

Эффект применения клееного из однонаправленного шпона бруса для создания строительных конструкций

Д.А.Животов –

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Инновационные технологии в области деревообрабатывающей промышленности позволяют получать конструкционные композиционные материалы на основе древесины, превосходящие цельную древесину по физико-механическим показателям. В современной практике широкое распространение получила клеёная древесина, не ограниченная по размерам поперечного сечения и длине. Новый конструкционный материал LVL – это одна из разновидностей клеёной древесины, получаемая путём склеивания листов однонаправленного лучёного шпона хвойных пород. Технология производства LVL позволяет снизить отрицательное влияние естественных пороков древесины, что существенно повышает уровни его показателей прочности.

Недостаточная информация в научной и технической литературе, малая изученность материала LVL не позволяют на се-

годняшний день говорить о его широком применении в строительной отрасли. Основные направления использования LVL – в каркасном малоэтажном домостроении (балки перекрытий, стропила, ригели, несущие стойки), монолитном строительстве (элементы бетонной опалубки).

Весомый вклад в изучение LVL и соединений из него внесли учёные ЦНИИСК имени В.А.Кучеренко. По результатам проведённых ими исследований в механической лаборатории СПбГАСУ собраны и испытаны конструкции малого (4,6 м) пролёта плоских балочных ферм из LVL (рис. 1).

Сборка конструкции проводилась по месту. После установки заготовленных элементов поясов к ним с помощью клея прикреплялись фасонки. Для удобства монтажа и обеспечения нужной величины давления применялись ручные тиски и струбцины. Устройство решётки велось последова-

тельно: сначала монтировался растянутый стержень (вниз сходящийся раскос), затем – сжатый средний раскос и сжатая стойка. Конструкция фермы состояла из двух частей со стыковкой в середине пролёта. От идеи использования в качестве накладок ДСП-В было решено отказаться ввиду большей стоимости этого варианта, а также по причине гармоничного сочетания накладок с двух сторон из LVL той же ширины, что и нижний пояс. Стык верхнего пояса выполнен лобовым упором. Отверстия просверливали по шаблону, что позволило ускорить и упростить процесс сборки. В качестве связей применялись металлические болты d.6 мм класса 8.8 с шайбами и гайками. Расстояние между осями цилиндрических нагелей вдоль волокон древесины $S_1 = 5d$, поперёк волокон – $S_2 = 3,5d$ и от кромки элемента – $S_3 = 3d$. Величина строительного подъёма составила 1/200 пролёта фермы (рис. 2).

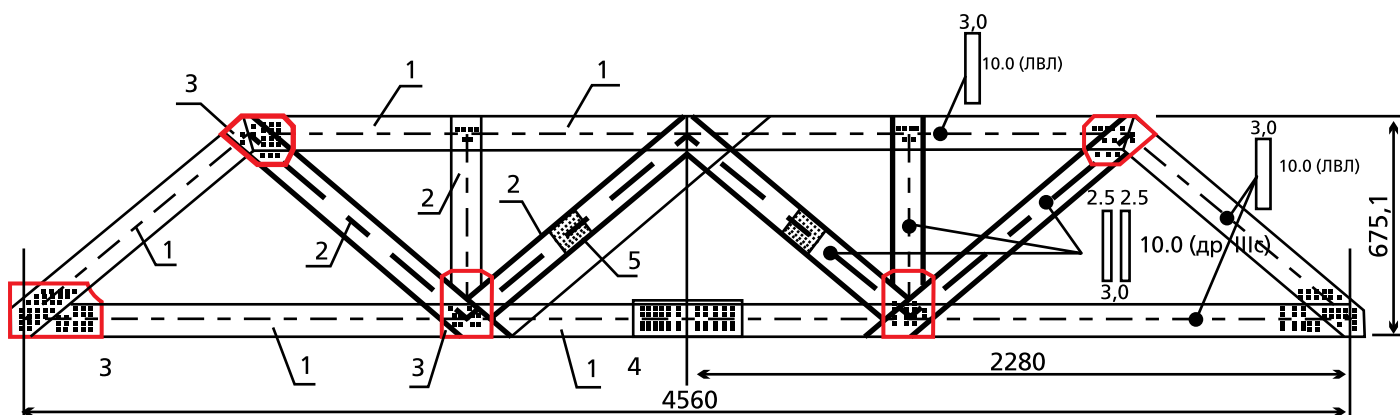


Рис. 1. Схема конструкции малого пролёта (L=4,6 м): 1 – LVL 30x100 (ОАО "ЛВЛ-Югра"); 2 – две доски 25x100; 3 – фасонки из ДСП-В (t = 7 мм); 4 – накладки из LVL; 5 – прокладки из древесины

