

Жук В.В., канд. техн. наук, доцент
(БрГТУ, г. Брест)

К ВЫБОРУ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ УГЛОВЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСНОПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Специально разработанные для строительства древесноплитные материалы (цементно-стружечные плиты (ЦСП) и древесностружечные плиты с ориентированной стружкой (OSB)) обладают достаточно высокими и стабильными физико-механическими свойствами, что позволяет применять их не только в каркасных, но и в панельных конструкциях, совмещающих ограждающие и несущие функции.

Одним из перспективных видов конструкций из ЦСП и OSB являются клееные коробчатые элементы, изготавливаемые на промышленных технологических линиях и позволяющие получать цельноплитные конструкции без древесины и металла. Клееные коробчатые элементы сами или в определенной комбинации могут применяться для устройства перегородок, наружных и внутренних стен, покрытий в одно- или двухэтажных зданиях.

Угловые клеевые соединения являются основой клееных коробчатых элементов. Несущая способность клееных конструкций зависит от механических свойств клеевых швов и напряженно-деформированного состояния клеевых соединений. Последнее определяется деформационными свойствами клеевого шва и склеиваемых материалов, геометрией соединения и способом нагружения.

Экспериментальная оценка прочности клеевого шва в большинстве случаев сводится к определению разрушающей нагрузки для клеевого соединения или к определению предела прочности путем деления разрушающей нагрузки на площадь склеивания. В ряде случаев это приводит к неверной трактовке результатов исследования и, в конечном итоге, к снижению эффективности использования клеевых соединений.

Определение прочности угловых клеевых соединений древесноплитных материалов производится при сжатии уголков в шарнирном приспособлении [1; 2] по аналогии с испытаниями клеевых соединений окон и балконных дверей [3].

Немецкая фирма «Бизон-Верке», являющаяся одним из крупнейших производителей древесных плит и оборудования для изготовления пространственных элементов, рекомендует определение прочности угловых

клеевых соединений ЦСП и OSB производить при приложении нагрузки к вершине угла по плоскости клевого шва. В процессе эксплуатации коробчатых элементов из древесноплитных материалов, например, в качестве стенового ограждения, эксплуатационные нагрузки воздействуют на малую полку углового соединения или по всей площади или сосредоточенно в местах установки механических связей.

С целью выбора метода оценки прочности угловых клеевых соединений, позволяющего получить достоверные данные для контроля качества клееных коробчатых элементов, были проведены экспериментальные (поляризационно-оптическим методом) исследования. Выбор метода исследования напряженного состояния клеевых соединений сделан на том основании, что из всех экспериментальных методов, фотоупругие исследования позволяют получить картину напряженного состояния поверхности объекта в целом, а не по отдельным точкам.

В процессе исследований предусматривалось моделирование образцов угловых соединений, определение физико-механических характеристик материала моделей, изучение качественной картины распределения напряжений в моделях, обработка экспериментальных данных.

Для изготовления моделей соединений использовался оптически активный материал на основе эпоксидной смолы ЭД-6М с малеиновым ангидридом в качестве отвердителя. Заготовки образцов моделей, а также образцы для определения физико-механических характеристик материала моделей изготавливались с соблюдением технологии, рекомендуемой [4; 5]. Технология склеивания моделей была аналогичной изготовлению натуральных соединений. Форма, размеры и схемы испытаний моделей приведены на рисунке 1.

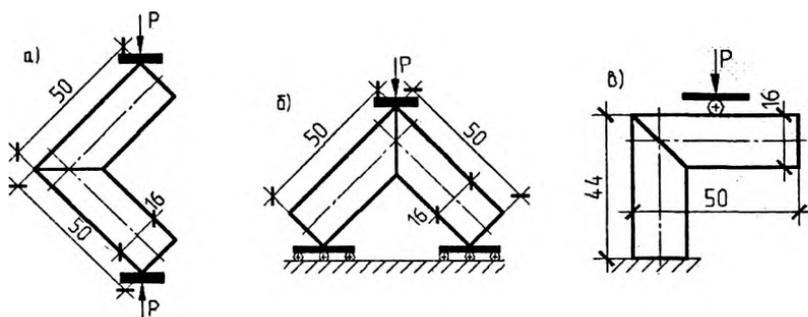


Рис. 1. Схемы загрузки моделей угловых соединений:
 а – по методике [1; 2]; б – по методике фирмы «Бизон-Верке»;
 в – схема работы углового соединения в конструкции панели

