

## МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА В ЗОНЕ ПОСЛОЙНОГО АРМИРОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ 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.

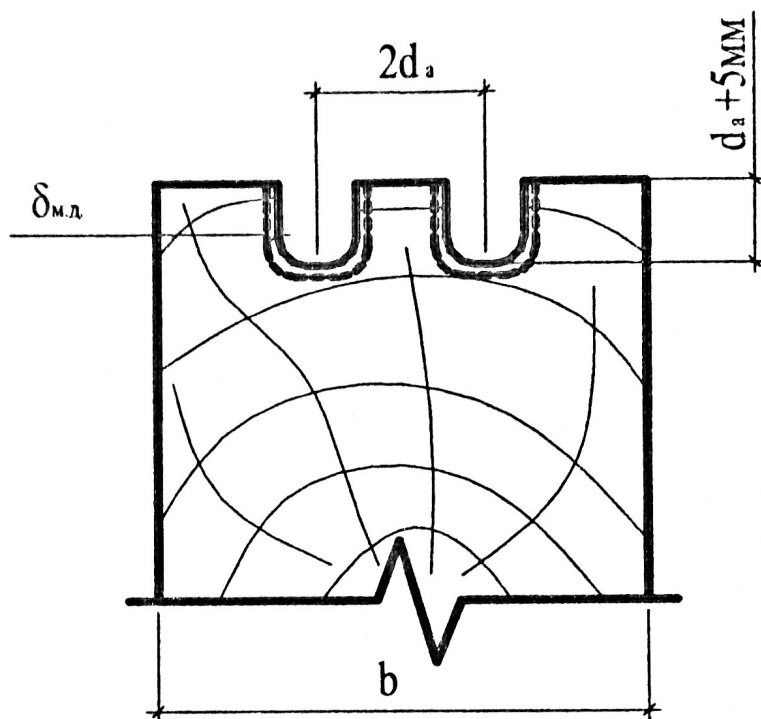
Остановимся подробнее на некоторых особенностях работы древесины в зоне армирования.

По мнению некоторых исследователей древесина в районе армирования подвержена раскалыванию. Так в работе [2] Б.В. Накашидзе отмечает, что «Раскалывание древесины в местах сопряжения с арматурой происходит по причине разномодульности материалов\* ... соответственно образования больших напряжений, превышающих прочность самой древесины на скалывание вдоль волокон» и далее подчеркивается, что прочностные свойства древесины можно улучшить путем ее модификации. Последнее, хорошо известно и исследовано – например, в работе В.М. Хрулева [3] и др. и не вызывает возражений. Обратим внимание на то, что широко в распространенном подходе армирования древесины отдельными стержнями, укладываемых в фрезерованные пазы по пластикам досок, модификации подвергается лишь небольшой объем древесины (обволакивающий армирующий стержень) (рис. 1),

---

\* – с этим тезисом можно поспорить, но об этом позже.

не оказывающий существенного влияния на повышение несущей способности конструкций. Совсем иные возможности появляются при по-  
 слойном армировании (рис. 2). Здесь, при сохранении расчетной пло-  
 щади армирования равной армированию одиночными стержнями, тол-  
 щину модифицирующего слоя можно развивать до установленной рас-  
 четной величины. В этом случае между армирующим слоем и цельной  
 древесиной формируется промежуточный слой высокопрочного и вы-  
 сокомодульного материала из модифицированной древесины.



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

$\delta_{м.д}$  – модифицированный слой древесины (2-3 мм) в районе арматуры

$\delta_a$  – диаметр арматуры.

Механизм модификации древесины довольно сложен – полимеру необходимо проникнуть в стенку клетки, представляющую собой мно-  
 гослойную структуру – из первичной и вторичной стенки, а последняя  
 состоит из трех слоев. Все древесное вещество состоит из макромоле-  
 кулами целлюлозы называемых фибриллами. Часть фибрилл (около  
 30% – 40%) располагается идеально в параллельные пряди и имеет со-  
 вершенный порядок в трех пространственных направлениях и удержи-  
 вается в таком порядке с помощью гидроксильных связей по боковым  
 сторонам молекул – это область кристаллической целлюлозы (недос-

тупной для воды) и называется такое объединение фибрилл «мицеллоид». 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, сходу заполнить 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.

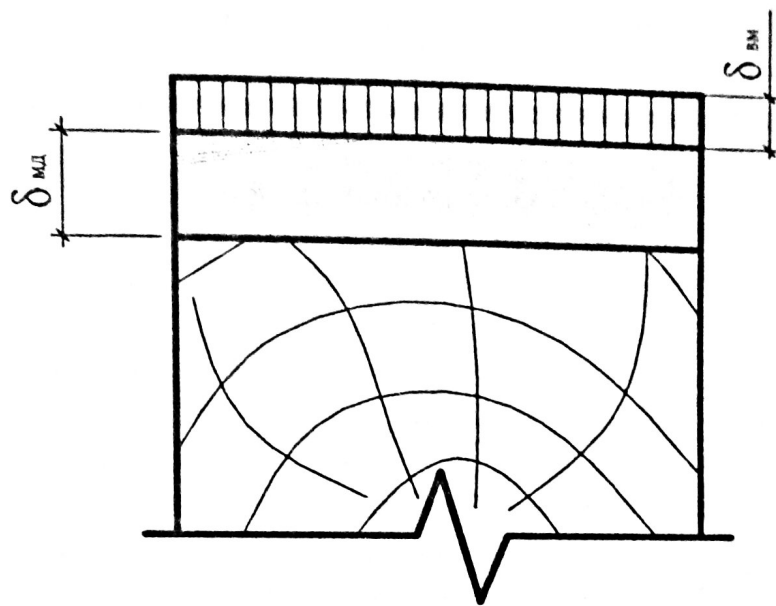


Рис. 2. Послойное армирование древесины с модифицированным слоем

$\delta_{вм}$  – 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  $(1 + \beta)$  [3].

где  $\beta$  – степень заполнения объема клеточных стенок отвержденным полимером в сухом состоянии.

На базе рассмотренных выше технологических тонкостей модификации древесины, обратимся к нашему замечанию выше, что мы не разделяем утверждения в [2] о раскалывании древесины в местах ее сопряжения с арматурой по причине разномодульности материалов. Вероятно, было бы неожиданностью отсутствия такого явления, однако, не по отмеченной выше причине.

Как следует из рис. 1 немодифицированная древесина располагается в зоне наибольших напряжений вдоль арматурных стержней. При достижении в арматуре предела текучести, когда деформации составляют 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 их несущую способность.

### Литература

1. Стоянов В.В. «Совершенствование армированных деревянных конструкций». В. сб. научных трудов ВТУ, г. Владимир, 2003.
2. Накашидзе Б.В. Составные дерево-полимер-железобетонные конструкции зданий и сооружений.
3. Хрулев В.М. Модифицированная древесина в строительстве.