

Резиновая

крыша

Всем хорошо известен материал под названием «рубероид». Еще недавно именно его применяли для гидроизоляции полов и крыш. Рубероид — это специальный картон или стеклохолст, пропитанный так называемыми «черными вяжущими» — битумами или дегтями. Использовали его везде, несмотря на то что у него довольно много недостатков. Он не очень стоек к атмосферным воздействиям, поэтому для гидроизоляции его укладывали в несколько слоев, что требует времени и затрат, а также тяжелого ручного труда. А ведь через 3–5 лет кровлю уже приходится ремонтировать. Если же вспомнить, что гидроизоляцию на основе битумов применяют и в подземных сооружениях, то там небольшой срок службы обходится еще дороже.

Вскоре после Второй мировой войны строительная индустрия стала переходить на легкие металлические конструкции (ЛМК). Железобетонные панели заменили панелями из тонкого (~1,5 мм) стального оцинкованного листа с периодическим П-образным профилем, который придает конструкции большую жесткость при изгибе. Во-первых, масса таких панелей намного меньше, а во-вторых, как говорят специалисты, они позволяют быстро перекрывать большие площади при значительно меньших затратах. Сначала на ЛМК так же, как и раньше на железобетон, укладывали рубероидные материалы. Но вскоре оказалось, что такие конструкции в сочетании с рубероидным ковром при пожаре быстро разрушаются.

В 1953 году в США пожар полностью уничтожил завод по производству коробок скоростей фирмы «Дженерал моторс» — площадь корпуса составляла 130 000 м². При расследовании оказалось, что главной причиной разрушения была рубероидная кровля, выполненная в точном соответствии с действующими в то время строительными нормами. Дело в том, что 1 м² рубероидного ковра (3–5 слоев рубероида, наклеенных с помощью горячей битумной мастики) весит 12 кг, и при горении такого покрытия выделяется очень много тепла: 1000–1800 МДж на 1 м² кровли.

Поэтому ученые начали активно разрабатывать кровельные и гидроизоляционные материалы на основе полимеров (синтетических каучуков и пластиков). Достаточно сказать, что 1 м² полимерного однослойно-

Художник Г. Гончаров



го покрытия (1,0–1,5 мм) весит всего 1,5 кг, и за счет этого при пожаре выделяется в 5–7 раз меньше тепла. Можно сделать полимер (и соответственно крышу из него) с пониженной горючестью. Кроме того, полимерная кровля служит дольше, а делать ее легче. Но проблема в том, что полимеры должны быть устойчивыми к воздействию атмосферы.

В разрушении крыши принимают участие: кислород и озон воздуха, ультрафиолетовое излучение солнца, различные микроорганизмы, атмосферные осадки, в том числе с промышленными выбросами, перепады температур (на российских просторах это может быть и +80, и –60°C). Поэтому для нашей цели подходят далеко не все полимеры, а только стойкие к окислению, например хлоропреновые, бутил- и этилен-пропиленовые каучуки, полиизобутилен, хлорированный полиэтилен, хлорсульфополиэтилен, полихлорвинил, силоксановые каучуки, фторопласты, полиуретаны, акрилатные каучуки в форме латексов.

Строительная химия

Окисление каучуков и резин начинается с присоединения молекуляр-

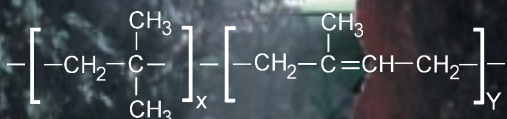
ного кислорода по двойным связям, а уже потом происходит цепная реакция, образуются свободные радикалы, и разрушается вся полимерная молекула. Соответственно ухудшаются свойства материалов, сделанных на их основе. Однако совсем убрать двойные связи нельзя — они нужны, чтобы их потом можно было вулканизировать (сшить). Например, полиизобутилен, молекулярная цепь которого вообще не содержит двойных связей, очень стоек к окислению, но его невозможно вулканизировать серой. Поэтому чтобы получить эластомеры, стойкие к окислению, содержание двойных связей в них снижают до минимума.

Одна из первых удач — бутилкаучук (рис. 1), который синтезировали в США в 1937 году. В его цепных молекулах в 30–50 раз меньше (всего 0,7–3,0%) изопреновых звеньев с двойными связями, чем в каучуках общего назначения. В СССР из-за войны такие исследования начались лет на десять позже, но уже в 50-х годах и у нас запустили промышленное производство бутилкаучука на заводах в Сумгаите, Тольятти, а позднее в Нижнекамске и Тобольске.

