**У́мное стекло́** ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *smart window*, также используются названия: «смарт-стекло», «электрохромное стекло», «стекло с изменяющимися свойствами») — композит из слоев [стекла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE) и различных химических материалов, используемый в [архитектуре](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) и производстве для изготовления светопрозрачных [конструкций](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) ([окон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%BD%D0%BE), перегородок, [дверей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%8C) и т. п.), изменяющий свои [оптические](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) свойства (опалесценция ([матовость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F)), коэффициент светопропускания, коэффициент поглощения тепла и т. д.) при изменении внешних условий, например, [освещённости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%89%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), [температуры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) или при подаче [электрического напряжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA).



**Содержание**

* [1Основные принципы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Основные_принципы)
* [2Преимущества и недостатки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Преимущества_и_недостатки)
* [3Полимерные жидко-кристаллические устройства (LCD)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Полимерные_жидко-кристаллические_устройства_(LCD))
* [4Устройства со взвешенными частицами (SPD)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Устройства_со_взвешенными_частицами_(SPD))
* [5Электрохромные устройства (ECD)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Электрохромные_устройства_(ECD))
* [6Технология производства](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Технология_производства)
* [7Примеры использования](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Примеры_использования)
* [8Ссылки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Ссылки)
* [9Примечания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#Примечания)

Основные принципы[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&veaction=edit&section=1) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&action=edit&section=1)]

Различные типы стекольных композитов основаны на фотохимических явлениях, связанных с изменением пропускающих свойств при изменении внешних условий: изменение светового потока ([фотохромизм](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%BC)), температуры ([термохромизм](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%BC&action=edit&redlink=1)), электрического напряжения ([электрохромизм](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%BC&action=edit&redlink=1)).

Некоторые устройства с применением [жидких кристаллов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B) ([LCD](https://ru.wikipedia.org/wiki/LCD)), когда находятся в термотропном состоянии, могут изменять количество пропускаемого света, при возрастании температуры. [Вольфрам](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BC) с добавлением [диоксида ванадия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D1%8F) VO2 отражает [инфракрасное излучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), при возрастании температуры выше 29 °C, блокируя солнечное излучение через окно при высоких внешних температурах.

Эти типы остекления невозможно контролировать. Окна из смарт-стекла, управляемые электричеством также могут изменять свойства в зависимости от внешних условий ([яркости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D1%80%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) освещения или температуры) с применением соответствующих [датчиков](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA), например, [термометра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80) или фотодатчиков.

Также к смарт-стёклам относят *самоочищающиеся* или *автоматически открывающиеся* (или *автоматически закрывающиеся*) для вентилирования окна, например, по времени или по сигналу от [датчика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA) дождя. Иногда к ним относят специфическое остекление, например *проекционное* (на основе *диффузных* или аналогичных технологий), *звуковое стекло* (в котором вся поверхность стекла является динамиком, что позволяет наполнять помещение равномерным звуком), сенсорное стекло (реагирующее на касание рукой или специальным указателем) и [*электрообогреваемое стекло*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE) (обогрев происходит равномерно по всей площади — не путать с автомобильным, где используются нитевидные нагревательные элементы).

Основные технологии смарт-стекла:

* полимерный жидкокристаллический слой (LCD, Liquid crystal devices);
* на взвешенных частицах (SPD, Suspended particle devices);
* электрохромный (электрохимический) слой.

Преимущества и недостатки[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&veaction=edit&section=2) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&action=edit&section=2)]

Смарт-стекло позволяет уменьшить потери тепла, сократить расходы на [кондиционирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [освещение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), служат альтернативой [жалюзи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%B7%D0%B8) и механическим затеняющим экранам, шторам. В прозрачном состоянии жидкокристаллическое или электрохимическое смарт-стекло не пропускает [ультрафиолетовое излучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5); смарт-стекло на взвешенных частицах требует для блокировки ультрафиолета использование специальных покрытий.

Основные недостатки смарт-стекла — это относительно высокая стоимость, необходимость использования электрического напряжения, скорость переключения между состояниями (в частности, электрохромное стекло), опалесценция (замутнение) или меньшая [прозрачность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B0%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8B) по сравнению с обычным стеклом. Следует отметить, что смарт-стекло последнего поколения по сравнению с предшествующими имеет более низкий уровень опалесценции и может управляться безопасным низковольтным питанием от 12 до 36 Вольт.

Полимерные жидко-кристаллические устройства (LCD)[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&veaction=edit&section=3) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&action=edit&section=3)]

В [полимерных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80) жидкокристаллических устройствах ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *Polymer dispersed liquid crystal devices*, PDLCs или LCD), [жидкие кристаллы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B) разлагаются на составляющие или диспергируются в жидкий полимер; затем затвердевают или фиксируют полимер.

При переходе полимера из жидкого в твердое состояние, жидкие кристаллы становятся несовместимы с твердым полимером и формируют капли (вкрапления) в полимере. Условия фиксации влияют на размер капель, что в свою очередь приводит к изменению свойств смарт-стекла.

