

ПОСЛОЙНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Стоянов В.В. (Одесская государственная академия строительства
и архитектуры)

Принципиальные положения по послойному армированию деревянных конструкций изложенное в [1], предполагает использование высокомодульных лент в зоне наибольших нормальных напряжений. Материалами армирования древесины могут служить ленты из различных высокомодульных материалов - стеклопластика, алюминия, металла, углепластика и др. Очевидно, что эффективность такого армирования возрастает по мере использования материала с более высоким модулем упругости. Несомненным лидером здесь является углепластик, модуль упругости которого в 2-3 раза выше, чем у древесины.

Послойное армирование следует признать наиболее приемлемым и эффективным конструктивным приемом армирования древесины, открывающее возможность простого решения узлов перекрестных систем и мн. др. [1]. Кроме того, этот подход к армированию позволяет улучшить совместную работу древесины и арматуры.

Остановимся подробнее на некоторых особенностях работы древесины в зоне армирования.

В распространенном подходе армирования древесины отдельными стержнями, укладываемых в фрезерованные пазы по пластям досок, модификации подвергается лишь небольшой объем древесины (обволакивающий армирующий стержень) (рис. 1), не оказывающий существенного влияния на повышение несущей способности конструкций. Совсем иные возможности появляются при послойном армировании (рис. 2). Здесь, при сохранении расчетной площади армирования равной армированию одиночными стержнями, толщину модифицирующего слоя можно развивать до установленной расчетной величины. В этом случае между армирующим слоем и цельной древесиной формируется промежуточный слой высокопрочного и высокомодульного материала из модифицированной древесины.

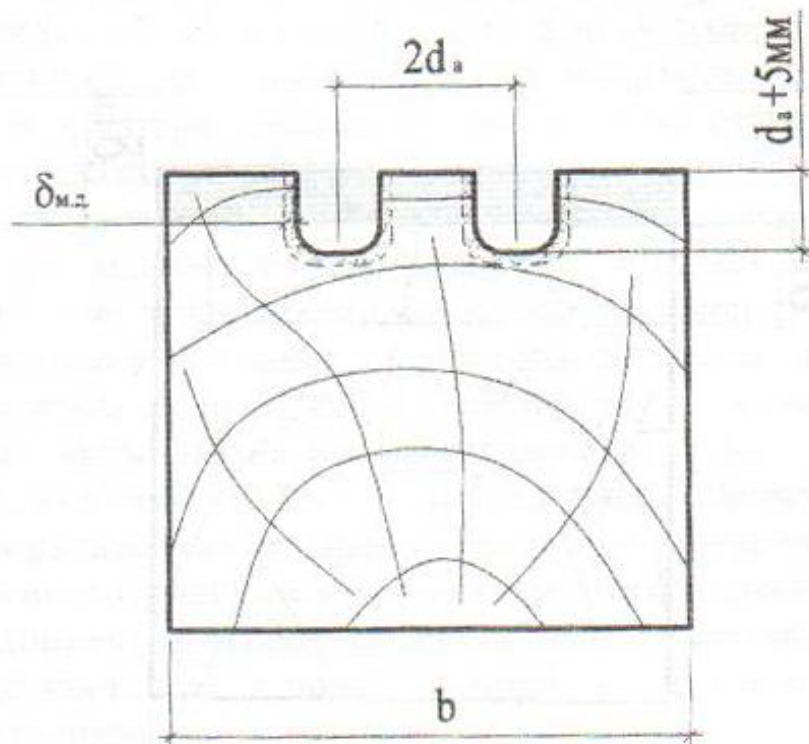


Рис.1 Размещение пазов по ширине сечения при армировании одиночными стержнями

$\delta_{м.д.}$ – толщина модифицированного слоя древесины (2-3 мм) в районе арматуры

d_a - диаметр арматуры

Механизм модификации древесины довольно сложен – полимеру необходимо проникнуть в стенку клетки, представляющую собой многослойную структуру – из первичной и вторичной стенки, а последняя состоит из трех слоев. Все древесное вещество представляет собой макромолекулы целлюлозы называемых фибриллами. Часть фибрилл (около 30% -40%) располагается идеально в параллельные пряди и имеет совершенный порядок в трех пространственных направлениях и удерживается в таком порядке с помощью гидроксильных связей по боковым сторонам молекул – это область кристаллической целлюлозы (недоступной для воды) и называется такое объединение фибрилл «мицеллой». Остальная часть макромолекул целлюлозы аморфная, которая подхватывает любую доступную им молекулу воды. На базе сказанного выше, небольшой “взгляд” в глубину клетки древесины помогает понять, что полимер не может, во-первых, быстро заполнить клетку и проникнуть через стенку одной клетки в другую, а тем более через группу клеток. Во вторых, попав в стенку клетки, полимер способствует вовлечению в механическую работу аморфной части целлюлозы заполняя объем между пучками аморфной части фибрилл, а

также мицелл что приводит к утолщению стенки клетки, ее прочности и жесткости.