Испытание фермы (рис. 3) при кратковременном приложении нагрузки в узлах осуществлялось на 7-штемпельной гидравлической машине фирмы «Amsler». Узловые шарниры центрировались с помощью металлических шариков и пластин. Нагрузка прикладывалась в узлах, её величина составляла 0,1 расчётной величины нагрузки. На каждой ступени ферма выдерживалась под нагрузкой в течение 15 мин. Для получения достоверных результатов эксперимента по деформированию стержней использовались тензодатчики, в узлах и на опорах устанавливались прогибомеры. При каждом шаге увеличения нагрузки проводилось регистрирование результатов с последующей математико-статистической обработкой. Все полученные данные занеслись в протокол проведения испытаний.



Рис. 2. Готовая конструкция в сборе



Рис. 4. Фотофиксация разрушения опорного подкоса



Рис. 3. Натурная конструкция фермы малого пролета

Эксперимент состоял из двух разделов:

1. Изучение влияния потери устойчивости основных элементов из плоскости на работу всей конструкции фермы (без раскрепления верхнего пояса).
2. Определение несущей способности узлов и элементов фермы с исследованием характера работы конструкции.

1. Нагружение конструкции без раскрепления верхнего сжатого пояса фермы. Результаты выполненных расчётов показали, что потеря устойчивости произойдёт при расчётной нагрузке $P_{расч} = 1820 \text{ Н/м}^2$ (рис. 4, 5).

Эксперимент показал значительное влияние раскрепления ответственных сжатых элементов из плоскости на работу всей конструкции. Фактическая разрушающая



Рис. 5. Фотофиксация разрушения верхнего пояса

нагрузка, приложенная в узлах, составила 6,9-8,3 кН - без учёта коэффициента длительности $K_{зап} = 2,059-2,5$.

2. Приложение нагрузки до появления необратимых деформаций. Статический расчёт проводился на действие расчётной нагрузки, равной 3630 Н/м^2 (рис. 6, 7).

Несущая способность элементов не была исчерпана полностью из-за разрушения нагельного соединения нижнего пояса, где расстояние между связями составляло $S_1 = 5d$. Разрушающая нагрузка, приложенная в узлах, составила 13,7-15,7 кН - без учёта коэффициента длительности $K_{зап} = 1,65-1,88$. Изучение характера разрушения (скалывание) позволило предположить, что для увеличения несущей способности стыка из LVL необходимо принимать

Рекомендации по проектированию

1. При больших пролётах целесообразны многоветвевые (2-, 3-, 4-ветвевые) стержни с короткими прокладками из древесины.
2. Малонапряжённые элементы решётки надо выполнять из пиломатериалов.
3. Расстояние между осями цилиндрических нагелей d 6 и 8 мм вдоль волокон LVL принимать $S_1=6,5d$; для $d > 8$ мм поперёк волокон S_2 и от кромки элемента S_3 - как для древесины (п. 5.18 СНиП II-25-80).
4. Применять следующие типы связей: нагели, дюбеля, винты, глухари, гладкие, с резьбой, различными шляпками, головками диаметром 6-20 мм. В конструкциях, эксплуатируемых в агрессивных к металлу средах, допускается применять нагели или болты из нержавеющей стали или стеклопластиковые стержни.
5. Для удобства монтажа и увеличения надёжности дополнительно применять клеевые составы, рекомендуемые для древесины и фанеры (например, РФ-12).

6. Применение принципа дробности (т.е. осуществление расстановки большего количества связей меньшей несущей способности) позволит избежать (значительно уменьшить) скальвания и раскальвания древесины.