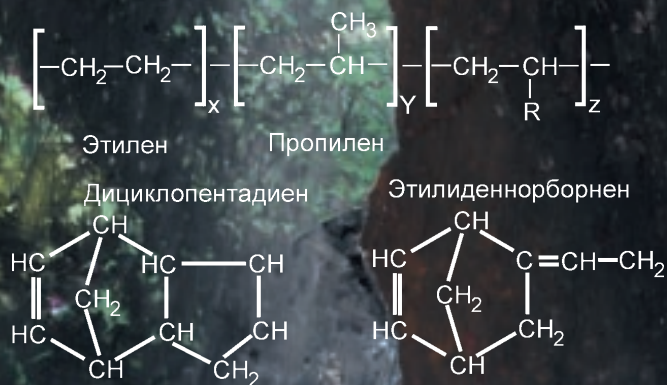
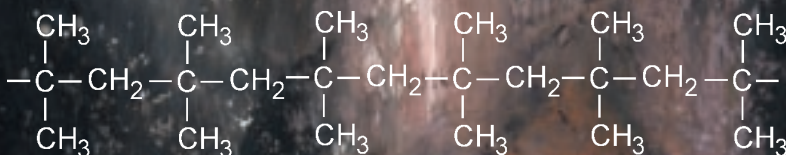
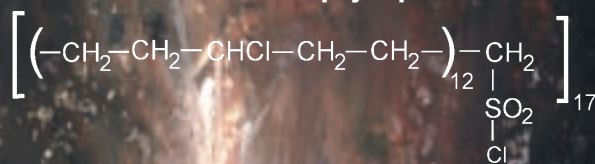
Дальнейший поиск привел к этиленпропиленовым каучукам (тройным со-

Рис. 1 Бутилкаучук

Где: $X = 97-99,3$, $Y = 0,7-3,0\%$
(содержание изопреновых звеньев)
Марки с минимальным содержанием двойных связей:
БК-0845Т (0,8), БК-1675Т или БК-1675Н (1,6)

**Рис. 2 Этилен-пропиленовые каучуки**

Содержание этиленовых звеньев 40–70%
Третий сополимер – диен (R)
Два наиболее распространенных вида диена:
дициклопентадиен и этилиденнорборнен

**Рис. 3 Хлорсульфополиэтилен****Рис. 4 Полиизобутилен**

Полиизобутилен используют в производстве антикоррозийных материалов, клеев, герметиков, резиновых изделий (в смесях с каучуками)

полимерам), в молекулах которых третий компонент с двойными связями расположен в боковых ответвлениях главной цепи (рис. 2). При окислении такого тройного полимера молекулярные цепи не разрываются, поэтому резины на их основе служат долго. В частности, за этот синтез в 1963 году Дж.Натта и К.Циглер получили Нобелевскую премию по химии. Промышленное производство этих каучуков началось в 60-х годах, а уже в 1975 году общая мощность заводов по их производству в разных странах составила

300 000 тонн. У нас такое производство было запущено в начале 90-х годов на Нижнекамском нефтехимкомбинате, и сейчас там делают три марки этиленпропиленовых каучуков специально для кровельных и гидроизоляционных рулонных материалов. Кстати, если в каждом звене молекулярной цепи полимера будет по атому хлора, то реакция окисления также резко замедлится и резины, например, из хлорпренового каучука будут огнестойкими.

К сожалению, кислород — не единственная проблема. На кровлю действу-

ет ультрафиолетовое излучение, которое разрушает все виды материалов — и битумные, и полимерные. Практически все полимеры, кроме некоторых (хлорсульфополиэтилена (рис. 3), силоксановых каучуков, фторкаучуков и фторопластов), разрушаются под действием света — происходит фотоокисление. Чтобы увеличить стойкость полимеров к ультрафиолетовому излучению, в них добавляют специальные УФ-абсорберы. Самым эффективным из них оказался высокодисперсный технический углерод — сажа. Некоторые сорта сажи одновременно замедляют и фотоокисление, и окисление без воздействия света, поэтому она — обязательный компонент резин на основе хлорпренового, бутил- и этилен-пропиленовых каучуков, а также композиций, содержащих высокомолекулярный полиизобутилен и полиэтилен, применяемых для устройства кровель и гидроизоляции.

