

Л.Ф.Донченко, канд.техн.наук, А.А.Куцак,
канд.техн.наук, А.Н.Гулько

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЛЫХ ЩИТОВ

Процесс формирования поверхностей (пластей) полых щитов сопровождается сложным комплексом физико-механических явлений и происходит под воздействием множества факторов.

На рис. 1 изображена схема поверхности полого щита с квадратным сотовым заполнением.

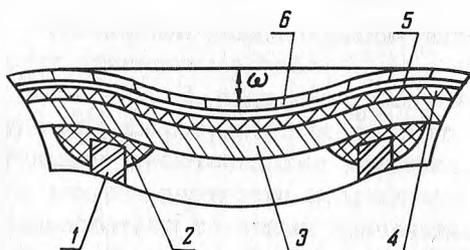


Рис. 1. Схема поверхности полого щита с квадратным сотовым заполнителем: 1 - полоски заполнителя; 2 - потеки клея; 3 - листовой облицовочный материал; 4 - клеевой шов; 5 - облицовка; 6 - лакокрасочное покрытие (в других конструкциях полых щитов элементы 4 и 5 могут отсутствовать).

Суммарная величина втягивания листового материала в полости сот заполнителя будет складываться из прогибов, возникающих под действием различных факторов ($\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n$): ω_1 - прогиб усадки от клея; ω_2 - прогиб от давления склеивания и упрессовки; ω_3 - прогиб, вызываемый облицовыванием полых щитов; ω_4 - прогиб, вызываемый отделкой полых щитов; ω_5 - прогиб, вызываемый воздействием неучтенных факторов.

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_i.$$

Полная деформация состоит из упругой и пластической. Остаточная деформация вызывает неровности поверхности щита.

При склеивании щитов клей наносят на рамку и решетку заполнителя и при приклеивании листового облицовочного материала между ним и заполнителем в углах образуются потеки клея. При усадке клея в потеках возникают изгибающие моменты M , которые стремятся вызвать втягивание листового облицовочного материала в соты заполнителя.

Процесс склеивания сопровождается усадочными, температурными, влажностными деформациями, которые вызывают соот-

ветствующие напряжения в клеевых соединениях. Возникают также напряжения, вызываемые упругим действием древесного материала после снятия давления со склеиваемых материалов.

Усадка клея при отверждении вызывает в клеевом шве нормальные растягивающие напряжения, при этом поверхности склеиваемых материалов испытывают нормальные сжимающие напряжения, которые увеличиваются с увеличением толщины клеевой прослойки.

Температурные напряжения в клеевых соединениях возникают ввиду различия коэффициентов термического расширения клеевой прослойки и соединяемых материалов.

При увлажнении склеиваемых древесных материалов клеем возникают влажностные деформации, которые приводят к появлению внутренних нормальных и касательных напряжений в клеевых соединениях при высыхании ранее увлажненных волокон.

Рассмотренные напряжения возникают в результате взаимосвязанного стеснения деформаций склеиваемых материалов отверждаемой клеевой прослойкой. Слои древесных материалов в зоне клеевого шва находятся в сжатом состоянии, поэтому при облицовывании листовых материалов с одной стороны последние будут стремиться изогнуться в необлицованную сторону.

В настоящее время не разработана теория, которая позволяла бы произвести расчет напряжений, возникающих при склеивании различных материалов. Экспериментально изучены некоторые закономерности внутренних напряжений в клеевых соединениях на образцах методом изгиба пластины. Было установлено, что величина и характер напряжений в клеевых соединениях зависит от вида клея и материалов, режимов склеивания и других факторов. Повышение эластичности клеевых швов путем модификации карбамидных клеев приводит к снижению внутренних напряжений.

Полые щиты после склеивания будут иметь некоторое втягивание облицовочного материала в соты заполнителя. Естественно, что величина втягивания будет зависеть, главным образом, от жесткости листового материала и размера сот заполнителя. Можно полагать, что величина втягивания, ввиду релаксации внутренних напряжений, по истечении некоторого времени будет снижаться.

Уменьшению величины прогибов листового материала в значительной степени будет способствовать и шлифование поверхностей полых щитов перед отделкой.

Отделка при окончательном формировании полых щитов, с одной стороны, будет вызывать некоторое увеличение прогибов облицовки за счет усадки лакокрасочного покрытия, а с другой – выравнивать прогибы за счет толщины создаваемого покрытия.

Рассмотрим действие внешних сил, имеющих место при формировании поверхности полого щита с квадратным сотовым заполнением. Выделим элемент полого щита размером в одну ячейку заполнителя. Листовой облицовочный материал над ячейкой можно представить в виде равносторонней пластинки, защемленной по всем краям (рис. 2) и нагруженной суммарным моментом M по периметру.

