

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности



Обзор рынка ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол в России

Москва
сентябрь, 2024

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <https://infomine.ru/research/20/694>

Общее количество страниц: 100 стр.

Стоимость отчета – 72 000 рублей

Стоимость отчета различных комплектаций поставки:

- 1. Базовая** - файл формата PDF - 72 тыс.рублей
- 2. Расширенная** - файлы формата PDF + Word - 78 тыс.рублей
- 3. Пользовательская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel - 84 тыс.рублей
- 4. Представительская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании - 89 тыс.рублей
- 5. Максимальная** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании + презентация, изготовленная на основании данных отчета в .ppt - 109 тыс.рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов Инфомайн, являются надежными, однако Инфомайн не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Инфомайн приложил все возможные усилия, чтобы проверить достоверность имеющихся сведений, показателей и информации, содержащихся в исследовании, однако клиенту следует учитывать наличие неустраняемых сложностей в процессе получения информации, зачастую касающейся непрозрачных и закрытых коммерческих операций на рынке. Исследование может содержать данные и информацию, которые основаны на различных предположениях, некоторые из которых могут быть неточными или неполными в силу наличия изменяющихся и неопределенных событий и факторов. Кроме того, в ряде случаев из-за погрешности при округлении, различий в определениях, терминах и их толкованиях, а также использования большого числа источников, данные могут показаться противоречивыми. Инфомайн предпринял все меры для того, чтобы не допустить очевидных несоответствий, но некоторые из них могут сохраняться.

Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. Инфомайн не проводит какую-либо последующую работу по обновлению, дополнению и изменению содержания исследования и проверке точности данных, содержащихся в нем. Инфомайн не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации.

Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Инфомайн либо тиражироваться любыми способами. Заказчик имеет право проводить аудит (экспертизу) исследований рынков, полученных от Исполнителя только в компаниях, имеющих членство ассоциации промышленных маркетологов ПРОММАР (<http://www.prommar.ru>) или силами экспертно-сертификационного совета ассоциации ПРОММАР. В других случаях отправка исследований на аудит или экспертизу третьим лицам считается нарушением авторских прав.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	9
Введение	11
1. Технология производства полиэфирных и эпоксидных смол и используемое в промышленности сырье	13
1.1 Ненасыщенные полиэфирные смолы	13
1.2. Эпоксидные смолы	18
2. Производство полиэфирных и эпоксидных смол в России в 2018-2023 гг.	24
2.1. Требования к качеству полиэфирных и эпоксидных смол	24
<i>Ненасыщенные полиэфирные смолы</i>	24
<i>Эпоксидные смолы</i>	26
2.2. Динамика производства полиэфирных и эпоксидных смол в России в 2019-2023 гг.	30
<i>Ненасыщенные полиэфирные смолы</i>	30
<i>Эпоксидные смолы</i>	32
2.3. Текущее состояние крупнейших предприятий-производителей в РФ .	34
<i>Ненасыщенные полиэфирные смолы</i>	34
ООО «Дугалак» (Ярославская область)	34
ООО «Радуга Синтез» (Московская область)	38
ФКП Комбинат «Каменский» (Ростовская область)	40
АО «Пермские полиэфирные» (г. Пермь)	43
АО «Камтэкс-полиэфирные» (г. Пермь)	45
<i>Эпоксидные смолы</i>	48
ФКП «Завод им. Я.М.Свердлова» (Нижегородская обл.)	48
2.4. Новые проекты по выпуску полиэфирных и эпоксидных смол, а также сырья для их производства	51
3. Внешнеторговые операции с полиэфирными и эпоксидными смолами в РФ в 2019-2023 гг.	54
3.1. Ненасыщенные полиэфирные смолы	54
<i>Импорт ненасыщенных полиэфирных смол в 2019-2023 гг.</i>	55
<i>Экспорт ненасыщенных полиэфирных смол в 2019-2023 гг.</i>	59
3.2. Эпоксидные смолы	61
<i>Импорт эпоксидных смол в 2019-2023 гг.</i>	62
<i>Экспорт эпоксидных смол в 2019-2023 гг.</i>	66
4. Обзор российских цен на полиэфирные и эпоксидные смолы в 2019-2023 гг.	67
4.1. Внутренние цены	67
4.2. Экспортно-импортные цены	68
<i>Ненасыщенные полиэфирные смолы</i>	68