Помимо света и кислорода, на полимерные кровельные материалы действует озон, который так же, как кислород, окисляет цепные молекулы эластомеров по двойным связям и вызывает их быстрый распад. Озонное старение — важнейшая составляющая ат-

Разрушение резин из различных каучуков, приготовленных без применения специальных озонозащитных компонентов

Таблица 1

Каучук (деформация растяжения 50%)	Время до появления трещин, сутки
Силоксановый СКТВ	>1460
хлорсульфополиэтилен	> 1460
Фторкаучук СКФ-26	>1460
Бутилкаучук	800
Этилен-пропиленовый каучук	752
Хлорпреновый каучук	456
Натуральный каучук	11
Бутадиен-метилстирольный каучук	10
Бутадиен-нитрильный каучук СКН-26	4
Полиизопреновый каучук СКИ-3	3

(аналог натурального каучука)

ТЕХНОЛОГИИ





молекулярного старения резины. Этот процесс виден невооруженным глазом, поскольку на растянутых поверхностях образуются трещины, причем в некоторых видах каучука трещины появляются всего через три дня (табл. 1). Интересно, что максимальная скорость озонного старения происходит при небольших удлинениях (20–50%). Чтобы исследовать озонное старение, ученые выставляют образцы материалов на открытых площадках (крышных станциях), расположенных в различных климатических зонах, а также помещают их в аппараты искусственной погоды (везерометры) и специальные озонные камеры.

Чтобы уменьшить разрушение резины из-за озона, в них добавляют еще один тип защитных веществ — химические и физические антиозонанты. Примером химической защиты может служить *N*-изопропил-*N*-фенил-*p*-фенилендиамин (диафен ФП). Физические антиозонанты — это различные воски, то есть смеси органических веществ, похожие на пчелиный воск (наиболее распространенные воски — продукты переработки нефти: парафины, петролатум, церезины и их комбинации). Воскообразные вещества мигрируют на поверхность резины и образуют тонкую пленку, которая и защищает их от озона.

Практика: рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы

Одним из первых полимеров, примененных в строительстве для гидроизоляции, был высокомолекулярный полиизобутилен (рис. 4). В 1938 году на его основе в Германии сделали рулонный гидроизоляционный материал «Опанол ВА», из которого тогда же была устроена гидроизоляция автодорожного моста через Рейн. «Опанол ВА» широко применяли в Германии в годы Второй мировой войны для гидроизоляции подземных сооружений, а также заводов, складов и т. п. Рулонные материалы из полиизобутилена и сегодня используют для устройства кровель, гидроизоляции подземных сооружений, мостов и санузлов. В начале 50-х годов в США появились опытные кровли из листов резины на основе бутилкаучука.

С конца 60-х, когда стало ясно, что этот материал сохраняет свои свойства очень долго, его производство наладили в США, Канаде и Японии. Одновременно в США начали использовать хлоропреновый каучук — из листов такой резины сделали крышу здания, где собирали космические ракеты по проекту «Аполлон» в штате Флорида. В последние десятилетия XX века на первое место вышел этилен-пропиленовый каучук, причем масштабы его производства огромны (в 1986 году в США для этих целей израсходовали 20 000 тонн тройного сополимера).

На первом этапе развития новой технологии, в 60-х годах прошлого века, считалось, что альтернатива рубероиду в строительстве — жидкие полимерные композиции на основе растворов или водных дисперсий полимеров. Потом оказалось, что все-таки в большинстве случаев удобны именно рулонные кровельные и гидроизоляционные эластомерные материалы (РКГЭМ).

Конечно технологию, о которой идет речь, давно используют не только при замене рубероида и строительстве кровель из легких металлических конструкций. Сейчас полимерные крыши делают также на основаниях из бетона и других материалов. Большим шагом вперед стала технология получения ковров из отдельных предварительно вулканизированных полотнищ шириной 1–1,5 м, размеры которых могут достигать 1000 м². Эти полотнища соединяют в ковры, привозят на стройки в сложенном виде и укладывают на крыше с помощью клеев и герметиков, формируя монолитную мембрану.