Испытания образцов моделей проводились с помощью приспособлений в универсальном прессе УП-8. Качественную картину напряженного состояния моделей наблюдали в поляризационно-проекционной установке (ППУ-7), состоящей из поляризатора, нагрузочного устройства УП-8 и анализатора. Изохромы, характеризующие напряжения в моделях, зарисовывались при постепенном увеличении нагрузки, начиная с нуля. Общее поле изохром фотографировалось в свете ртутной лампы.

Для подсчёта величины напряжений, возникших в сечении модели, образцы испытывались в координатно-синхронном поляриметре КСП-7, предназначенном для измерения разности хода лучей. Нагрузка на образцы принималась в интервале 25 – 30 % от разрушающей, исходя из условия необходимости получения в ходе эксперимента достаточного оптического эффекта.

С целью определения оптической постоянной и модуля упругости были проведены испытания тарировочной балки на чистый изгиб и образца в виде «лопатки» на растяжение. В результате обработки данных испытаний были получены величины: оптической постоянной, модуля упругости и коэффициент Пуассона.

Исходными данными для качественной оценки напряженного состояния угловых клеевых соединений являются рисованные картины и фотографии полос интерференции. Из картины полос интерференции при нулевой нагрузке (рис. 2) видно, что по контуру моделей имеются остаточные краевые напряжения, очевидно, связанные с отверждением материала модели, а в зоне клевого шва – остаточные напряжения, возникшие в результате процесса склеивания, в том числе действия давления запрессовки.

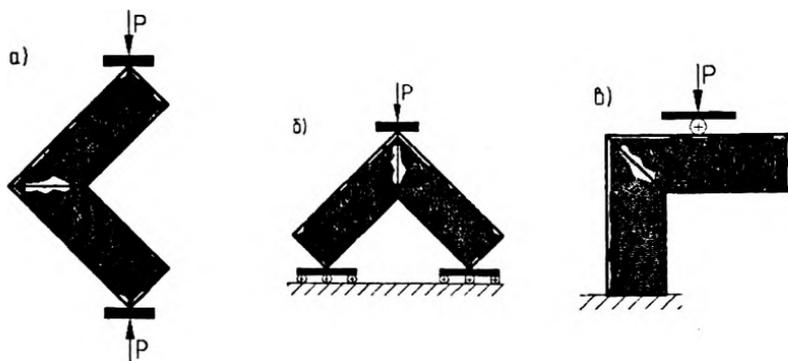


Рис. 2. Картины полос интерференции моделей при нулевой нагрузке

Как показывают исследования [4], краевые напряжения возникают уже через несколько часов после механической обработки материала. Они

суммируются с напряжениями от внешней нагрузки в сжатой зоне и вычитаются из растягивающих напряжений от внешней нагрузки. Таким образом, краевые напряжения приводят к определённому искажению картины напряженного состояния модели по контуру. Так как почти все оптические материалы в той или иной степени имеют краевые напряжения, в дальнейшем, при количественной оценке напряженного состояния, к величинам значений на контуре относились с определённой осторожностью.

При испытаниях модели соединения по схеме (а) уже на первых ступенях нагружения наблюдается рост порядка полос интерференции во внутренней зоне клевого шва. при незначительном увеличении его во внешней зоне шва. На последних этапах нагружения (рис. 3, а) зона влияния концентрации напряжений увеличивается, захватывая середину клевого шва, с последующим смещением полос интерференции во внешней зоне шва.

