛКМ, которые должны получить достаточно широкое распространение. Выбор ЛКМ для ремонтной окраски техники и транспортных средств небогат, особенно если учитывать еще и экономические факторы. Для строительной техники и транспортных средств качество заводской окраски существенно отличается от ремонтной [23, 24].

Особую группу среди материалов для ремонтной окраски занимают ЛКМ для судостроения. Процесс окрашивания судна рассматривается в двух аспектах: как первичная окраска и окрашивание во время его эксплуатации. При ремонтной окраске судов ввиду объективных причин трудно обеспечить благоприятные условия для окраски, поэтому в таких условиях предпочтение должно отдаваться лег-

ким в применении и толерантным к подготовке поверхности материалам. Капитальный ремонт защитного покрытия, предусматривающий его полное или частичное удаление, производится в условиях постановки судна в сухой док профессиональными малярами портов или судоремонтных заводов. В этих случаях выбор схемы окраски определяется только условиями проведения окрасочных работ. В то же время надводный борт, надстройки, мачты и открытые палубы часто могут перекрашиваться при привлечении к окрасочным работам экипажа судна, причем такая косметическая окраска зачастую может производиться даже во время нахождения судна в море. Тогда для таких ремонтных работ применяют алкидно-уретановые системы на основе быстросыхающих, легких для применения однокомпонентных материалов. Эти системы состоят из двух слоев грунтовки (толщиной каждого слоя 70 мкм) и одного слоя эмали (толщиной 50 мкм) на основе уралкидных пленкообразователей. Также возможно применение системы, состоящей из одного слоя уралкидной грунтовки (толщиной 50 мкм) и трех слоев алкидной пентафталевой эмали (толщиной каждого слоя 30 мкм) [25].

Уралкидные олигомеры представляют собой продукты химической модификации алкидных олигомеров диизоцианатами путем частичной замены последними двухосновной кислоты. Для получения уралкидов используют низкомолекулярные модифицированные маслами олигоэфиры с высоким содержанием гидроксильных групп. Наличие уретановой связи приводит к значительному изменению свойств покрытий по сравнению с алкидными олигомерами аналогичной жирности: более высокая скорость высыхания, твердость, химическая стойкость, защитные свойства.

Алкидно-уретановые олигомеры получают по способу, аналогичному моноглициридному процессу синтеза алкидных смол. Процесс проводят в две стадии. На первой стадии проводят алкоголиз растительных масел (переэтерификация), при этом по возможности избегают применения таких катализаторов алкоголиза, которые могут одновременно активировать образование уретанов. В качестве катализатора алкоголиза в этом случае часто применяют окись кальция и гидроокись натрия, которые можно нейтрализовать перед введением изоцианата. В результате протекания первой стадии образуются неполные эфиры полиатомных спиртов (рис. 1).

На второй стадии неполные эфиры полиатомных спиртов взаимодействуют с фталевым ангидридом с образованием неполных эфиров (рис. 2, *a*, *б*), которые далее вступают в реакцию поликонденсации (рис. 3).

