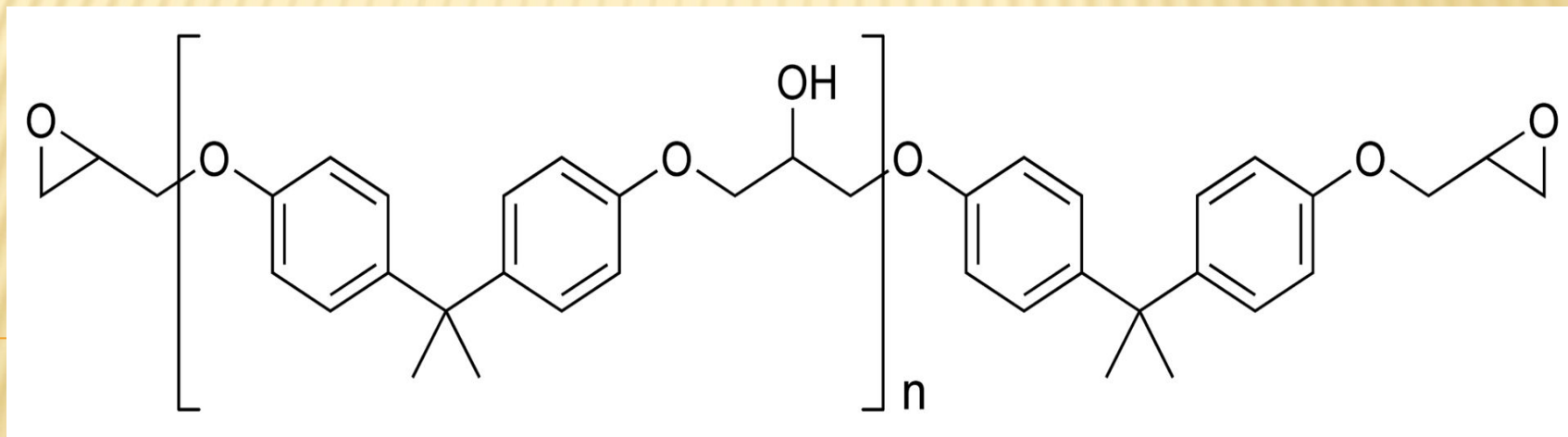


# ЭПОКСИДНАЯ СМОЛА

**Эпоксидная смола** — олигомеры, содержащие эпоксидные группы и способные под действием отвердителей (полиаминов и др.) образовывать сшитые полимеры. Наиболее распространённые эпоксидные смолы — продукты поликонденсации эпихлоргидрина с фенолами, чаще всего — с бисфенолом А.



# СВОЙСТВА

---

- Эпоксидные смолы стойки к действию галогенов, некоторых кислот (к сильным кислотам, особенно к кислотам-окислителям, имеют слабую устойчивость), щелочей, обладают высокой адгезией к металлам. Эпоксидная смола в зависимости от марки и производителя выглядит как прозрачная жидкость желто-оранжевого цвета, напоминающая мёд, или как коричневая твёрдая масса, напоминающая гудрон. Жидкая смола может иметь очень разный цвет — от белого и прозрачного до винно-красного (у эпоксидированного анилина).
- Хотя отверждённая по правильной технологии эпоксидная смола считается абсолютно безвредной при нормальных условиях, её применение сильно ограничено, так как при отверждении в промышленных условиях в ЭС остаётся некоторое количество золь-фракции — растворимого остатка. Он может нанести серьёзный урон здоровью, если будет вымыт растворителями и попадёт внутрь организма. В неотверждённом виде эпоксидные смолы являются достаточно ядовитыми веществами и могут также навредить здоровью.

# ПОЛУЧЕНИЕ

- Впервые эпоксидная смола была получена французским химиком Кастаном в 1936 году.
- Эпоксидную смолу получают поликонденсацией *эпихлоргидрина* с различными органическими соединениями: от фенола до пищевых масел, например, соевого. Такой способ носит название «эпоксидирование».
- Ценные сорта эпоксидных смол получают каталитическим окислением непредельных соединений. Например, таким образом получают циклоалифатические смолы, ценные тем, что они совершенно не содержат гидроксильных групп, и поэтому очень гидроустойчивы, трекинго- и дугостойки.
- Для практического применения смолы нужен отвердитель. Отвердителем может быть полифункциональный амин или ангидрид, иногда кислоты. Также применяют катализаторы отверждения — кислоты Льюиса и третичные амины, обычно блокированные комплексообразователем наподобие пиридина. После смешения с отвердителем эпоксидная смола может быть отверждена — переведена в твёрдое неплавкое и нерастворимое состояние. Если это полиэтиленполиамин (ПЭПА), то смола отвердеет за сутки при комнатной температуре. Ангидридные отвердители требуют 10 часов времени и нагрева до  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  в термокамере (и это ещё без учёта каскадного нагрева со  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