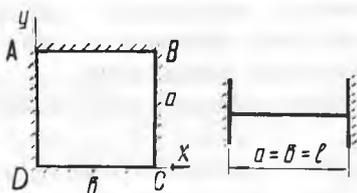


Рис. 2. Расчетная схема листового облицовочного материала.

Древесина является анизотропным ортотропным материалом. Под воздействием моментов M_i , зависящих от целого ряда факторов (склеивание, отделка и т.д.), функцию прогиба облицовочного материала можно представить в следующем виде

$$\omega = A [(x-a)^2 + (y-a)^2]. \quad (1)$$

При этом обеспечивается условие равенства 0 прогибов на сторонах АВ и ВС. Необходимо удовлетворить условие равенства прогиба 0 на сторонах $y = 0$ и $x = 0$. Должны равняться 0 производные $\frac{\partial \omega}{\partial x}$ и $\frac{\partial \omega}{\partial y}$ (углы поворота $\frac{\partial \omega}{\partial x} = 0$

и $\frac{\partial \omega}{\partial y} = 0$), так как пластина защемлена по всему контуру.

Для выполнения данного условия можно взять функцию для прогибов в виде выражения

$$\omega = A [(x-a)^2 + (y-a)^2]^2 \quad x y, \quad (2)$$

где A – коэффициент.

Для ортотропной пластинки в основных осях дифференциальное уравнение изогнутой поверхности пластинки имеет вид

$$D_1 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2D_3 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + D_2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = M.$$

Полная энергия ортотропной пластинки равна

$$\begin{aligned} \Theta = \frac{1}{2} \iint \left[D_1 \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right)^2 + 2D_1 \mu_2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + D_2 \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right)^2 + \right. \\ \left. + 4D_k \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} \right)^2 - M \omega \right] dx dy; \end{aligned}$$

$$D_1 = \frac{E_1 \delta^3}{12(1-\mu_1 \mu_2)}; \quad D_2 = \frac{E_2 \delta^3}{12(1-\mu_1 \mu_2)}; \quad D_k = \frac{G_T \delta^3}{12}.$$

Здесь D_1, D_2 - жесткость изгиба; D_k - жесткость кручения для главных направлений упругости; μ_1, μ_2 - коэффициенты Пуассона; E_1, E_2 - модули упругости первого рода; G_T - модуль упругости второго рода; δ - толщина пластинки.

Возьмем необходимые производные от ω по x и y и подставим в уравнение полной энергии, тогда получим

$$\Theta = A a^9 \left[562(D_1 + D_2) + 2000 D_1 \mu_2 - 274 D_k \right] - 2 A M a^7.$$

Найдем коэффициенты A из условия минимального значения Θ :

$$\frac{\partial \Theta}{\partial A} = 0;$$

$$A a^9 \left[562(D_1 + D_2) + 2000 D_1 \mu_2 - 274 D_k \right] - 2 M a^7 = 0.$$

$$\text{Отсюда } A = \frac{M}{a^2 \left[562(D_1 + D_2) + 2000 D_1 \mu_2 - 274 D_k \right]}.$$

Подставим значение коэффициента A в выражение прогибов (2):

$$\omega = \frac{M \cdot x y [(x-a)^2 + (y-a)^2]^2}{a^2 [562(D_1 + D_2) + 2000D_1\mu_2 - 274D_k]}$$

Вследствие симметрии нагрузки максимальный прогиб будет по середине пластинки, т.е., при $x = \frac{a}{2}$ и $y = \frac{a}{2}$.

Тогда максимальный прогиб листового материала в середине ячейки будет

$$\omega_{\max} = \frac{Ma^2}{8[562(D_1 + D_2) + 2000D_1\mu_2 - 274D_k]}$$

Из полученного выражения следует, что величина прогиба облицовочного материала над ячейкой заполнителя будет возрастать с увеличением суммарного момента M и с увеличением размеров сот a .

Увеличение жесткости облицовочного материала способствует уменьшению величины прогиба.

Полученное аналитическое уравнение позволяет описать физическую сущность возникновения прогибов и анализировать влияние на величину прогибов основных конструктивных факторов.

УДК 684.41-41-408.8

Л.Ф.Донченко, канд.техн.наук,
А.А.Куцак, канд.техн.наук, А.Н.Гулько

О ДОПУСТИМОЙ ГЛУБИНЕ НЕРОВНОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛЫХ ШИТОВ

Основным недостатком полых шитов с квадратным сотовым заполнением является в ряде случаев втягивание облицовочного материала в ячейки, обнаруживаемое визуально. Целью данной работы было определение допускаемой величины прогиба (втягивания), ниже которой он не наблюдается.

На рис. 1 изображена схема действия света, отраженного от вогнутой полированной поверхности. Как видно, лучи 1 и 2, отраженные от краев вогнутой поверхности, попадают в поле зрения.