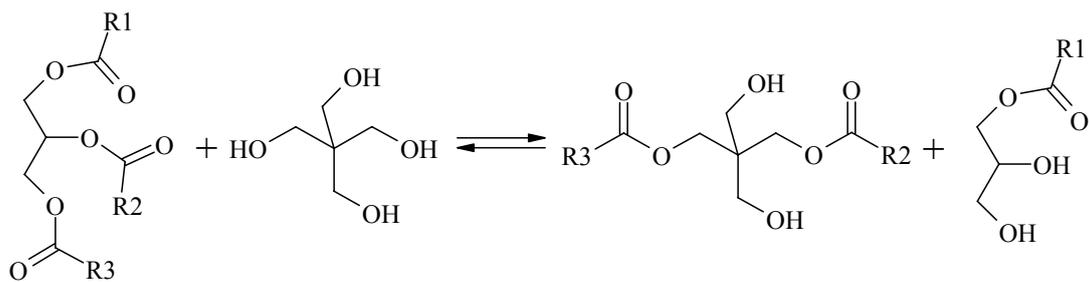


Рис. 1. Алкоголиз растительных масел

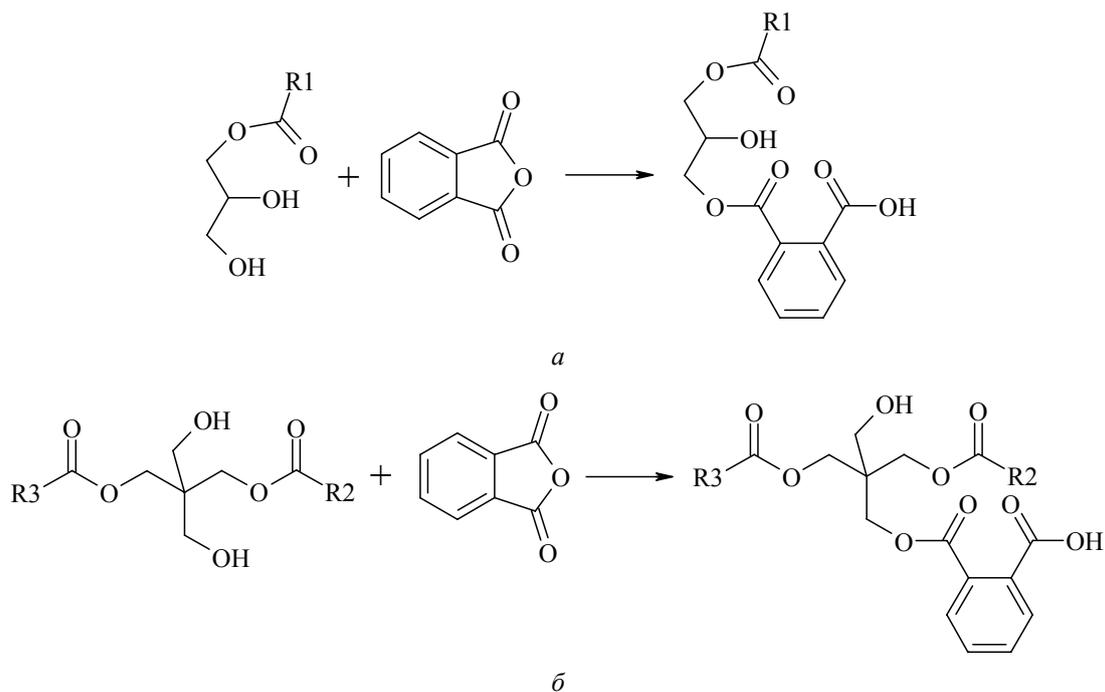


Рис. 2. Взаимодействие неполных эфиров полиатомных спиртов с фталевым ангидридом

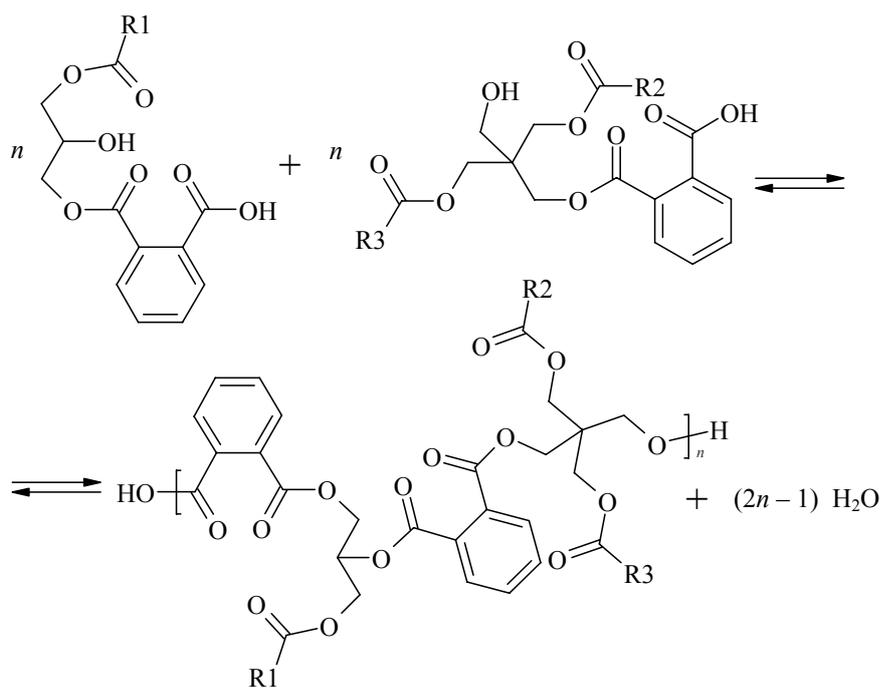


Рис. 3. Поликонденсация неполных эфиров

Полученный гидроксилсодержащий алкидный олигомер обрабатывают диизоцианатом. Обычно процесс ведут при небольшом избытке гидроксильных групп, вследствие чего конечный продукт реакции практически не содержит свободных изоцианатных групп. В состав молекулы уралкида, таким образом, входят как сложноэфирные, так и уретановые группы (рис. 4).

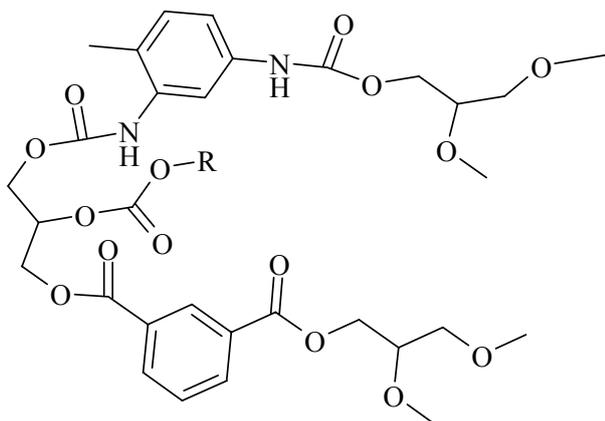


Рис. 4. Молекула уралкидного олигомера

Отверждение уралкидов происходит за счет окислительной полимеризации жирнокислотных остатков растительных масел, как и в случае обычных алкидных олигомеров.

Свойства уралкидных олигомеров зависят от типа применяемого масла, жирности, строения полиатомного спирта, количества гидроксильных групп и функциональности олигоэфира, а также строения и количества диизоцианата [26].

В качестве жирнокислотной части уралкидных материалов используют высыхающие и полувысыхающие масла: льняное, соевое, подсолнечное, дегидратированное касторовое, жирные кислоты таллового масла и другие. Выбор типа масла определяется областью применения уралкидных олигомеров и экономическими соображениями [27].

