

МЯГКАЯ СИЛА

МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Момета
ГРУППА КОМПАНИЙ «МОМЕТА»

Полезные свойства и эффектность эластичных мембран известны давно. Так, Плиний Старший писал, что «ничто в Риме, даже гладиаторский бой, не удивляло так сильно, как гигантский тент, натянутый над Колизеем»... Тент, парус, палатка, зонт, воздушный шар, батут – лишь малая часть из многообразия изделий, основанных на мембранной технологии. Однако как особое направление в архитектуре мембранные конструкции появились в середине 1950-х, когда архитектор Фрей Отто представил общественности сначала небольшие павильоны на садовой выставке в Касселе, а затем и поражающий своей футуристичностью павильон Германии на ЭКСПО-67. Очевидцы были потрясены и внешним видом сооружения, и его инновационными качествами: при установке оно наносило минимальный вред площадке строительства и окружающей среде. Легкие конструкции позволяли перекрывать огромные пространства с минимальным количеством опор и кровельного материала, и, конечно, это сооружение несло эстетически неповторимый образ внеземного сооружения. Начиная с середины прошлого века в мире возведено несколько сотен тысяч зданий и сооружений с использованием легких конструкций и мембранных технологий¹.

техномат /

Мягкая сила

Мембранные технологии в архитектуре и строительстве



Одно из самых известных – оранжерея ботанического сада в графстве Корнуолл по проекту Николаса Гримшоу. Биомы «Эдема» – легкие конструкции, несущие трехслойные воздушные «подушки» из чрезвычайно тонкого, легкого и красивого high-tech-материала ETFE, история которого началась в 1972 году. Компания DuPont разработала его для применения в авиации и космонавтике, где были необходимы уникальные изолирующие и механические свойства полимера, а также их стабильность в широком интервале температур, включая сверхнизкие. После строительства «Эдема» ETFE стал восприниматься в качестве строительного материала, сразу же завоевав свое особое место в архитектуре.



Проект «Эдем» (Eden Project) / Великобритания. 2001. Проект – Николас Гримшоу
Технологии постоянно развиваются, поэтому биомы в «Эдеме» рассчитаны на возможную смену панелей в случае появления более совершенных мембранных материалов.



Национальный космический центр / Великобритания. 2001. Проект Николаас Гримшоу
 В башне, где установлены две ракеты, в дальнейшем могут быть размещены новые, еще большие по объему экспонаты. Поэтому северный фасад сконструирован так, чтобы мембраны (ETFE) можно было бы демонтировать на определенной высоте.



Альянц-Арена / Мюнхен. 2005. Проект – Herzog & de Meuron Architekten
 Фасад состоит из 2 760 ячеек, затянутых пленкой ETFE толщиной 0,2 мм. Каждый сегмент подсвечивается отдельно, что оставляет пространство для самых разнообразных вариаций. Обеспечивают такую цветовую игру флуоресцентные лампы, прикрепленные к основной несущей конструкции. На каждом кронштейне находятся две группы (обоймы) – по три лампы с параболическими отражателями. Одна группа подсвечивает низ подушки, а вторая – верх, обеспечивая равномерность свечения.



Water Cube. Национальный плавательный комплекс / Пекин. 2008. Проект – Роб Лесли Картер, PTW / Австралия
 Фасад покрыт 3 000 «пузырей» разнообразных размеров и причудливых форм. Площадь их колеблется до 70 м². Высокотехнологичная «оболочка» улавливает до 90 % солнечной энергии, которая используется для подогрева воды в бассейне.

ПРЕИМУЩЕСТВА НОВЕЙШЕГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА-ПЛЁНКИ ETFE

Строительная мембранная технология, основанная на использовании композиционного полимерного материала-пленки ETFE (ETFE – ethylene tetrafluoroethylene или ЭТФЭ – этилентетрафторэтилен, или частично фторированный сополимер этилена и тетрафторэтилена), обладает комплексом преимуществ по сравнению с традиционными технологиями. Эти преимущества строительной мембранной технологии основаны на уникальных физико-химических свойствах пленки ETFE, которые являются результатом многолетнего цикла исследований, разработок и испытаний, проведенных зарубежными и советскими учеными. Ниже кратко характеризуются преимущества материала ETFE и многослойных пневматических систем – «подушек», изготовленных из ETFE.