Эпоксидные смолы	70
5. Потребление полиэфирных и эпоксидных смол в России	72
5.1. Баланс производства-потребления полиэфирных и эпоксидных смол в России в 2019-2023 гг.....	72
<i>Ненасыщенные полиэфирные смолы</i>	72
<i>Эпоксидные смолы</i>	73
5.2. Оценка структуры потребления полиэфирных и эпоксидных смол в РФ	74
5.3. Основные отрасли потребления полиэфирных и эпоксидных смол в РФ	76
<i>Производство композитных материалов</i>	76
<i>Производство лакокрасочных материалов</i>	81
<i>Производство эпоксидных систем и компаундов</i>	83
<i>Производство строительных материалов</i>	85
6. Прогноз развития рынка полиэфирных и эпоксидных смол в России до 2030 г.....	90
Приложение. Контактная информация крупнейших российских производителей полиэфирных и эпоксидных смол	99

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1: Основные компоненты ненасыщенных полиэфирных смол
- Таблица 2: Физико-механические показатели полиэфирных ненасыщенных смол согласно ГОСТ 27952-2017
- Таблица 3: Справочные показатели полиэфирных ненасыщенных смол (неотвержденных и отвержденных) согласно ГОСТ 27952-2017
- Таблица 4: Физико-механические показатели эпоксидно-диановых смол согласно ГОСТ 56211-2014
- Таблица 5: Физико-химические свойства эпоксидно-диановых смол согласно ГОСТ 56211-2014
- Таблица 6: Свойства эпоксидных модифицированных смол (неотвержденных и отвержденных) согласно ТУ 2225-597-11131395-01
- Таблица 7. Производство ненасыщенных полиэфирных смол в России в 2015-2023 гг. по предприятиям, т
- Таблица 8. Финансовые показатели ООО «Дугалак» в 2019-2023 гг., млн руб.
- Таблица 9. Финансовые показатели ООО «Радуга Синтез» в 2019-2023 гг., млн руб.
- Таблица 10. Финансовые показатели АО «Пермские полиэфирные» в 2019-2023 гг., млн руб.
- Таблица 11. Финансовые показатели АО «Камтэкс-полиэфирные» в 2019-2023 гг., млн руб.
- Таблица 12. Импорт ненасыщенных полиэфирных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., т
- Таблица 13. Основные поставщики ненасыщенных полиэфирных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., т
- Таблица 14. Основные импортеры ненасыщенных полиэфирных смол в РФ в 2019-2023 гг., т
- Таблица 15. Экспорт ненасыщенных полиэфирных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., т
- Таблица 16. Экспортеры ненасыщенных полиэфирных смол в РФ в 2022-2023 гг., т
- Таблица 17. Импорт эпоксидных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., т
- Таблица 18. Основные поставщики эпоксидных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., т
- Таблица 19. Основные импортеры эпоксидных смол в РФ в 2019-2023 гг., т
- Таблица 20. Экспорт эпоксидных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., т
- Таблица 21. Цены российских производителей на ненасыщенные полиэфирные и эпоксидные смолы в 2024 г., руб./кг
- Таблица 22. Импортные цены на ненасыщенные полиэфирные смолы по странам в 2019-2023 гг., \$/т
- Таблица 23. Экспортные цены на ненасыщенные полиэфирные смолы по странам в 2019-2023 гг., \$/т

- Таблица 24. Импортные цены на эпоксидные смолы по странам в 2019-2023 гг., \$/т
- Таблица 25. Баланс производства-потребления ненасыщенных полиэфирных смол в РФ в 2019-2023 гг., тыс. т, %
- Таблица 26. Баланс производства-потребления эпоксидных смол в РФ в 2019-2023 гг., тыс. т, %
- Таблица 27. Объем производства и потребления готовых изделий из ПКМ в РФ, а также внешнеторговых операций на российском рынке ПКМ и готовых изделий на их основе в 2019-2023 гг., млрд руб.
- Таблица 28. Индексы промышленного производства в химической и лакокрасочной промышленности РФ в 2017-2023 гг., % к предыдущему году
- Таблица 29: Показатели развития отраслей строительства и жилищно-коммунального хозяйства, отвечающие базовому сценарию реализации Стратегии развития строительной отрасли РФ