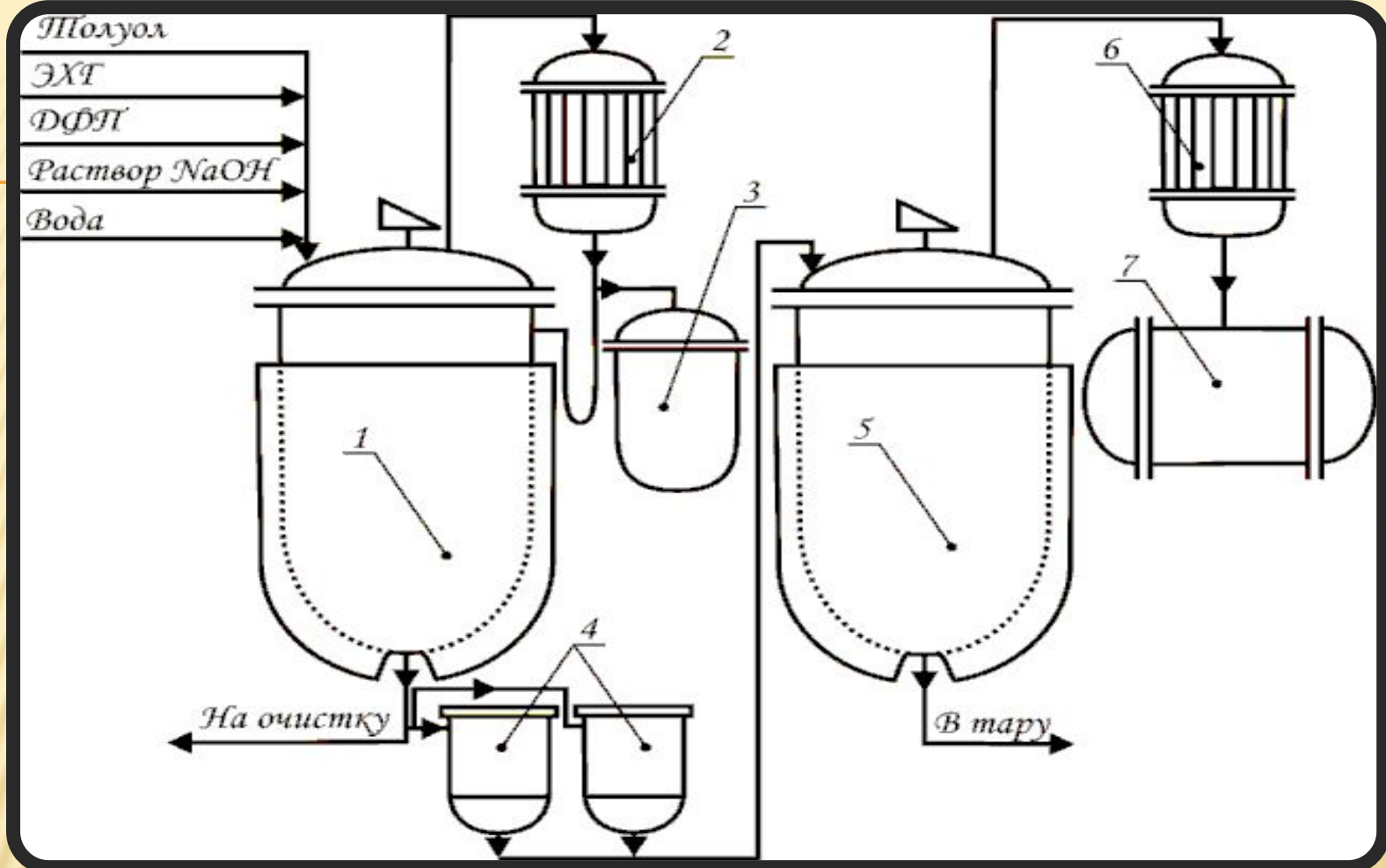


Схема производства жидких эпоксидных смол периодическим методом. 1 — реактор; 2, 6 — холодильники; 3 — приёмник; 4 — фильтры; 5 — аппарат для отгонки толуола; 7 — сборник