Системы, содержащие алкидно-уретановый олигомер на основе льняного масла, образуют более твердые покрытия с лучшей стойкостью к истиранию по сравнению с уралкидными материалами на основе других типов масел и хорошей химстойкостью, поэтому они рекомендуются, например, для окраски полов. Уралкидные олигомеры, модифицированные соевым маслом или смесью соевого масла и дегитратированного касторового, а также их жирными кислотами, обеспечивают более высокую светостойкость покрытий, чем в случае уралкидов, полученных на

основе льняного масла. Скорость высыхания и ряд других свойств зависят в значительной степени от жирности смолы.

Уралкидные материалы, содержащие 63–70% жирных кислот и соответственно 17–22% диизоцианата, рекомендуются для систем, наносимых кистью. Уралкидные олигомеры средней жирности (около 55–63% жирных кислот) дают системы, высыхающие очень быстро, и могут использоваться для покрытий, наносимых различными промышленными методами [28].

Уралкидные олигомеры на основе растительного масла, богатого линолевой кислотой, применяются как лаки для внутренних и наружных покрытий с высокой механической прочностью и высоким глянцем. Олигомеры на основе сафлорового масла применяются в качестве толстослойных грунтовок, а на основе соевого масла с жирностью 55% – для быстро сохнущих грунтовок, в эмалях для машин различного назначения.