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1: Схема реакции получения эпоксидной смолы
- Рисунок 2: Блок-схема производства эпоксидных смол
- Рисунок 3: Динамика производства ненасыщенных полиэфирных смол в России в 2015-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 4: Динамика производства эпоксидных смол в России в 2015-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 5: Динамика производства ненасыщенных полиэфирных смол ООО «Дугалак» в 2009-2023 гг., т
- Рисунок 6: Динамика производства ненасыщенных полиэфирных смол ООО «Радуга Синтез» в 2011-2023 гг., т
- Рисунок 7: Динамика производства ненасыщенных полиэфирных смол ФКП «Комбинат Каменский» в 2010-2023 гг., т
- Рисунок 8: Динамика производства ненасыщенных полиэфирных смол АО «Пермские полиэфирные» в 2009-2023 гг., т
- Рисунок 9: Динамика производства ненасыщенных полиэфирных смол АО «Камтэкс-полиэфирные» в 2012-2023 гг., т
- Рисунок 10: Динамика производства эпоксидных смол ФКП «Завод им. Я.М.Свердлова» в 2015-2023 гг., т
- Рисунок 11: Динамика внешнеторговых операций РФ с ненасыщенными полиэфирными смолами в 2019-2023 гг., т
- Рисунок 12: Изменение структуры импорта ненасыщенных полиэфирных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., %
- Рисунок 13: Динамика внешнеторговых операций РФ с эпоксидными смолами в 2019-2023 гг., т
- Рисунок 14: Изменение структуры импорта эпоксидных смол в РФ по странам в 2019-2023 гг., %
- Рисунок 15: Динамика внутренних российских цен на эпоксидные смолы в 2017-2022 гг., руб./кг
- Рисунок 16: Динамика средних экспортно-импортных цен на ненасыщенные полиэфирные смолы в 2019-2023 гг., \$/т
- Рисунок 17: Динамика средних импортных цен на эпоксидные смолы в 2019-2023 гг., \$/т
- Рисунок 18: Динамика потребления ненасыщенных полиэфирных смол в России в 2019-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 19: Динамика потребления эпоксидных смол в России в 2019-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 20: Структура потребления ненасыщенных полиэфирных смол в России, %
- Рисунок 21: Структура потребления эпоксидных смол в России, %
- Рисунок 22: Динамика ввода жилья в эксплуатацию (млн м²) и производства работ по виду деятельности «Строительство»

Рисунок 23: Прогноз роста производства и потребления ненасыщенных полиэфирных смол в России до 2030 г., тыс. т

Рисунок 24: Прогноз роста производства и потребления эпоксидных смол в России до 2030 г., тыс. т

Аннотация

Настоящий отчет является **первым изданием** исследования рынка полиэфирных и эпоксидных смол в России.

Цель исследования – анализ российского рынка полиэфирных и эпоксидных смол.

Объектами исследования являются ненасыщенные полиэфирные и эпоксидные смолы.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные статистических комитетов стран ЕАЭС (в том числе Росстата, Национального статистического комитета Республики Беларусь, Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан); международные базы данных ООН (UNdata), World Bank, Eurostat; данные международной и европейской торговли (UN Comtrade, Trade Map); Федеральной таможенной службы РФ (до 2022 г.); Единой информационной системы в сфере закупок; статистики железнодорожных перевозок; базы СБИС; зарубежных специализированных компаний; годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг; отраслевой и региональной прессы, материалов конференций, интернет-сайтов предприятий-производителей и потребителей исследуемой продукции; научно-технической литературы (eLibrary и др.), база патентов ФИПС; база данных «Инфолайн» и т.д.

Хронологические рамки исследования: 2019-2023 гг.; прогноз – 2024-2030 гг.

География исследования: Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка.

Отчет состоит из **6** частей, содержит **100** страниц, в том числе **24** рисунка, **29** таблиц и приложение.

В **первой главе** приведены сведения о существующих технологиях производства ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол, требуемом для производства сырья.

Вторая глава посвящена производству ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол в России в 2019-2023 гг. Здесь представлены требования существующей нормативно-технической документации к качеству выпускаемой продукции. Приведена динамика производства ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол в РФ в 2019-2023 гг., дано описание основных российских производителей. Также выявлены перспективы создания новых производств рассматриваемой продукции и требуемого для производства сырья.

В **третьей главе** отчета приводятся данные о внешнеторговых операциях России с ненасыщенными полиэфирными и эпоксидными смолами в 2019-2023 гг. Приведена региональная структура импорта и экспорта, а также крупнейшие экспортеры и импортеры продукции.