Одно перечисление областей применения подобных рулонных материалов, наверное, займет целую страницу. Это гидроизоляция фундаментов, виадуков, автомагистральных и железнодорожных тоннелей, объектов метро, плотин и оросительных каналов, водопроводов, резервуаров для воды, отстойников для биологической очистки сточных вод, хранилищ жидких промышленных отходов и других подобных сооружений. Например, в конце 60-х годов из листов резины на основе бутилкаучука, армированного волокнами нейлона (0,8 мм), облицевали 45 га водохранилища Каулапуу (Гавайские острова, США). Один квадратный метр облицовки ве-

сил всего 1 кг при очень низкой себестоимости. В некоторых случаях используют фторопласты (тефлон), нанесенные на стеклоткань, — именно таким материалом покрыты 424 000 м² крыши одного из аэропортов Саудовской Аравии.

В Советском Союзе крупномасштабное применение РКГЭМ в строительстве началось во второй половине 80-х годов. До этого у нас не хватало исходных полимеров — полиизобутилена, бутил- и этилен-пропиленового каучуков — и не было свободных мощностей на заводах резинотехнических изделий. Ситуация изменилась в 1990–2000 годах: увеличился выпуск каучуков и освободились мощности на заводах. Рулонные материалы стали делать в Казани, Ярославле, Уфе, Астрахани. Естественно, в комплекте с ними производят клеи, герметики, клейкие ленты, формованные детали (фланцы), — все, что нужно для создания герметичной резиновой мембраны. Создана целая технология монтажа таких кровель с помощью склеивания, сварки, герметизации швов, которая обеспечивает надежное соединение резиновых полотен между собой и с элементами строительных конструкций. Вот почему полимерные кровли, в отличие от традиционных кровельных крыш из шифера и рубероида, делают специализированные фирмы с собственным штатом инженеров и обученных рабочих. (Внимание: не следует путать материалы, о которых идет речь, с полимерным шифером, который продается на любом строительном рынке и из которого любой покупатель может сам сделать крышу для садового домика.)

Во многих городах России полимерная кровля уже перестала быть экзотикой, причем не только на жилых и общественных зданиях, но и на промышленных объектах. Так, крыши Курской и Балаковской АЭС, в том числе и хранилища радиоактивных отходов, сделаны из отечественного полимерного материала «Кровлелон» с повышенной огнестойкостью. Рулонный кровельный материал с повышенной огнестойкостью на основе хлоропренового каучука разработан в АО «Ярославль-резинотехника». В институте ЦНИПИ легстальконструкция также придумали свою технологию производства кровельных панелей с повышенной огнестойкостью. На легкое металлическое основание наносят слой негорючего пенопласта, а затем рулонный материал на основе этилен-пропиленовых каучуков с пониженной горючестью (содержащий антипирены) — получается готовая панель, которую можно доставлять в любые районы, в том числе и труднодоступные для обычных перевозок. Монтаж исключительно прост — достаточно проклеить стыки самоклеящимися лентами, и крыша готова.

Практика: крыши на основе растворов полимеров и латексов

Когда по тем или иным причинам невозможно сделать рулонную кровлю, можно прямо на нужное место послойно наносить растворы полимеров. Застывая, они дадут сплошное покрытие. Такую технологию начали осваивать в США в 1957 году. На основании кровли последовательно наносят растворы хлоропренового каучука (основной гидроизоляционный слой) и хлорсульфополиэтилена (верхний светозащитный слой), содержащие наполнители и вулканизирующую группу. После испарения растворителя (ксилола) в обоих слоях происходит холодная вулканизация, и получается эластичная монолитная пленка толщиной 1,0–1,5 мм.

Основная область применения такого метода — кровельная изоляция на поверхностях из напряженного железобетона. С 1957 по 1963 год в США, Канаде и других странах таким образом сделали около 2 млн. м² прочных и долговечных кровельных покрытий. Но технология так и не пошла дальше — токсичные органические растворители ограничили ее распространение. Позднее в США стали применять жидкие полимерные композиции на основе полиуретанов с каменноугольной смолой.

Жидкие кровли делают также из хлоропреновых или акриловых латексов. В этом случае приходится применять армирующие прокладки из синтетических тканей и защитные слои светозащитных красок. Таким образом устроены крыши небоскребов Нью-Йорка и Чикаго, в частности небоскреба Эмпайр Стейт Билдинг и здания ООН. В последние годы в США и Японии изготавливают кровли из акриловых дисперсий. Их наносят в два слоя, причем сразу после нанесения первого на него укладывают нетканый материал из полиэфирных волокон. В США и Англии с помощью акриловых дисперсий ремонтируют изношенные рубероидные или металлические крыши.