На свойства уралкидных олигомеров оказывает влияние тип спирта, применяемого при синтезе. Так, скорость высыхания и химическая стойкость пленок уралкидных олигомеров зависит как от характера применяемого для переэтерификации спирта, так и от его количества. Более низкая щелочестойкость покрытий при меньших количествах взятого для переэтерификации спирта объясняется более высоким содержанием в готовом продукте триглицеридов. Модификация уралкидных олигомеров полигликолями дает возможность получать покрытия с высокими твердостью и скоростью высыхания. Однако увеличение количества полигликоля ведет к ухудшению водостойкости [29].

Основными диизоцианатами, используемыми для получения уралкидного олигомера, является 2,4-толуилендиизоцианат, изомерные смеси 2,4- и 2,6-толуилендиизоцианата в соотношении 80 : 20 и 65 : 35, гексаметилендиизоцианат, а также 4,4'-дифенилметандиизоцианат, изофорондиизоцианат, 4,4'-дихлорогексил-метандиизоцианат [28, 30–33]. Свойства уралкидных покрытий больше зависят от количества уретановых связей, чем от сшивки по двойным связям. При содержании диизоцианата меньше 15% Пк имеет невысокую твердость, а больше 24% – высокую хрупкость. Алкидно-уретановые материалы на основе изофорондиизоцианата превосходят алкидные по твердости, скорости формирования покрытия, химстойкости и светостойкости. Уралкидные олигомеры, полученные на ароматическом диизоцианате, обладают не-

достаточной светостойкостью (желтеют при действии УФ света) [29, 34].

Заключение. В настоящее время производством уралкидных материалов занимается достаточно большое число крупных и средних фирм во всем мире. Лакокрасочные материалы на основе уралкидных олигомеров имеют широкую область применения: быстросохнущие промышленные грунтовки, эмали, лаки по де-

реву, материалы для изделий из металла, эмали для крупногабаритных изделий.

По результатам сделанного обзора можно рекомендовать расширить область применения алкидно-уретановых ЛКМ в Республике Беларусь. Особенно перспективной областью применения данных материалов является ремонтная окраска металлов, транспорта и различных металлоконструкций.