В **четвертой главе** проанализированы сведения об уровне цен на ненасыщенные полиэфирные и эпоксидные смолы на внутреннем рынке, а также данные об изменениях экспортно-импортных цен в 2019-2023 гг.

В **пятой главе** рассматривается потребление ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол в России в 2019-2023 гг. Приведены балансы производства-потребления этих видов продукции, отраслевая структура потребления, описано текущее состояние основных потребляющих отраслей.

В **шестой главе** отчета приводится прогноз развития российского рынка ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол на период до 2030 г.

В **приложении** даны адреса и контактная информация основных российских предприятий-производителей ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол.

Целевая аудитория исследования:

- участники рынка ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных смол – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке химической продукции.

Введение

Синтетические смолы – это продукт химической промышленности, представляющий собой высокомолекулярные соединения, полученные с помощью реакций поликонденсации или полимеризации. В первом случае простые молекулы образуют сложные органические вещества, когда между ними создаются углеродные связи. Во втором случае соединения получаются в процессе объединения простых мономеров.

Технология получения материалов и составов на основе синтетических смол предопределяется в основном особенностями их свойств, зависящих от химического состава и строения. В связи с этими особенностями синтетические смолы подразделяются на термореактивные и термопластичные.

Термопластичные смолы при нагревании размягчаются и становятся вязкотекучими, а при охлаждении восстанавливают свои первоначальные свойства, т.е. изменяют свои свойства обратимо.

Термореактивные смолы при нагревании или при действии специальных веществ (отвердителей) превращаются в твердые, нерастворимые и неплавкие материалы, изменяя свои свойства необратимо. При чрезмерном нагреве такие смолы разлагаются.

Термореактивные материалы обладают высокой устойчивостью к коррозии, нагреву и механической ползучести. В результате они идеально подходят для компонентов, требующих высоких показателей прочности и веса, жестких допусков и термического воздействия.

К термореактивным смолам относятся: фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные, меламиновая, *ненасыщенные полиэфирные и эпоксидные смолы*.

Основным направлением использования термореактивных полимеров является производство полимерных композиционных материалов (ПКМ), в которых связующее, представленное термореактивным полимером, армировано стекловолокном, углеродным, кварцевым, арамидным или другими волокнами. Такие материалы обладают исключительными показателями прочности при малом весе.

Для изготовления композиционных материалов наиболее часто применяют ненасыщенные полиэфирные и эпоксидные смолы.

Ненасыщенные полиэфирные смолы представляют собой растворы ненасыщенных поли(олиго)эфиров (вязкие жидкости или твердые вещества с температурой размягчения 30-150°C, молекулярной массой 300-3000, плотностью 1,1-1,5 г/см³ (при 20°C)) в мономерах или олигомерах, способных к сополимеризации с этими полиэфирами.

Связующие на основе ненасыщенных полиэфирных смол являются одними из наиболее широко используемых матриц для стеклопластиков, применяемых в гражданских отраслях промышленности. Это объясняется тем,

что они являются дешевыми и доступными материалами и обладают хорошими технологическими свойствами.

В отвержденном состоянии полиэфирные смолы отличаются водостойкостью, химической стойкостью к действию кислот, органических жидкостей и окислителей. Важными преимуществами этих смол являются малая вязкость, облегчающая совмещение с наполнителем, и способность отверждаться в широком интервале температур без применения высокого давления. К недостаткам полиэфирных смол относятся сравнительно невысокие механические свойства в отвержденном состоянии, невысокая адгезия ко многим наполнителям, достаточно большая усадка, невысокая стойкость к щелочам, и горючесть.

Эпоксидные смолы представляют собой жидкие, вязкие или твердые продукты конденсации многоатомных фенолов (дифенилолпропан, резорцин) с соединениями, содержащими эпоксидную группу, например, эпихлоргидрин глицерина, диглицидный эфир глицерина, дихлоргидрин глицерина.

Связующие на основе эпоксидных смол применяют для получения всех типов ПКМ – стекло-, угле-, органопластиков и гибридных материалов.

Для эпоксидных связующих характерны высокие адгезионные свойства и прочностные характеристики, отсутствие объемной усадки при отверждении, повышенное сопротивление усталости, способность выдерживать циклические нагрузки и сопротивление к образованию микротрещин, устойчивость при воздействии влаги и др.

В последние годы Правительство РФ ведет работу, направленную на восстановление компетенций в мало- и среднетоннажной химии.