Широкий спектр архитектурных и инженерных решений для современных зданий и сооружений. Обеспечивается неограниченными возможностями моделирования и комбинирования криволинейных форм эластичной оболочки – плёнки ETFE. Форма может быть выпуклой, вогнутой, асимметричной, в том числе – составной криволинейной поверхностью, может иметь либо не иметь вспомогательные силовые элементы (балочные, арочные, стержневые, ферменные, тросовые, сеточные и т.п.).

Малый вес. Вес одного квадратного метра поверхности трёхслойной пневматической мембранной конструкции составляет около 2...3 кг, то есть ~ 1 % от веса эквивалентного структурного остекления. Вес вспомогательных силовых элементов также существенно меньше.

Высокая прочность на разрыв. Плёнка ETFE представляет собой эластичный материал и обладает высокими характеристиками сопротивления усилию на разрыв. Относительное удлинение при разрыве составляет от 150 до 400%.

Пожаробезопасность. Плёнка ETFE относится к группе горючести Г1, не распространяет горение и не образует капель при оплавлении. В случае пожара в мембране образуются большие отверстия, через которые продукты горения улетучиваются и, как следствие, температура в зоне горения резко уменьшается. Возможен вариант, когда в больших конструкциях (атриумах, куполах и т.п.), вверху, непосредственно под плёнкой, протягиваются электрические провода, которые при срабатывании пожарной сигнализации подвергаются принудительному нагреву для разрезания мембраны. При этом в оболочке быстро образуются большие открытые пространства для выхода дыма и газов в атмосферу.

Широкий рабочий диапазон температур наружного воздуха. Мембранные системы успешно эксплуатируются в регионах с экстремально жарким и экстремально холодным климатом, в том числе – в условиях пустыни, Арктики и Антарктики. Поверхность материала не растрескивается под воздействием высоких и низких температур. Решение стратегической задачи освоения, охраны защиты арктической зоны РФ невозможно без широкого внедрения мембранных пневматических систем в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Долговечность. Расчётный календарный ресурс материала-пленки ETFE и многослойных подсистем – «подушек» составляет более 50 лет. Это достигается благодаря тому, что плёнка в надувных системах постоянно находится в напряжённом растянутом состоянии. Кроме того, соединения ячеек между собой эластичные (без трения и зазоров), поэтому их ресурс не ограничен. Как, например, ресурс резиновых уплотнений оконных стеклопакетов, который ограничен 10 ... 15 годами.

Прозрачность для ультрафиолетового излучения. Один слой материала ETFE толщиной 250 микрон пропускает около 98% солнечного ультрафиолетового излучения. Это свойство широко используется при строительстве оранжерей, ботанических садов, теплиц и, конечно же, бассейнов и аквапарков, обеспечивая возможность естественного загара в любое время года, в любой климатической зоне мира.

Стойкость к химической коррозии. Материал ETFE инертен к кислотным, щелочным и другим агрессивным средам, в том числе – к «кислотным дождям». Соответственно, объект может эксплуатироваться как в городских условиях с разной степенью агрессивности среды, так и в условиях промышленных зон, в том числе – химических производств, месторождений угля, руды и др.

Стойкость к ультрафиолетовому излучению. Толщина плёнки ETFE составляет 50... 300 микрон. Тем не менее, особая многослойная структура полимерной плёнки не разрушается под воздействием солнечного света в ультрафиолетовом диапазоне волн благодаря инертным свойствам химических молекул материала, в отличие от поликарбоната, который «деградирует» под действием ультрафиолета (растрескивается, желтеет).

Устойчивость к ветровым нагрузкам. Благодаря выбору специальной аэродинамической компоновки оболочки, упругости материала ETFE и элементов каркаса, вместе действующих как пружина, здание с пневматической мембранной конструкцией устойчиво к ветру, в том числе – к сильным порывам. Упругая оболочка, в отличие от жёсткой конструкции, требует существенно меньшего расхода высокопрочных материалов для обеспечения устойчивости.

