



ПРЕИМУЩЕСТВА НОВЕЙШЕГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА – ПЛЕНКИ ETFE

Строительная мембранная технология, основанная на использовании полимерного материала — пленки ETFE (ETFE — ethylene tetrafluoroethylene или ЭТФЭ — этилентетрафторэтилен, 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 указанные 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 — пленки 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 1 м² поверхности трехслойной пневматической мембранной конструкции составляет около 2–3 кг, т. е. ~1 % от веса эквивалентного структурного остекления. Вес вспомогательных силовых элементов также существенно меньше.

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

Пожаробезопасность. Пленка 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.) сверху, непосредственно под пленкой, протягиваются электрические провода, которые при срабатывании пожарной сигнализации подвергаются принудительному нагреву для разрезания мембраны.

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. Расчетный календарный ресурс пленки ETFE и многослойных систем — «подушек» составляет более 50 лет. Это достигается благодаря тому, что пленка в надувных системах постоянно находится в напряженном 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 мк пропускает около 98 % солнечного ультрафиолетового излучения. Это свойство широко используется при строительстве оранжерей, ботанических садов, теплиц и, конечно же, бассейнов и аквапарков, обеспечивая возможность



■ AARAU BUSSTOP, ШВЕЙЦАРИЯ
Самая большая в мире «подушка» из ETFE ■

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 пленки ETFE составляет 50–300 мк. Тем не менее особая многослойная структура полимерной пленки 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 жесткой 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 объемы снега, льда или ливневых осадков, которые могут вызвать опасный локальный прогиб или разрушение мембранной и вспомогательной силовой конструкции. Благодаря возможности изменения формы оболочки (путем регулирования избыточного давления и температуры воздуха в определенных ячейках), также возможно управление сбросом осадков или предварительное расплавление местных накоплений снега или льда.

Высокая энергоэффективность. Минимальное количество слоев материала в «подушках» — два. Чем больше слоев 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 квадратных метров) по сравнению с размерами стеклопакетов. Наконец, затраты электроэнергии на компрессорную установку для поддержания избыточного давления воздуха составляют 100 Вт на 1000 м² поверхности оболочки.

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

Регулируемая светопрозрачность. На пленку ETFE может быть предварительно нанесен 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, тем самым изменяя интенсивность



■ NATIONAL AQUATIC CENTER, ПЕКИН, КНР ■



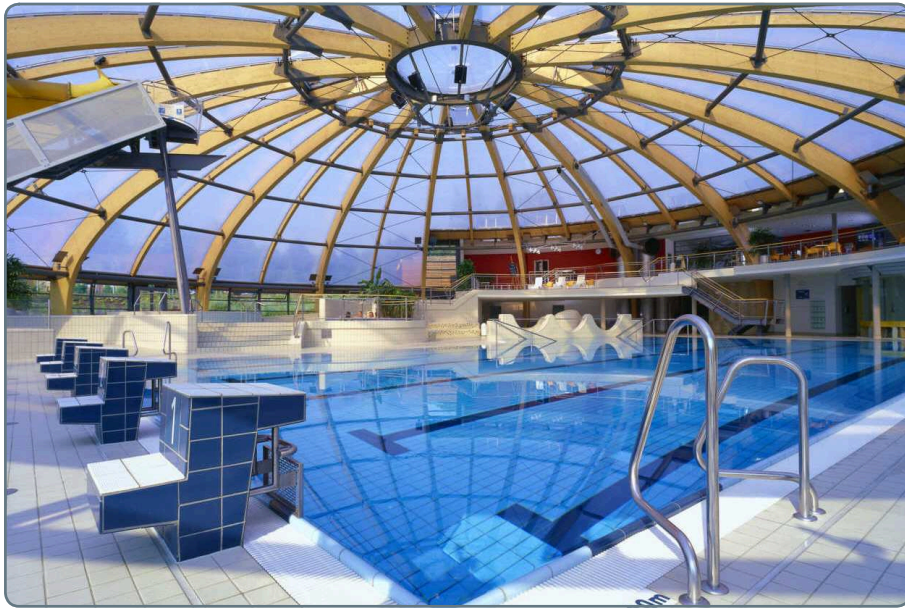
■ «АЛИАНС АРЕНА», МЮНХЕН, ГЕРМАНИЯ ■

потока пропускаемого внутрь света и создавая эффект жалюзи 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 внутрь света и создавая эффект жалюзи.

Подавление внутреннего шума. Благодаря эластичности пленка ETFE, и в особенности многослойные пневматические системы — «подушки» на ее основе, поглощают (выпускают наружу) внутренний шум из здания или сооружения, создавая комфортную среду для находящихся внутри людей (например, 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 передается 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 пленки ETFE отсутствуют микропоры и имеется высокий коэффициент поверхностного натяжения. Это объясняет низкие адгезионные свойства и гладкость ее поверхности — по аналогии с тефлоновым покрытием. Поэтому пленка 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 самоочищения. Временно осаждающиеся частицы смываются дождем 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.



■ БАСЕЙН С ПРИМЕНЕНИЕМ ETFE ■

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 своем 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 — все 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 проемы, 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 объемы — 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 — моллы, производственные зоны, месторождения ископаемых открытого типа, спортивные сооружения, хранилища старой авиационной техники, сельскохозяйственные уголья, студенческие городки, искусственные рекреационные зоны, музейные и исторические комплексы, старинные храмы, замки и т. п.

Утилизируемость старой оболочки. Материал ETFE экологически чистый, равно как и его сырье. ETFE изготавливается из полевого шпата.

Это отходы от добычи руды свинца и олова. К этому веществу методом сополимеризации 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.

Строительная мембранная технология с успехом применяется в мировой практике и реализована на таких грандиозных проектах, как стадион водных видов спорта «Водный куб» (Пекин, Китай), ботанический сад «Эден пруджент» (Корнуолл, Великобритания), футбольный стадион «Альянс Арена» (Мюнхен, Германия). ●