В соответствии с поручением Президента Российской Федерации от 16 января 2021 года № Пр-46 необходимо принять меры по развитию до 2030 года производства малотоннажной и среднетоннажной химической продукции и увеличению объемов выпуска такой продукции к 2025 и 2030 годам на 30 и 70 процентов соответственно (по сравнению с объемами 2020 года). В связи с этим Комитетом по химической промышленности «Деловой России» сформирован перечень «вытягивающих» проектов в сфере малотоннажной химии, которые могут стать драйвером ее развития. Одним из них является производство **терморепреактивных связующих**.

1. Технология производства полиэфирных и эпоксидных смол и используемое в промышленности сырье

1.1 Ненасыщенные полиэфирные смолы

Полиэфирные смолы относятся к классу термореактивных полимеров, получаемых методом поликонденсации.

Ненасыщенные полиэфирные смолы представляют собой растворы ненасыщенных поли(олиго)эфиров (вязкие жидкости или твердые вещества с температурой размягчения 30-150°C, молекулярной массой 300-3000, плотностью 1,1-1,5 г/см³ (при 20°C)) в мономерах или олигомерах, способных к сополимеризации с этими полиэфирами.

По составу ненасыщенные полиэфирные смолы представляют собой многокомпонентную смесь химических веществ различной природы, выполняющих определенные функции. Основные компоненты из которых состоят полиэфирные смолы и выполняемые ими функции описаны в таблице 1.

Таблица 1: Основные компоненты ненасыщенных полиэфирных смол

№	Наименование	Функция	Типичное содержание в смоле, %
1	Ненасыщенный полиэфирный олигомер – полиэфир	Основное полимеризующееся вещество	65-70
2	Растворитель	Снижает вязкость и сополимеризуется с основным веществом	25-30
3	Инициатор	Обеспечивает процесс полимеризации смолы	1,5-8
4	Ускоритель	Обеспечивает высокую скорость полимеризации	1,5-6
5	Ингибитор	Не позволяет полимеризоваться смоле в процесс хранения	0,05

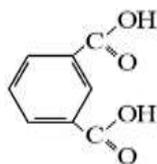
Источник: Обзор научно-технической литературы

Ненасыщенный полиэфир, являющийся основным компонентом смолы, представляет собой продукт реакции поликонденсации многоатомных спиртов с многоосновными кислотами или ангидридами, содержащих эфирные группы в основной цепи -CO-C.

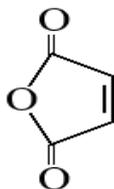
В качестве многоатомных спиртов чаще всего используют *этиленгликоль, диэтиленгликоль, пропиленгликоль, глицерин и дипропиленгликоль*. В качестве ацилирующих мономеров используют ненасыщенные дикарбоновые (*малеиновая, фумаровая*) кислоты и их ангидриды, монокарбоновые кислоты (*акриловая, метакриловая*), а также насыщенные кислоты (*фталевая и ее ангидрид, адипиновая, себациновая*).

Сырье для производства ненасыщенных полиэфиров:

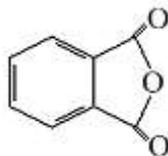
- этиленгликоль (гликоль) $\text{HO}-(\text{CH}_2)_2-\text{OH}$;
- диэтиленгликоль $\text{HO}-(\text{CH}_2)_2\text{O}(\text{CH}_2)_2-\text{OH}$;
- 1,2 пропиленгликоль $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{OH}$;
- глицерин $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})$;
- адипиновая кислота $\text{HO}(\text{CO}(\text{CH}_2)_4\text{COOH})$;
- себациновая кислота $\text{HO}(\text{CO}(\text{CH}_2)_8\text{COOH})$;
- фумаровая кислота $\text{HO}_2\text{CCH}=\text{CHCO}_2\text{H}$;
- метакриловая кислота $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$;
- изофталевая кислота



- малеиновый ангидрид



- фталевый ангидрид



Наиболее распространены два типа ненасыщенных полиэфиров: *полиэфирмалеинаты* и *полиэфиракрилаты*.

Полиэфирмалеинаты получают взаимодействием *малеинового ангидрида* (МА) с двухатомными спиртами (*этиленгликоль*, *диэтиленгликоль*, *1,2-пропиленгликоль*), при этом для регулирования количества двойных связей в получаемом олигомере и получения конечного полимера с требуемыми свойствами в реакционную систему вводят также другие дикарбоновые кислоты (адипиновая, изофталевая, фталевый ангидрид и др.).