7. В плоских балочных фермах из LVL, как показал эксперимент, следует предусматривать строительный подъём фетр не менее

$$\frac{1}{200} L$$

8. Величина H/L для ферм из LVL может находиться в диапазоне $(\frac{1}{7,5} - \frac{1}{8})L$, что

связано в первую очередь с эксплуатационными затратами.

9. Для облегчения работы по транспортировке предварительно заготовленных элементов LVL, увеличения скорости сборки ферм из них на строительной площадке и уменьшения трудоёмкости сооружений предлагается стыковать названные элементы в середине нижнего пояса. При проектировании несущих конструкций необходимо ориентироваться на их полную заводскую готовность, учитывать условия их транспортировки, транспортные габариты.

та применения клеёного бруса из шпона в конструкциях плоских балочных ферм, для чего был проведён сравнительный анализ затрат на производство ферм пролётом 18 м (для отдельно стоящего здания в Санкт-Петербурге), выполненных в металле (трубы квадратного сечения), брус и LVL. Себестоимость ферм из перечисленных материалов примерно одинакова, зато ферма из LVL значительно легче двух других.

Анализ результатов проведённого исследования подтверждает целесообразность применения LVL в конструкциях плоских балочных ферм.

По результатам проведённых исследований предложена конструкция плоской балочной фермы пролётом 18 м из LVL и древесины для отдельно стоящего здания в Санкт-Петербурге.

расстояние между нагелями d 6 и 8 мм вдоль волокон не менее $S_1=6,5d$. Кроме того, при осмотре соединения выявлены неточности в процессе сборки (угол наклона отверстий изменялся по толщине пакета, что объясняется ручным сверлением, и это приводило в ряде случаев к расстоянию $S_1=4d$). Испытания указанной фермы показали её достаточную жёсткость. В частности, при расчётной нагрузке величины относительных прогибов для узлов нижнего пояса равнялись $1/250$ пролёта фермы. Улучшенные данные позволили построить графики зависимости деформаций от нагрузки и графики зависимости напряжений от нагрузки (рис. 8).

Анализ результатов проведения представленных испытаний показывает, что при достаточном раскреплении из плоскости верхнего сжатого пояса несущая способность ферм определяется несущей способностью узлов. Полученные результаты подтверждают обоснованность применения LVL как конструкционного материала в конструкциях.

Проведён сравнительный анализ стоимости стропильной фермы как готового продукта с учётом стоимости материала, заготовки элементов, сборки и обработки поверхности с нанесением противопожарных составов. Исследования были направлены на определение экономического эффек-



Рис. 6. Разрушение конструкции в накладках нижнего пояса от скальвания



Рис. 7. Разрушение узла нижнего пояса от скальвания

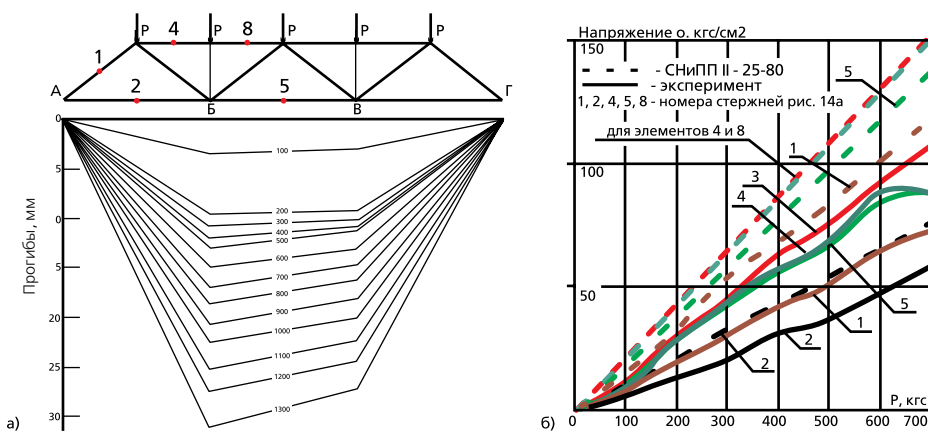


Рис. 8. Графики прогибов (а) и напряжений в стержнях (б) испытываемой фермы