

размеры которых приняты с учетом унифицированных расстояний для промышленных зданий. Тем не менее подмакетнику требуется некоторая монолитность, которую обеспечили магнитным соединением между собой. Для элементов подмакетника использовали трехслойные сэндвич-панели, а для размещения в них магнитов использовали специально разработанные держатели, которые изготавливали аддитивным технологическим процессом экструзией материала.

Для более надежного размещения моделей на подмакетнике также использовали магнитные материалы: покрытие подмакетника – магнитно-маркерная пленка, на основании моделей – магнитная лента. Для понимания расстояний на подмакетнике на его маркерной поверхности нанесена механическим способом сетка. Маркерная поверхность позволяет также наносить разметку в ходе проектирования и обсуждения планировки оборудования и подводящихся к нему коммуникаций, траектории перемещения рабочих и т.д.

Разработанный и изготовленный макет будет использован при демонстрации технологии пласт-формования и в макетном проектировании соответствующего производственного участка.

УДК 678

Студ. А.В. Максимцова, Д.В. Савицкая, Д.В. Живушко  
Науч. рук.: канд. техн. наук, зав. кафедрой О.И. Карпович;  
канд. техн. наук, доц. А.Л. Наркевич;  
зав. лабораторией А.Н. Калинка  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

### **ТРЕХСЛОЙНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ И СТЕКЛЯННЫХ ТКАНЕЙ**

Для решения ряда гражданских (мониторинг местности, природных явлений, передача малых грузов) или военных задач все шире используются беспилотные летательные аппараты. Один из способов повышения эффективности полета – снижение массы элементов конструкции аппарата, что может быть достигнуто применением полимерных композиционных материалов. Исследования в области беспилотных транспортных средств и композиционных материалов относятся к приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь. Трехслойные («сэндвич»-) конструкции, состоящие из двух внешних армированных слоев и внутреннего слоя - заполнителя позволяют по сравнению со сплошным армированным материалом обеспечить требуемую жесткость при изгибе при меньшей массе конструкции.

Цель работы – оценить влияние структуры трехслойных конструкций на их удельную жесткость при изгибе.

Для изготовления внешних слоев применяли эпоксидное связующее пониженной вязкости и стеклоткань (40 мас.%) саржевого переплетения с поверхностной плотностью 100; 160 и 300 г/м<sup>2</sup>. Стеклоткань пропитывали связующим, контролируя его содержание путем взвешивания композиции, а для повышения качества пропитки и снижения пористости применяли вакуумирование в течение 4 мин. Затем формировали пластины в один и два слоя ткани для каждого переплетения под давлением 0,1 МПа в течение 1–2 минут. Отверждение связующего при давлении 1 кПа на сформированные пластины осуществляли в два этапа: при комнатной температуре – 24 ч, при 80°С – 6 ч. Для внутреннего слоя-заполнителя использовали нетканый полиэфирный материал **Lantor Coremat марок Xi** и **ХМ** толщиной 1 мм. Заполнитель (30мас.%) пропитывали тем же эпоксидным связующим.

Трехслойные конструкции составляли по типичной схеме из подготовленных слоев: внешний – внутренний – внешний. Связующее внутреннего слоя выполняло роль клеевого слоя для связи с внешними слоями. Значения усилий и температуры при формировании трехслойных конструкций соответствуют значениям при формировании внешних слоев. Размеры образцов для испытаний на трехточечный изгиб выбирались с учетом податливости образцов и имеющейся испытательной оснастки: ширина – 40 мм; длина – 100 мм. В ходе эксперимента жесткость при изгибе (Па·м<sup>4</sup>) определяли по начальному линейному участку диаграммы деформирования.

Естественно, увеличение количества слоев ткани во внешних слоях трехслойных конструкций, а также поверхностной плотности ткани привело к повышению жесткости при изгибе трехслойных конструкций пропорционально увеличению поверхностной плотности тканей. Для сравнения жесткости при изгибе трехслойных конструкций различной структуры применяли отношение жесткости при изгибе к поверхностной плотности трехслойных конструкций. Получили, что удельная жесткость в конструкциях с одним слоем ткани во внешнем слое незначительно (не более 10%) возрастает при применении тканей с большей поверхностной плотностью, а в конструкциях с двумя слоями ткани во внешнем слое – происходит увеличение до 25%. Марка материала для слоя-заполнителя не повлияла на показатели жесткости – выбор марки будет определяться только их технологичностью. Использование полученных данных о жесткости при изгибе трехслойных конструкций из вышеперечисленных компонентов при расчете изделий из них позволит повысить уровень соответствия результатов расчета и поведения реального изделия.