Ненасыщенные полиэфирные смолы на основе МА являются одним из наиболее широко используемых типов смол.

Отечественной промышленностью выпускается более 15 видов полиэфирмалеинатных смол, обладающих различными физико-механическими свойствами.

В наименование марок полиэфирмалеинатов входят две буквы П (полиэфир) и Н (ненасыщенный) и через черточку цифра, указывающая номер марки.

В качестве связующих для полимерных композитов наиболее часто применяют смолы марок ПН-1; ПН-2; ПН-3; ПН-62; ПНС-609 - 22м.

Основное, широко применяемое изделие – смола общего назначения полиэфирная ненасыщенная (ПН-1) – связующее вещество для производства композитных изделий, изделий из стекловолокна и стеклопластика. Представляет собой раствор ненасыщенного полиэфира на основе диэтиленгликоля, малеинового ангидрида и фталевого ангидрида.

Связующие на основе смолы ПН-1 получили наибольшее применение в производстве стеклопластиков в связи с большим дефицитом и более высокой стоимостью других полиэфирных смол. Отверждение связующих и стеклопластиков на основе смолы ПН-1 может происходить как при комнатной, так и при повышенных температурах. Стеклопластики на основе смолы ПН-1 могут быть получены различными способами: контактным или вакуумным формованием, намоткой, напылением, прессованием.

Смолы марки ПН-2 представляют собой ненасыщенные полиэферы, являющиеся продуктами поликонденсации гликолей с малеиновым и фталевым ангидридами. По внешнему виду – это прозрачные жидкости светложелтого цвета с плотностью 1140 кг/м³.

В производстве стеклопластиков наряду со смолой ПН-1 получила применение смола ПН-3, представляющая собой стирольный раствор этиленгликольмалеинатадипината. Смола ПН-3 отличается от смолы ПН-1 более высокой теплостойкостью (теплостойкость по Вика составляет 170-190°C). Она используется при изготовлении стеклопластиков общего назначения, а также стеклопластиков повышенной теплостойкости, отверждаемых при комнатной и при повышенных температурах. При температурах до 70 °С вязкость смолы ПН-3 выше, чем смолы ПН-1.

Смола ПН-609-21М представляет собой 40%-ный раствор олигоэтиленгликольмалеинатфталата в малолетучем и малотоксичном диметакрилате триэтиленгликоля (ТГМ-3). В составе смолы полностью отсутствует стирол, поэтому связующее на ее основе обладает значительно меньшей токсичностью по сравнению со стиролосодержащей смолой ПН-1 и являются более перспективными в производстве стеклопластиков, особенно при получении их методом контактного формования.

Полиэфиракрилаты (ПЭА) – это ненасыщенные полиэфирные смолы, получающиеся в результате реакции взаимодействия гликоля, фталевой кислоты и акриловой или метакриловой кислоты. Являясь монофункциональными соединениями, эти кислоты выполняют роль обрывателей цепи и обеспечивают получение продукта с невысокой молекулярной массой (500-600) и концевыми акрилатными группами.

ПЭА – большой класс разнообразных продуктов, различающихся химическим строением, молекулярной массой (размером сложноэфирного блока) и свойствами.

Для полиэфиракрилатов предложена система упрощенных названий, включающая буквенные и цифровые обозначения: М -метакриловая кислота, Г-гликоль. Д-диэтиленгликоль, Т-триэтиленгликоль, Ф - фталевая кислота (ангидрид), А-адипиновая кислота, С-себаценовая кислота. Цифра после черточки показывает степень полимеризации олигоэфиракрилата.

Типичные марки полиэфиракрилатов: ТГМ-3 – продукт конденсации триэтиленгликоля и метакриловой кислоты; МГФ-9 – продукт конденсации триэтиленгликоля фталевого ангидрида и метакриловой кислоты; МГФ-11 – продукт конденсации глицерина, фталевого ангидрида и метакриловой кислоты.

Полиэфир МГФ-9 представляет собой вязкую жидкость, содержащую 4% толуола. Полиэфир ТГМ-3 представляет собой низковязкую жидкость, содержащую до 4% бензола. Полиэфиры МГФ-9 и ТГМ-3 предназначаются в качестве компонента связующих при изготовлении стеклотекстолита, а также для сополимеризации с различными мономерами.