Адаптивность к снеговым и ливневым нагрузкам. Благодаря выбору оптимального угла наклона оболочки здания к горизонту (фасада, крыши и др.), специальной аэродинамической компоновке и упругости материала ETFE на поверхности здания с пневматической оболочкой не накапливаются большие объёмы снега, льда или ливневых осадков, которые могут вызвать опасный локальный прогиб или разрушение мембранной и вспомогательной силовой конструкции. Благодаря возможности изменения формы оболочки (путём регулирования избыточного давления и температуры воздуха в определённых ячейках), также возможно управление сбросом осадков или предварительное расплавление местных накоплений снега или льда.

Высокая энергоэффективность. Минимальное количество слоёв материала в «подушках» – два. Чем больше слоёв материала в пневматической мембранной системе, тем больше ее сопротивление теплопередаче (по аналогии со стеклопакетом). При этом эффективная площадь теплоотдачи (потерь энергии на охлаждение или отопление) может быть существенно снижена, за счет большого размера «подушек» (десятки м²) по сравнению с размерами стеклопакетов. Наконец, затраты электроэнергии на компрессорную установку для поддержания избыточного давления воздуха составляют 100 Вт на 1000 квадратных метров поверхности оболочки.

Экологическая совместимость. Плёнка ETFE инертна в течение срока службы и не выделяет опасных химических веществ в помещение и атмосферу.

Светопроницаемость, регулируемая светопрозрачность. Коэффициент пропускания света одного слоя плёнки ETFE может достигать 95%. На плёнку ETFE может быть предварительно нанесён принт - непрозрачный рисунок в виде упорядоченного множества точек, полос, сетки или любого орнамента. При производстве многослойных пневматических ячеек однотипные рисунки на разных слоях могут быть смещены друг относительно друга для обеспечения полного или частичного затенения многослойной мембраны в целом. При подаче избыточного давления между двумя такими слоями рисунки смещаются друг относительно друга, тем самым изменяя интенсивность потока пропускаемого вовнутрь света и создавая эффект «жалюзи».

Подавление внутреннего шума. Благодаря эластичности плёнка ETFE, и в особенности многослойные пневматические системы - «подушки» на её основе поглощают (выпускают наружу) внутренний шум из здания или сооружения, создавая комфортную среду для находящихся внутри людей (например,



Animac Bubble в Лериде / Испания. 2006-2007
 Проект – Vora Arquitectura
 Временный надувной павильон из ETFE-мембраны в течение двух лет служил в качестве одной их площадок Международного фестиваля анимационных фильмов ANIMAC.



Nest. Национальный стадион / Пекин. 2008. Проект – Herzog & de Meuron Architekten
 Фасад и кровля плавно переходящие друг в друга, имеют площадь 46 000 м². Использованы однослойные ETFE-конструкции.



Павильон на Expo Zaragoza / Испания, 2008. Проект – Arenas&Asociados
 Сфера диаметром 46 м и 16 м высотой покрыта армированными панелями из стекловолокна с отверстиями диаметром от 2.8 до 9.8 м, закрытыми линзами из ETFE-мембраны толщиной 200 мк. Пленка с внешней стороны линзы прозрачная, внутри покрыта серебром, преломляющим солнечные лучи. «Капли» наполнены воздухом под давлением 30 кгс/м², что придает сооружению необходимую прочность и способность сопротивляться негативным атмосферным воздействиям. После окончания выставки павильон был разобран, перенесен и восстановлен в городе Вальядолид.

в сравнении с оболочкой, выполненной из поликарбонатного или силикатного стекла). Эффект «эха» в таком здании отсутствует. При этом акустическая энергия поглощается и через мембрану частично передаётся наружу здания. Внешний шум (например, шум дождя) также может значительно ослабляться благодаря управлению наддувом между наружным и последующим слоями многослойной оболочки.

Самоочищаемость наружной поверхности. У плёнки ETFE отсутствуют микропоры и имеется высокий коэффициент поверхностного натяжения. Это объясняет низкие адгезионные свойства и гладкость её поверхности – по аналогии с тефлоновым покрытием. Поэтому плёнка ETFE не загрязняется при эксплуатации даже в условиях промышленной зоны с высокой концентрацией частиц в воздухе (пыли, сажи и т.п.), то есть обладает свойством самоочистки. Временно осаждающиеся частицы смываются дождём или сдуваются ветром.