На начальных этапах нагружения модели по схеме (б), порядок полос выше в сжатой зоне по сравнению с растянутой. На последних этапах нагружения, предшествующих разрушению, сначала происходит выравнивание порядка полос, а затем его увеличение в растянутой зоне (рис. 3, б). Разрушение соединения началось с внутренней зоны клевого шва, являющейся концентратором напряжений.

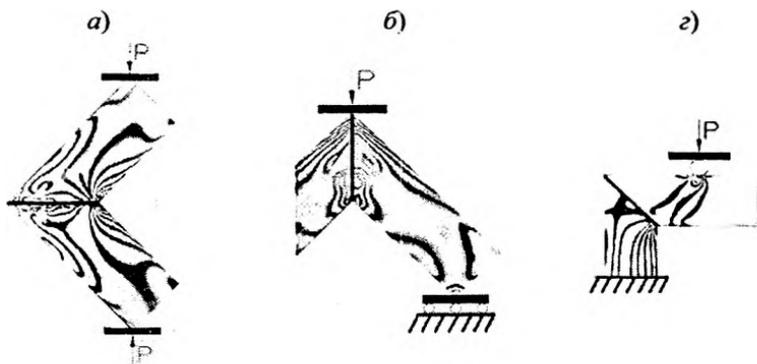


Рис. 3. Картины полос интерференции моделей при нагрузке $P = 200$ Н

Испытания модели соединения по схеме (в) показывают, что на первых ступенях нагружения наблюдается концентрация напряжений в точке приложения усилия и незначительный рост порядка полос интерференции в вертикальном элементе соединения. В дальнейшем при нагружении происходит увеличение порядка полос интерференции в точке приложения нагрузки и во внутренней зоне клевого шва с последующим смещением в сторону внешней зоны шва (рис. 3, в). Параллельные полосы интерференции

ции в вертикальном элементе соединения указывают на постоянный изгибающий момент, действующий в сечении. Смещение нулевой линии с середины толщины вертикального элемента, а также более высокий порядок полос интерференции у внутреннего края, по сравнению с порядком полос интерференции у наружного края, указывают на то, что на напряжения от изгиба накладываются напряжения от продольного усилия.

Для моделей соединений, испытываемых по всем трём схемам нагружения, характерно неравномерное распределение полос интерференции по высоте, по сечениям, близким к клеевому шву. Это свидетельствует о том, что распределение напряжений в данных сечениях не следует линейному закону [6].

Выполненные исследования показали, что наиболее неблагоприятным с точки зрения работы угловых соединений является нагружение по схеме (б) при приложении нагрузки в вершине угла по плоскости клевого шва. В этом случае во внутренней зоне соединения имеется концентрация растягивающих напряжений, что и будет определять ее несущую способность.

При нагружении угловых соединений по схемам (а) и (в), наиболее часто встречаемых при эксплуатации, во внутренней зоне также имеет место концентрация напряжений, но только сжимающих, что не так опасно для элементов соединений, так как прочностные характеристики при сжатии в несколько раз больше, чем при растяжении. Во внешней зоне соединения, в силу ненагруженности угла, напряжения незначительны, что благоприятствует работе элементов соединения.

Литература

1. Рекомендации по контролю качества клеевых соединений деревянных клееных конструкций – М.: Стройиздат, 1981. – 63 с.
2. Рекомендации по методам испытаний древесных плит для строительства. – М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 1985. – 49 с.
3. Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Общие технические условия: СТБ 939-93. – Введ. 21.12.1993. – Минск: М-во архит. и ст-ва Респ. Беларусь, 2003. – 40 с.
4. Феппл, Л. Практика оптического моделирования / Л. Феппл, Э. Менх. – Новосибирск: Наука, 1966. – 211 с.
5. Хаимова-Мелькова, Р.И. Методика исследований напряжений поляризационно-оптическим методом / Р.И. Хаимова-Мелькова. – М.: Наука, 1970. – 115 с.
6. Жук, В.В. Исследование напряженного состояния угловых клеевых соединений поляризационно-оптическим методом / В.В.Жук // Вестн. БрГТУ. – 2008. – № 1(49): Стр-во и архитектура. – С. 159 – 164.