Технологическая схема процесса получения полиэфирмалеинатов следующая. Реактор для производства ненасыщенных полиэфиров представляет собой изготовленный из нержавеющей стали или биметалла вертикальный цилиндрический аппарат с эллиптическим днищем и крышкой, снабженный мешалкой обычного рамно-якорного типа и рубашкой. В реактор через крышку введена барботажная труба, по которой подают азот для вытеснения воздуха.

В реактор загружают гликоль и после его подогрева до 100°C – малеиновый и фталевый ангидриды. Иногда в реактор добавляют в количестве 10% от массы основных компонентов растворитель, образующий азеотропную смесь с выделяющейся при синтезе водой, что облегчает ее удаление. Процесс поликонденсации проводят при 170-200°C и работающей мешалке в токе азота. Пары гликоля конденсируются в обратном холодильнике, и конденсат стекает в реактор, а пары воды и азот отводятся через прямой холодильник. Водный конденсат собирается в сборнике. Контролируют процесс по кислотному числу, которое к концу поликонденсации должно составлять 20-45 мг КОН/г. Готовый полиэфир после охлаждения до 70°C сливают в смеситель, где растворяют в стироле или олигомере ТГМ-3. Полученный раствор после охлаждения фильтруют и сливают в тару.

Технологический процесс получения полиэфиракрилатов в основном аналогичен рассмотренному, но осуществляется в более мягких условиях (при более низких температурах), что позволяет избежать полимеризации ПЭА.

Второй необходимый компонент для производства ненасыщенной полиэфирной смолы – это мономер-*растворитель*. Причем растворитель играет двоякую роль. С одной стороны он снижает вязкость смолы до уровня, необходимого для переработки, т.к. сам полиэфир слишком густой. С другой стороны мономер-растворитель активно участвует в сополимеризации с полиэфиром, обеспечивая приемлемую скорость полимеризации и высокую глубину отверждения материала (сами по себе полиэфирные смолы отверждаются очень медленно). Чаще всего для этой цели используется *стирол*, который хорошо растворим, очень эффективен и дешев, однако имеет недостаток – токсичность и горючесть. Существуют также малотоксичные растворители, например нелетучий диметакрилат триэтиленгликоля ТГМ-3 для марки ПН-609-21М.

Компонентом, необходимым для перевода полиэфирных смол из жидкого состояния в твердое, является *инициатор отверждения* – перекись или гидроперекись. При взаимодействии с другим необходимым компонентом – ускорителем инициатор распадается на свободные радикалы, которые возбуждают цепной процесс полимеризации, превращая молекулы полиэфирной смолы также в свободные радикалы. Цепная реакция протекает с большой скоростью и с выделением большого количества тепла. Инициатор вводится в состав смолы непосредственно перед формованием. После введения инициатора заполнение формы должно быть осуществлено за 12-24 часа, т.к. по истечении этого времени смола превратится в студнеобразное состояние.

Четвертым компонентом ненасыщенных полиэфирных смол является *ускоритель* (катализатор) отверждения, который как было сказано выше нужен для реакции с инициатором, в результате которой образуются свободные радикалы, инициирующие процесс полимеризации. Ускоритель может вводиться в состав полиэфиров как на стадии изготовления, так и непосредственно при переработке перед введением инициатора. Наиболее эффективными ускорителями для отверждения полиэфиров при комнатной температуре являются соли кобальта, в частности нафтенат и октоат кобальта, выпускаемые под торговыми марками НК и ОК соответственно.