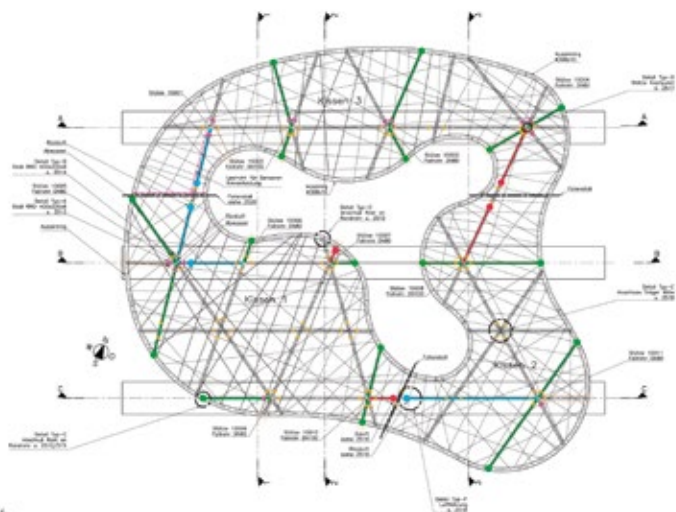
Стерильность и автономность закрытого пространства. Благодаря наличию нескольких слоев, герметичности и пропусканию солнечного ультрафиолетового излучения во внутреннем пространстве здания или сооружения можно поддерживать заданный уровень стерильности воздуха, в том числе – с автономной системой фильтрации и повторного использования. Это качество может быть важным для проектов медицинского, научного, военного и др. назначений, где предъявляются повышенные требования к стерильности и санитарии.

Высокая эстетичность восприятия формы. Форма здания или сооружения, наружная оболочка или внутренняя отделка которого выполнена с применением мембранных систем, выглядит как сцена из фантастического фильма. Архитектор в своём творчестве не ограничен плоскими формами классических материалов и известными технологиями их соединения. Плавные криволинейные изгибы, сочетание выпуклых и вогнутых компонентов, внешнее и внутреннее освещение, многообразие цветовых и функциональных решений – всё это является прямым следствием применения мембранных систем.

Безопасная разрушаемость. Благодаря отсутствию острых кромок, малому весу, приходящемуся на единицу площади материала, мягкости и парусности мембранные системы при разрушении и падении физически не могут причинить сколько-нибудь значимый вред людям и имуществу, которые находятся в здании. Кроме того, при возгорании внутри здания или сооружения в оболочке быстро образуются значительные по площади отверстия и проёмы, через которые продукты сгорания быстро улетучиваются в атмосферу. В случае взрыва внутри здания или сооружения мембранная система не создает эффект замкнутого пространства, то есть не усиливает, а наоборот – ослабляет – разрушительное действие ударной волны.

Отличная ремонтная технологичность. В случае проколов или порезов в месте повреждения в композиционном материале ETFE не образуются трещины или разрывы. Поэтому место пореза или прокола временно легко ремонтируется специальной прозрачной клейкой лентой. Затем, при желании, поврежденный элемент может быть заменен.

Большие размеры покрываемого пространства. Ввиду того, что основная нагрузка от веса оболочки и поддерживающих силовых элементов компенсируется избыточным давлением воздуха в пневматических ячейках и напряжением растяжения в материале ETFE, мембранные конструкции позволяют покрывать значительные площади и объёмы – как по горизонтали, так и по вертикали. Например, в некоторой перспективе, купольные, бескаркасные энергозащитные системы большого размера (диаметром 500–1000 м и высотой 50–100 м), устанавливаемые над городскими или промышленными зонами в условиях жаркой пустыни или холодного Севера, позволяют накрывать целые кварталы зданий и сооружений. Это могут быть городские площади, жилые кварталы, деловые центры, загородные торговые комплексы-моны, производственные зоны, месторождения ископаемых открытого типа, спортивные сооружения, хранилища



Автовокзал в Арау / Швейцария. 2013
 Проект – Vehovar & Jauslin Architektur
 Навес облакоподобной формы включает в себя самую большую однокамерную «подушку» в мире. Подушка из ETFE объемом 1810 м³ перекрывает площадь 1070 м².