Обычно, жидкая смесь полимера и жидких кристаллов расположена между двумя слоями стекла или [пластика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA), с нанесённым тонким слоем прозрачного проводящего материала, который обеспечивает подвод напряжения и затвердевание полимера. Эта принципиальная «бутербродная» структура смарт-стекла является эффективным рассеивателем. Электропитание от [источника](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) подключается к [электродам](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4), изготовленным из медной фольги со слоем электропроводного клея, контактирующим с проводящим слоем плёнки.

Без напряжения, жидкие кристаллы случайно упорядочены в капли, что приводит к рассеянию параллельных лучей света.

При подаче электропитания, электрическое поле между двумя прозрачными [электродами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4) на стекле заставляет жидкие кристаллы выравниваться, позволяя свету проходить через капли с очень маленьким рассеянием. Стекло переходит в прозрачное состояние. Степень прозрачности может контролироваться приложенным напряжением. Это возможно благодаря тому, что при маленьких напряжениях только часть жидких кристаллов может выровняться полностью в электрическом поле, и только маленькая порция света проходит сквозь стекло без искажения, в то время как большая часть рассеивается. По мере возрастания напряжения, меньше кристаллов остается не выровненными, что приводит к меньшему рассеянию света.

Также можно контролировать количество света и тепла, проходящего через стекло, при использовании красителей и специальных добавочных внутренних слоев. Также возможно создать противопожарные и противорадиационные версии для использования в специальных устройствах.

Фирма *Al Сoat Ltd.* (один из исследовательских центров [США](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A8%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8B_%D0%90%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B8)) продемонстрировала, что изображение может быть сформировано в прозрачных электродах или в полимере, позволяя производство экранных устройств и декоративных окон. Большая часть устройств, предлагаемых сегодня работает в только ВКЛ или ВЫКЛ состояниях, хотя технология обеспечения различных уровней прозрачности легко осуществима.

Эта технология используется для внутренних и внешних установок для контроля приватности (например, переговорных комнат, медицинских комнат интенсивной терапии, ванных комнат, душа) и экрана обратной проекции для [проектора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80).

Потреблянмая мощность PDLC плёнки составляет 4÷5 Вт/м2[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#cite_note-1).

Существует 3 цвета PDLC плёнки молочно-белая, молочно-серая и молочно-голубая. На основе PDLC плёнки изготавливают смарт-стекло методом триплексации. Изделия из смарт-стекла обладают повышенными требованиями по уходу за ними, применение агрессивных составов и жидкостей, повышенные механические нагрузки могут приводить к эффекту деламинации смарт-стекла.

Устройства со взвешенными частицами (SPD)[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&veaction=edit&section=4) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&action=edit&section=4)]

В устройствах со взвешенными частицами ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *Suspended particle devices*, SPD), тонкая плёнка слоистых материалов стержнеобразных частиц, взвешенных в жидкости помещается между двумя слоями стёкол или пластика (или присоединяется к одному слою). Если напряжение не приложено, взвешенные частицы ориентированы случайно и поглощают свет, так, что стекло выглядит темным (непрозрачным), синим или реже серым или чёрным.

Если напряжение приложено, взвешенные частицы выравниваются и позволяют свету проходить. Смарт-стекло на основе взвешенных частиц может мгновенно переключаться и позволяет осуществлять точный контроль количества проходящего света и тепла. Маленький, но постоянный ток необходим все время, пока смарт-стекло находится в прозрачном состоянии.

Электрохромные устройства (ECD)[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&veaction=edit&section=5) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&action=edit&section=5)]

Электрохромные, или электрохромические устройства изменяют прозрачность материала при подаче напряжения и тем самым контролируют количество пропускаемого света и тепла: состояние меняется между цветным, полупрозрачным состоянием (обычно синий) и прозрачным. Оттенки в «темном» состоянии могут быть от самой насыщенной тонировки до едва заметного затенения. Обычно подача напряжения необходима только для изменения степени прозрачности, но после того, как состояние изменилось, нет необходимости в электропитании для поддержания достигнутого состояния.

Затемнение возникает по краям, перемещается внутрь — это медленный процесс, занимающий от многих секунд до нескольких минут в зависимости от размеров окна («радужный эффект»).

Электрохимические материалы используются для контроля количества света и тепла, проходящего через окна, применяются в автомобильной индустрии для автоматического затемнения [зеркал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%BE) заднего вида автомобиля при различном освещении. Электрохромное стекло обеспечивает видимость даже в затемнённом состоянии и тем самым сохраняет визуальный контакт с внешней средой. Это используется в небольших приложениях, как, например, зеркалах заднего обзора. Электрохромная технология также находит применение во внутренних устройствах, например, для защиты объекта под стеклом в [музее](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%B7%D0%B5%D0%B9) и картин от повреждающего воздействия ультрафиолета и световых волн видимого диапазона.