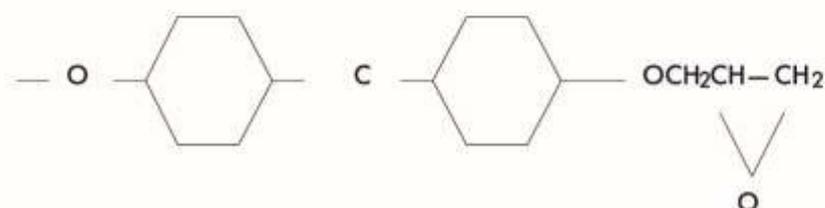
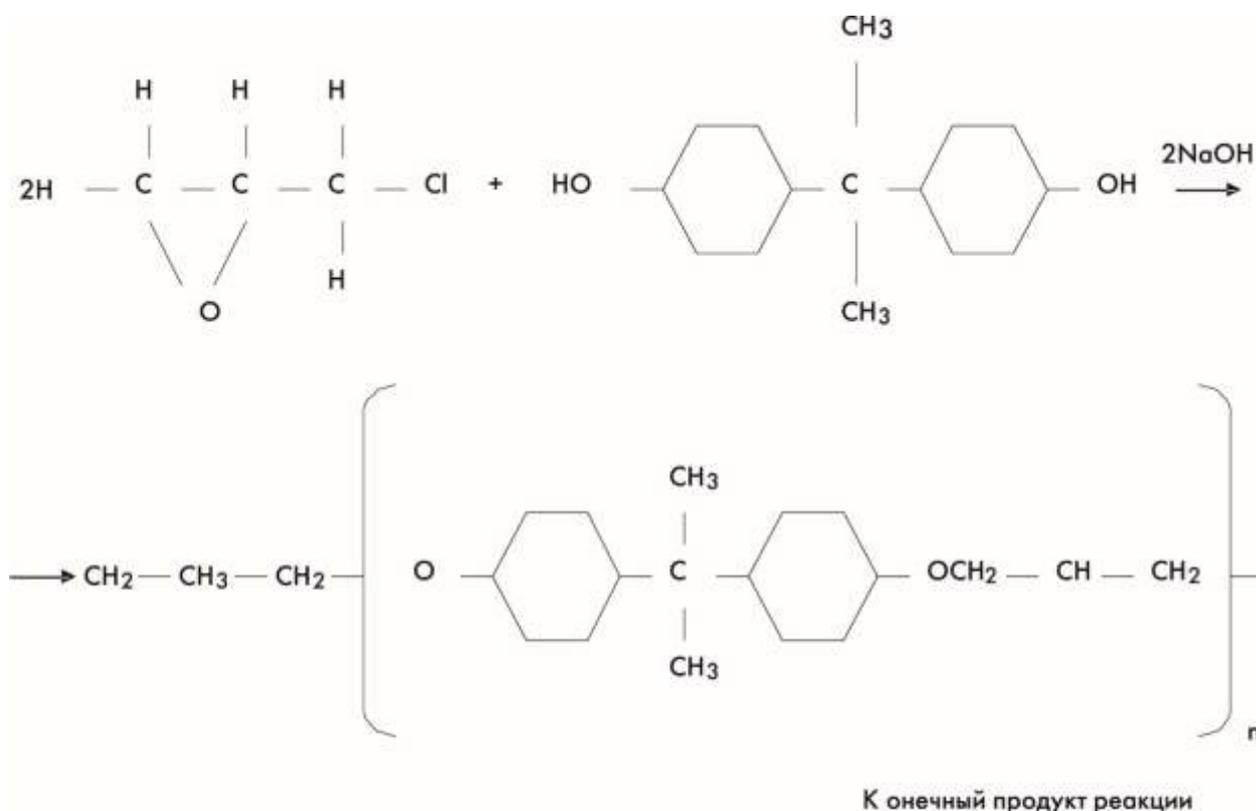
Полимеризацию полиэфирных смол надо не только активировать и ускорять, но иногда и замедлять. Дело в том, что полиэфирные смолы и без инициаторов и ускорителей сами могут образовывать свободные радикалы и преждевременно полимеризоваться в процессе хранения. Для предотвращения преждевременной полимеризации нужен *ингибитор* (замедлитель) отверждения. Механизм его действия заключается во взаимодействии с периодически возникающими свободными радикалами с образованием малоактивных радикалов или соединений нерадикальной природы. В качестве ингибиторов применяют фенол, трикрезол, хиноны и некоторые органические кислоты. Ингибиторы вводятся в состав полиэфиров в весьма небольшом количестве (порядка 0,02-0,05%) на стадии изготовления.

1.2. Эпоксидные смолы

Эпоксидные смолы представляют собой жидкие, вязкие или твердые продукты конденсации многоатомных фенолов (дифенилолпропан, резорцин) с соединениями, содержащими эпоксидную группу, например, эпихлоргидрин глицерина, диглицидный эфир глицерина, дихлоргидрин глицерина.

Наибольшее практическое и широкое применение для получения эпоксидных смол нашли *дифенилолпропан* (диан или *бисфенол А*) и *эпихлоргидрин*. Реакция получения эпоксидной смолы протекает по схеме, изображенной на рис. 1.

Рисунок 1: Схема реакции получения эпоксидной смолы



Источник: обзор научно-технической литературы