В 1970–1990 годах в институте ВНИИстройполимер ученые тоже разработали мастики растворного типа (хлорсульфополиэтилен в ароматическом растворителе — «кровлелит», и бутилкаучук в бензине), которыми чинили рубероидные крыши. Мастику «кровлелит» применяли также для защиты рубероидных кровель от выбросов щелочей на предприятиях цветной металлургии и химических заводах. Для конструкций сложной формы, например куполов из железобетона, там же сделали жидкий кровельный материал на основе силиконового каучука. В отличие от хлорсульфополиэтилена эта композиция растворяется в малотоксичном бензине, а крыша из нее очень устойчива к атмосферным воздействиям и морозам.

В те же годы во ВНИИстройполимер ученые придумали много интересных и оригинальных технологий, которые были даже запатентованы за рубежом. Например, составы на основе латексов (хлоропренового, бутилкаучука, бутадиен-стирольного), которые не горят и не выделяют никаких токсичных веществ. Они защищают поверхности от влаги при температурах от нуля до ста градусов по Цельсию и выдерживают многократные замораживания и оттаивания. Ими покрывают стены бань, фабрик по производству бумаги и картона, кожевенных заводов, предприятий пищевой промышленности, холодильники, пропарочные камеры заводов, камеры биологического разложения бытового мусора.

К сожалению, ВНИИстройполимер сейчас практически не существует. Так же, как многие другие огромные отраслевые институты. Впрочем, на Западе и нет таких форм организации научного труда — там все максимально приближено к производству и его нуждам. Может быть, это и неплохо: есть конкретная задача и заказчик, который с нетерпением ждет ее решения. Так, в 1991 году НПП «Эластомер» (Волгоград) совместно с Волгоградским техническим университетом создали кровельную систему «Эластотур-К» на основе жидкого каучука, которая надежно покрывает здания таежных компрессорных станций Тюменьтрансагаза (перепад температур в зимнее время 110°C) и постройки в городах сибирских нефтяников — Ноябрьске, Когалыме, Лангепасе, Сургуте.

Но таких примеров немного, и нам трудно конкурировать с западными коллегами. Чтобы изменить ситуацию, надо создавать специальные научные центры при крупных заводах резинотехнических изделий и других химических предприятиях, где можно было бы разрабатывать новые материалы и сопутствующие компоненты — клеи, герметики, клейкие ленты. К исследованиям можно и нужно привлекать университетские и академические лаборатории. Следующим совершенно необходимым шагом возрождения российской строительной химии должно быть создание государственных стандартов, строго регламентирующих качество производимых материалов.

Экономичная кровля

Рулонные резиновые кровли для крыш существуют уже давно. Современные материалы устойчивы к солнечному свету, кислороду, дождю и другим неблагоприятным атмосферным явлениям, но имеют высокую себестоимость. Ученые Московской академии тонкой химической технологии им. М.В.Ломоносова совместно с Институтом биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН разработали резиновые смеси двух типов: на основе хлоропренового и этиленпропилендиенового каучуков. Из них получаются отличные и дешевые покрытия для крыш, которые легко монтируются. Одновременно новая технология позволяет решать экологическую проблему — для производства нового типа рулонной листовой кровли ученые предложили использовать отходы шинного производства.

В производстве шин, на стадии вулканизации резины в качестве промежуточного изделия применяют диафрагму. Диафрагмы делают на основе бутилкаучука, и на шинных заводах их скапливается довольно много. Эти отходы занимают много места, и пока нет экологически чистого способа их утилизации. Ученые предложили получать из диафрагм бутилрегенерат — вещество, которое может значительно удешевить резиновые кровельные материалы. В резиновые смеси на основе хлоропренового и этиленпропилендиенового каучука (с добавками технического углерода) химики вводили разные количества бутилрегенерата. Оказалось, что если добавить его почти столько же, сколько каучука, то резина получается устойчивой к действию кислорода, перепадам температуры, а также сохраняет гибкость и прочность при растяжении. Кровельные изделия — емкие материалы, поэтому туда можно добавлять большое количество отходов от производства шин.

Ученым удалось исключить из технологии дорогостоящую операцию вулканизации резины, что снизило себестоимость рулонной кровли и упростило ее изготовление. Испытания показали, что она легко и хорошо монтируется на крыше, имеет гладкую поверхность, с которой быстрее стекает вода.