Литература

1. Андруцкая О. М. Защита от коррозии – актуальная тема во все времена // Промышленная окраска. 2007. № 4. С. 44–46.
2. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования / И. М. Жарский [и др.]. М.: Высшая школа, 2012. 303 с.
3. Ефремов П. П. «МС» – лакокрасочные материалы для антикоррозионной защиты // Промышленная окраска. 2006. № 6. С. 12–14.
4. Дринберг А. С., Ицко Э. Ф., Калинин Т. В. Антикоррозионные грунтовки. СПб.: ООО «НИПРОИНКС ЛКМ и ПиОП», 2006. 168 с.
5. Принципы выбора антикоррозионной защиты металлоконструкций // Промышленная окраска. 2007. № 2. С. 17–19.
6. Ильдарханова Ф. И. Принципы разработки систем антикоррозионных покрытий // Промышленная окраска. 2007. № 6. С. 6–11.
7. Рейбман П. И. Защитные лакокрасочные покрытия. Л.: Химия, 1982. 320 с.
8. Ильдарханова Ф. И. Принципы разработки систем антикоррозионных покрытий // Промышленная окраска. 2007. № 5. С. 22–27.
9. Кухта Т. Н., Прокопчук Н. Р. Порошковые полиэфирные краски: состав, технология получения // Материалы, технологии, инструменты. 2014. Т. 19, № 3. С. 21–28.
10. Кухта Т. Н., Прокопчук Н. Р. Экспресс метод оценки долговечности покрытий из порошковых красок // Извест. Нац. академии наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 2014. № 1. С. 20–24.
11. Prokopchuk N. R., Kukhta T. N., Howell B. A. Environmental durability of polyester paint coatings. Chemical and structure modification of polymer. Вэртаун, Нью-Джерси: Apple academic press, 2015. 361 p.
12. Шутова А. Л., Лещинская И. К., Прокопчук Н. Р. Влияние степени наполнения композиций на основе алкидно-стирольного олигомера на защитные свойства покрытий // Материалы, технологии, инструменты. 2010. Т. 15, № 4. С. 88–93.
13. Шутова А. Л., Лещинская И. К., Прокопчук Н. Р. Влияние сиккативов на формирование пространственной структуры при отверждении алкидно-стирольного олигомера // Изв. Нац. академии наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 2011. № 3. С. 29–34.
14. Шутова А. Л., Лещинская И. К., Сабадаха Е. Н., Прокопчук Н. Р. Алкидная грунтовка естественного отверждения с повышенной водостойкостью: пат. 15589 Респ. Беларусь, МКП С 09 D 5/08, С 09 D 167/08. № а 20100922; заявл. 17.06.2010; опубли. 30.04.2012. 4 с.
15. Шутова А. Л., Лещинская И. К., Прокопчук Н. Р. Алкидная грунтовка естественного отверждения с повышенной кислотостойкостью: пат. 16171 Респ. Беларусь, МКП С 09 D 5/08, С 09 D 167/08. № а 20110001; заявл. 03.01.2011; опубли. 30.08.2012. 4 с.
16. Райт П., Каминг А. Полиуретановые эластомеры. Л.: Химия, 1973. 304 с.
17. Томецер П. Перспективы развития полиуретановых лакокрасочных материалов // Лакокрасочные материалы и их применение. 2003. № 10. С. 19–22.
18. Ямский В. А. Полиуретановые лакокрасочные материалы // Лакокрасочные материалы и их применение. 1995. № 2. С. 19–22.
19. Арабов М. Ш., Кирбятьева Т. В. Испытание полиуретановых лакокрасочных покрытий и перспективы их применения на Астраханском ГПЗ // Промышленная окраска. 2006. № 2. С. 32–35.
20. Миронова Г. М., Глухова Н. И., Богословский К. Г. Современные энергосберегающие ЛКМ для защитно-декоративной промышленной окраски // Промышленная окраска. 2008. № 1. С. 6–9.
21. Джорджевич М. Современные тенденции развития лакокрасочных материалов для древесины // Мебельщик. 2003. № 4. С. 90–91.

22. Алкидно-уретановые паркетные лаки // Пенополиуретан. 2002. № 7. С. 12.
23. Баенкевич В. В. Заводская и ремонтная окраска дорожной и строительной техники и транспортных средств // Промышленная окраска. 2006. № 4. С. 4–6.
24. Каверенский В. С. ЛКМ для ремонта автомобилей // Промышленная окраска. 2009. № 4. С. 16–18.
25. ООО «Тиккурила коутингс»: лакокрасочные материалы для судоремонта // Промышленная окраска. 2010. № 6. С. 20–24.
26. Сорокин М. Ф. Химия и технология пленкообразующих веществ. М.: Химия, 1989. 480 с.
27. Пот У. Полиэфирсы и алкидные смолы. М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2009. 232 с.
28. Пронина И. А. Лакокрасочные материалы на основе уретановых масел и уралкидных смол // Лакокрасочные материалы и их применение. 1974. № 2. С. 84–87.
29. Пронина И. А., Гвоздева Ф. Н. Способы получения уретановых масел и уралкидов // Лакокрасочные материалы и их применение. 1974. № 1. С. 78–81.
30. Оносова Л. А., Куис О. В., Цейтлин Г. М. Исследование процессов формирования покрытий из уралкидных олигомеров // Химическая промышленность сегодня. 2005. № 6. С. 20–23.
31. Оносова Л. А., Куис О. В. Исследование процессов пленкообразования и свойств покрытий на основе уралкидных олигомеров // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. 2010. Вып. XVIII. С. 130–134.
32. Павлович А. В., Владенков В. В., Изюмский В. Н. Лакокрасочные материалы на основе алкидно-уретановых смол // Лакокрасочная промышленность. 2011. № 8. С. 35–38.
33. Павлович А. В., Владенков В. В., Изюмский В. Н. Модификация алкидных смол диизоцианатами // Лакокрасочная промышленность. 2010. № 9. С. 38–42.
34. Система покрытий на основе светопроочной уралкидной эмали / В. А. Ямский [и др.] // Лакокрасочные материалы и их применение. 2010. № 12. С. 95–99.