Примером электрохромного материала служит [полианилин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD), который может быть создан электрохимически или химическим окислением [анилина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD). При погружении электрода в [соляную кислоту](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0) с небольшой примесью анилина, на нём формируется плёнка полианилина. В зависимости от [окислительно-восстановительного состояния](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8), полианилин может окраситься жёлтым или темно-зелёным/чёрным. Другими электрохромными материалами, применяющимися на практике, являются [виологены](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD&action=edit&redlink=1) и [оксид вольфрама](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0) [WO3](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0(VI)), который находит наибольшее применение при производстве электрохромных или смарт-стёкол.

Виологен используется в соединении с [диоксидом титана](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0) TiO2 для создания небольших цифровых [дисплеев](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9). Ожидается, что они заменят жидкокристаллические экраны, так как виологен (обычно темно-синий) контрастирует со светлым титаном, обеспечивая высокую [контрастность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) экрана.

Последние достижения в электрохромных материалах относящиеся к переходным электрохромическим [металл-гидридам](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%8B_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B2_%D0%B8_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2) привели к разработке отражающих гидридов, которые становятся более отражающими, чем поглощающими, переключая состояния между «прозрачным» и «зеркальным».



Видео, иллюстрирующее работу LCD стекла

Технология производства[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&veaction=edit&section=6) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&action=edit&section=6)]

Смарт-стекло производится путём [триплексования](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81) двух или более листов стекла, [поликарбоната](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%82) или их сочетания. Наиболее распространены следующие технологии[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#cite_note-2) изготовления панелей смарт-стекла по типу используемых ламинирующих плёнок:

* EVA — этиленвинилацетатная плёнка;
* PVB — поливинилбутиральная плёнка;
* TPU — плёнка из термопластичного [полиуретана](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%83%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BD).

Примеры использования[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&veaction=edit&section=7) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE&action=edit&section=7)]

Смарт-стекло может использоваться как в наружных, так и во внутренних инсталляциях. Например, огромный экран из смарт-стекла с изменяющейся матовостью служит дисплеем в Guinness Storehouse ([Дублин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BD)). Рекламная кампания Nissan Micra CC в [Лондоне](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D0%BD) проводилась с использованием коробов с четырьмя панелями из смарт-стекла, которые последовательно изменяли матовость для создания поразительной рекламной инсталляции на улицах города.

Пример рационального использования обычно ограниченного музейного пространства — экспозиционные [витрины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0) и выгородки, трансформирующиеся в мультимедийные экраны. Проект этого типа реализован в российской части экспозиции [музея](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%B7%D0%B5%D0%B9) [Аушвиц-Биркенау](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%83%D1%88%D0%B2%D0%B8%D1%86-%D0%91%D0%B8%D1%80%D0%BA%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%83) в [Освенциме](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BC), [Польша](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B0).

Другой пример использования — огромный стеклянный куб, способный выезжать из здания жилой башни на высоте 88 этажа (Eureka Towers, [Мельбурн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%BD), [Австралия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%8F)). Куб вмещает в себя 13 человек. Когда он выступает на 3 м, стекло становится прозрачным, предоставляя возможность посетителям обзор Мельбурна с высоты 275 м.[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE#cite_note-3)

Основное использование смарт-стекла — внутренние перегородки и двери, которые многие компании используют для организации конфиденциальных комнат переговоров. В обычном состоянии такие помещения являются частью внутреннего пространства офиса, но при необходимости служат приватным помещением. Такую же функцию выполняет смарт-стекло в [госпиталях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C) для организации комнат осмотра пациентов. Также умное стекло используется в кассовых зонах банков, в зонах отдыха и примерочных в магазинах.

В рекламе используются витрины из смарт-стекла, выходящие на улицу, для презентаций и рекламных роликов. По необходимости, смарт-стекло может становиться прозрачным для обзора [интерьера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8C%D0%B5%D1%80) помещения или выставленных образцов (одежды, машин и т. д.), либо матовым и использоваться в качестве проекционного экрана.

В [Boeing 787 Dreamliner](https://ru.wikipedia.org/wiki/Boeing_787_Dreamliner) используются электрохромные окна, которые заменяют заслонки иллюминаторов самолёта. [NASA](https://ru.wikipedia.org/wiki/NASA) рассматривает возможность использования электрохромного остекления для управления температурой в новых космических кораблях [Орион](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%BD_(%D0%9A%D0%90)) и [Альтаир](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D0%B8%D1%80_(%D0%9A%D0%90)).

Смарт-стекло также используется в некоторых малых сериях автомобилей. Например, в [Ferrari 575](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Ferrari_575&action=edit&redlink=1) M Superamerica установлена крыша из смарт-стекла; такая же опция есть в автомобилях [Maybach](https://ru.wikipedia.org/wiki/Maybach).

Панели смарт-стекла, изготовленные с применением специальной звукопоглощающей плёнки PVB, используются для акустического зонирования помещений различного назначения.