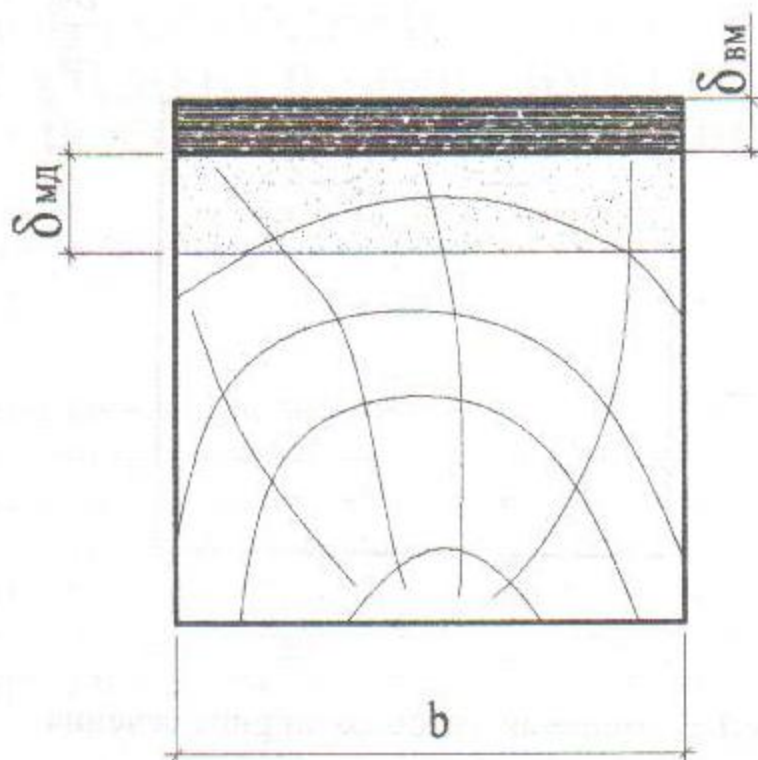


Рис.2 Послойное армирование древесины с модифицированным слоем

$\delta_{вм}$ - толщина высокомодульной ленты

$\delta_{мд}$ - модифицированный слой древесины толщиной около $0.02h$ (h - высота балки)

Повышение жесткости древесины благодаря модифицирующему эффекту можно учесть коэффициентом наполнения [3]:

$$k = \left(\frac{\rho_0}{\rho_n} \right) \left[\frac{(1+P_1)\rho^x - \rho}{(1+P_1)\rho_0 - \rho} \right]$$

Прочность древесины на растяжение зависит от активного вовлечения в работу фибрилл и прогнозируется коэффициентом $(1+\beta)$ [2], где β - степень заполнения объема клеточных стенок отвержденным полимером в сухом состоянии.

Как следует из рис. 1 немодифицированная древесина располагается в зоне наибольших напряжений вдоль арматурных стержней. При достижении в арматуре предела текучести, когда относительные деформации составляют $\epsilon = 0.15-0.35$, в древесине наблюдается резкий рост нормальных напряжений. В этом случае, в изгибаемом элементе в растянутой зоне, макромолекулы целлюлозы, находясь в крайней зоне сечения балки и не ориентированные по направлению продольной оси элемента испытывают сложное напряженное состояние от разложения усилий растяжения на продольную и поперечную составляющую. Таким образом, часть усилия вызывает растяжения вдоль фибрилл, а часть растяжение между ними, т.е. раскалывание. Понимание истинных причин раскалывания древесины в зоне армирования открывает возможности уменьшения влияния этого явления. В частности, модифицируя древесину здесь в ограниченном объеме мы увеличиваем ее жесткость и пределы прочности в т.ч. и сопротивление раскалыванию.

Поскольку модификацией древесины можно увеличивать в 4-5 раз прочность и жесткость, то пределы прочности по раскалыванию могут быть существенно улучшены.

Как показывают расчеты уже при толщине модифицирующего слоя $\delta_{м.д.} = 0.02h$, несущая способность балки с послойным армированием может быть увеличена на 25%. Отсюда, можно заключить, что умеренная модификация балок цельного или клееного сечения (в пределах $0,02h$) может существенно повысить несущую способность изгибаемых деревянных элементов.

Литература

1. Стоянов В.В. «Совершенствование армированных деревянных конструкций». В. сб. научных трудов ВТУ, г. Владимир, 2003г.
2. Хрулев В.М. Модифицированная древесина в строительстве. М., Стройиздат, 1986г.
3. Стоянов В.В. Модифицированная древесина в зоне послойного армирования деревянных конструкций. В сб. Современные строительные конструкции из металла и древесины. Одесса, 2004г.