# ПРИМЕНЕНИЕ

---

- Из эпоксидных смол готовят различные виды клея, пластмассы, электроизоляционные лаки, текстолит (стекло- и углепластики), заливочные компаунды и пластоцементы.
- На основе эпоксидных смол производятся различные материалы, применяемые в различных областях промышленности. Углеволокно и ЭС образуют углепластик (используется как конструктивный материал в различных областях: от авиастроения (см. Боинг-777) до автостроения). Композит на основе ЭС используется в крепёжных болтах ракет класса земля-космос. ЭС с кевларовым волокном — материал для создания бронежилетов.
- Зачастую эпоксидные смолы используют в качестве эпоксидного клея или пропиточного материала — вместе со стеклотканью для изготовления и ремонта различных корпусов или выполнения гидроизоляции помещений, а также как самый доступный способ в быту изготовить продукт из стекловолокнита, как сразу готовое после отливки в форму, так и с вероятностью дальнейшего разрезания и шлифовки.
- Из стеклоткани с ЭС делают корпуса плавсредств, выдерживающие очень сильные удары, различные детали для автомобилей и других транспортных средств.
- В качестве заливки (герметика) для различных плат, устройств и приборов

# ПРИМЕНЕНИЕ

---

- Также эпоксидные смолы используются в строительстве.
- Из эпоксидных смол изготавливаются самые различные предметы и вещи (например, мундштуки).
- Эпоксидные смолы используют в качестве бытового клея. Использовать эпоксидный клей довольно просто. Смешивание эпоксидной смолы с отвердителем, как правило, выполняется в крайне малых объёмах (несколько граммов), поэтому перемешивание производится при комнатной температуре и не вызывает затруднений, точность пропорции смола/отвердитель при смешивании зависит от производителя эпоксидной смолы или отвердителя, необходимо использовать только те пропорции, которые рекомендованы производителем, так как от этого зависит время отверждения и физические свойства получившегося продукта - отступление от нужной пропорции, как правило, приводит к изменению времени отверждения и изменению конечных свойств материала - при меньшем количестве отвердителя увеличивается время отверждения вплоть до невозможности полностью получить твердый материал, при большем количестве отвердителя - нагрев смеси вплоть до вспенивания и резкого отверждения и получении очень хрупкого материала.
- В качестве отвердителей применяют: отвердители холодного триэтилентетрамин (ТЭТА), полиэтиленполиамин (ПЭПА), полисебациновый ангидрид и горячего отверждения малеиновый ангидрид (ДЭТА).

# ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ СКОРОСТЬ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

- Существует расхожее заблуждение, что если взять отвердителя больше нормы, то отверждение произойдет быстрее. Самый простой способ ускорения полимеризации — повысить температуру реагирующей смеси. Увеличение температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  ускоряет процесс в 2-3 раза. Существуют специальные компаунды, содержащие ускорители отверждения эпоксидные составы, способные отверждаться при низкой температуре. Температуры отвердителя являются основным фактором влияния на скорость отверждения.



# ПРЕИМУЩЕСТВА ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

---

- Эпоксидная смола имеет значительные преимущества перед аналогичными материалами: высокая прочность клеевого соединения,
- минимальная усадка,
- незначительная влагопроницаемость в отвержденном виде,
- высокая устойчивость к абразивному износу,
- лучшие физико-механические параметры



# ВИДЫ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

---

- Температура отверждения эпоксидной смолы варьирует от  $-10$  до  $+200^{\circ}\text{C}$  в зависимости от вида применяемого состава. Различают смолы холодного и горячего отверждения. Эпоксидная смола и отвердитель холодного типа используется чаще всего в быту, на производствах с малой мощностью и там, где не допускается термическая обработка. Для изготовления высокопрочных изделий, способных выдерживать сильные нагрузки, высокую температуру и активные химические вещества, применяют отверждающие компоненты горячего типа. При горячем отверждении формируется более густая сетка полимерных молекул. Разработаны эпоксиды и составы, которые застывают в условиях влажной среды и даже в морской воде.



---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