Внешние габариты 42 x 39 x 7 м. В центре – органической формы отверстие. Толщина «подушки» варьирует от 1,3 до и 3,2 м. Мембрана выполнена из пленки голубого цвета с нанесенным на нее с помощью фотопечати рисунком.

Внутри «подушки» нерегулярная сетка из нержавеющей стали, к которой привязана все техническая инфраструктура для воды, воздуха, электроники и различных датчиков. Сооружение поддерживают 11 слегка наклонных колонн из круглых труб диаметром 298,5 мм, благодаря чему создается впечатление, что «облако» как будто парит в воздухе.



ТРЦ «Хан Шатыр» в Астане / Казахстан. 2010. Проект - Foster & Partners

Общая площадь центра составляет 127 000 м². Высота – 150 м (включая шпиль). Здесь размещены супермаркет, семейный парк, кафе, рестораны, кинотеатры, аквапарк, офисные помещения. Крыша здания выполнена из материала ETFE, делающего ее почти прозрачной и пропускающей солнечный свет. Отсутствие резких перепадов температур и значительных потерь теплоты позволило создать в комплексе зону с искусственными пляжами и тропическими растениями. Круглый год здесь поддерживается температура на уровне 35 °С.

Оранжерея ботсада в Орхусе / Дания. 2014

Проект – С. F. Møller Architekten

Энергоэффективный купол с максимальным внутренним объемом при минимальной площади поверхности. Стальные аки создают сеть прямоугольников с двухслойными ETFE-подушками. С южной стороны в подушках можно изменять давление, и, тем самым, - прозрачность, регулируя таким образом климат внутри сооружения.



старой авиационной техники, сельскохозяйственные угодья, студенческие городки, искусственные рекреационные зоны, музейные и исторические комплексы, старинные храмы, замки и т.п.

Утилизируемость старой оболочки. Материал ETFE сам по себе экологически чистый, равно как и его сырье. ETFE изготавливается из полевого шпата. Это отходы от добычи руды свинца и олова. К этому веществу методом сополимерации добавляют этилен, который получают либо из продуктов нефтехимии, либо из биоэтанола.

Сжатые сроки и малые затраты на монтаж оболочки. В отличие от классических («жестких» и тяжелых) оболочек, выполненных из стекла или непрозрачного отделочного материала, мембранные системы легко монтируются. Эластичность материала, модульность, относительно малый вес и небольшие габариты сборочных компонент позволяют проводить монтаж мембранной системы с минимальным использованием строительных лесов, грузоподъемной техники, специальной технологической оснастки и инструмента. Как следствие, это позволяет существенно сократить сроки и снизить затраты на выполнение монтажных работ по сравнению с процессом сборки, например, классического фасада или крыши здания. Экономия ресурсов может составлять от 25 до 70%.

Компактность и небольшой вес транспортных модулей. Компоненты готовой для сборки мембранной системы имеют небольшой вес и габариты для перевозки к месту монтажа любым видом транспорта. Гибкие компоненты для перевозки складываются и упаковываются в транспортные модули (рулоны) таким образом, чтобы избежать появления жестких складок в местах сгибов.

Указанный комплекс свойств строительной мембранной технологии предоставляет архитекторам и конструкторам широкие возможности для реализации уникальных инновационных проектов зданий и сооружений необычной формы – с высоким качеством, малыми затратами и в сжатые сроки. В том числе, это могут быть объекты промышленного, сельскохозяйственного, жилого, общественного, специального и военного назначения, предназначенные для длительной или временной эксплуатации в различных климатических условиях.

ГК «ЛОММЕТА» приглашает к сотрудничеству ведущих российских архитекторов, инженеров, инвесторов для реализации аналогичных проектов на территории Российской Федерации.

www.lommeta.ru



ЛОМЕТА
ГРУППА КОМПАНИЙ «ЛОММЕТА»