References

1. Andrutskaya O. M. Corrosion protection – hot topic at all times. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2007, no. 4, pp. 44–46 (In Russian).
2. Zharskiy I. M., Ivanova V. P., Kuis D. V., Svidunovich N. A. *Korrozia i zaschita metallicheskih konstruykcy i oborydovania* [Corrosion and protection of metal structures and equipment]. Minsk, High school Publ., 2012. 303 p.
3. Efremov P. P. MC-paints for corrosion protection. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2006, no. 6, pp. 12–14 (In Russian).
4. Drinberg A. S., Itsko E. F., Kalinskaya T. V. *Anti-korrozionnie gryntovki* [Anti-corrosion primers]. St. Petersburg, ООО “NIPROINKC LKM i PiOP” Publ., 2006. 168 p.
5. The principles of the selection of anticorrosion protection of metal structures. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2007, no. 2, pp. 17–19 (In Russian).
6. Ildarxanova F. I. Principles of anti-corrosion coating systems. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2007, no. 6, pp. 6–11 (In Russian).
7. Reibman P. I. *Zaschitnie lakokrasochnie pokritiya* [Protective coatings]. Leningrad, Khimiya Publ., 1982. 320 p.
8. Ildarxanova F. I. Principles of anti-corrosion coating systems. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2007, no. 5, pp. 22–27 (In Russian).
9. Kukhta T. N., Prokopchuk N. R. Polyester powder paint: composition, production technology. *Materialy, tehnologii, instrymenyi* [Materials, technologies and instruments], 2014, vol. 19, no. 3, pp. 21–28 (In Russian).
10. Kukhta T. N., Prokopchuk N. R. Express method for assessing the durability of coatings from powder paint. *Vestsi Natsional'noy akademii nauk Belarysi. Seriya phiziko-tekhnicheskikh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical-Engineering Sciences], 2014, no. 1, pp. 20–24 (In Russian).
11. Prokopchuk N. R., Kukhta T. N., Howell B. A. Environmental durability of polyester paint coatings. Chemical and structure modification of polymer. Waretown, NJ, Apple academic press Publ., 2015. Pp. 279–292.
12. Shutova A. L., Leschinskaya I. K., Prokopchuk N. R. Influence of the degree of filling compositions based on alkyd styrene oligomer the protective properties of coatings. *Materialy, tehnologii, instrymenyi* [Materials, technologies and instruments], 2010, vol. 15, no. 4, pp. 88–93 (In Russian).

13. Shutova A. L., Leschinskaia I. K., Prokopchuk N. R. Effect of desiccants on the formation of the spatial structure upon curing alkyd-styrene oligomer. *Vestsi Natsional'noy akademii nauk Belarysi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk* [Proceeding of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical-Engineering Sciences], 2011, no. 3, pp. 29–34 (In Russian).
14. Shutova A. L., Leschinskaia I. K., Sabadakha E. N., Prokopchuk N. R. *Alkidnaya gryntovka estestvennogo otvergdeniy s povishennoy vodostokostiu* [Alkyd primer of natural curing with high water resistance]. Patent RB, no. 15589, 2012.
15. Shutova A. L., Leschinskaia I. K., Prokopchuk N. R. *Alkidnaya gryntovka estestvennogo otvergdeniy s povishennoy kislotostoikostiu* [Alkyd primer of natural curing with increased resistance to acids]. Patent RB, no. 16171, 2012.
16. Rayt P., Kaming A. *Poliyretanovie elastomeri* [Polyurethane elastomers]. Leningrad, Khimiya Publ., 1973. 304 p.
17. Thometzer P. Prospects for the development of polyurethane paint and varnish materials. *Lakokrasochnie materialy i ikh primenenie* [Paints and varnishes and their application], 2003, no. 10, pp. 19–22 (In Russian).
18. Iamskiy V. A. Polyurethane paints. *Lakokrasochnie materialy i ikh primenenie* [Paints and varnishes and their application], 1995, no. 2, pp. 19–22 (In Russian).
19. Arabov M. Sh., Kirbiatieva T. V. Test polyurethane coatings and prospects of their use on the Astrakhan gas processing plant. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2006, no. 2, pp. 32–35 (In Russian).
20. Mironova G. M., Glukhova N. I., Bogoslovskiy K. G. Modern energy-saving paints for decorative protective industrial painting. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2008, no. 1, pp. 6–9 (In Russian).
21. Dgorgevich M. Modern trends in the development of coating materials for wood. *Mebelschik* [Furniturer], 2003, no. 4, pp. 90–91 (In Russian).
22. Alkyd-urethane parquet lacquers. *Penopoliyretan* [Polyurethane foam], 2002, no. 7, p. 12 (In Russian).
23. Baenkevich V. V. Factory repair and painting of the road and construction equipment and vehicles. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2006, no. 4, pp. 4–6 (In Russian).
24. Kaverenskiy V. C. Coating materials for car repairs. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2009, no. 4, pp. 16–18 (In Russian).
25. ООО “Tikkurila Coatings”: paint materials for shipbuilding. *Promishlennaya okraska* [Industrial coatings], 2010, no. 6, pp. 20–24 (In Russian).
26. Sorokin M. F. *Khimiya i tekhnologiya penkoobrazuyuschikh veschestv* [Chemistry and technology of film-forming substances]. Moscow, Khimiya Publ., 1989. 480 p.
27. Pot U. *Poliefirnie i alkidnie smoly* [Polyesters and alkyd resins]. Moscow, Paint Media Publ., 2009. 232 p.
28. Pronina I. A. Coating materials based on urethane alkyd resins and oils. *Lakokrasochnie materialy i ikh primenenie* [Paints and varnishes and their application], 1974, no. 2, pp. 84–87 (In Russian).
29. Pronina I. A. Methods for producing urethane oils and uralkides. *Lakokrasochnie materialy i ikh primenenie* [Paints and varnishes and their application], 1974, no. 1, pp. 78–81 (In Russian).
30. Onosova L. A., Kuis O. V., Tseytlin G. M. Research of processes of formation of coatings from uralkyd oligomers. *Chimicheskaya promishlennost' segodnya* [Chemical industry today], 2005, no. 6, pp. 20–23 (In Russian).
31. Onosova L. A., Kuis O. V. Research of processes of film formation and properties of coatings based on uralkyd oligomers. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series IV, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, 2010, issue XVIII, pp. 130–134 (In Russian).
32. Pavlovich A. V., Vladenkov V. V., Izyumsky V. N. Paint and coatings on the base of alkyd-urethane resins. *Lakokrasochnia promyshlennost* [Paint and coatings industry], 2011, no. 8, pp. 35–38 (In Russian).
33. Pavlovich A. V., Vladenkov V. V., Izyumsky V. N. Modification of alkyd resins, isocyanates. *Lakokrasochnia promyshlennost* [Paint and coatings industry], 2010, no. 9, pp. 38–42 (In Russian).
34. Iamskiy V. A., Koftyuk V. A., Polyakova M. N., Vorob'yeva L. G. The coating system based on alkyd enamel lightfastness. *Lakokrasochnie materialy i ikh primenenie* [Paints and varnishes and their application], 2010, no. 12, pp. 95–99 (In Russian).

Информация об авторах

Куис Ольга Васильевна – кандидат химических наук, ассистент кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный

технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ovkuis@mail.ru

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

Information about the authors

Kuis Ol'ga Vasil'evna – PhD (Chemistry), assistant lecturer, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ovkuis@mail.ru

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

Поступила 19.02.2016