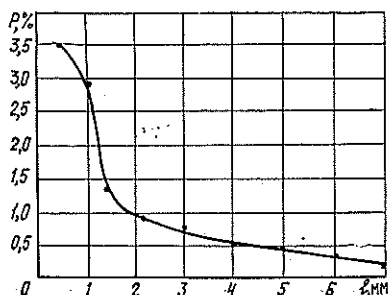


риметрии. Как показали исследования, состав проникает в древесину на глубину l до 7 мм (рис. 3).

Рис. 3. Зависимость содержания фосфора P в древесине при термообработке от глубины проникновения l



Результаты испытаний обработанной древесины при некоторых видах напряженного состояния указывают на улучшение ее механических свойств. Например, предел прочности на сжатие вдоль волокон и предельное напряжение статического изгиба возрастают на 7,5 и 10,0 %.

Изучено влияние количества состава на огнестойкость древесины при поверхностном нанесении. Как видно из табл. 2, для перевода древесины в разряд трудносгораемых материалов необходимо нанести 500...600 г состава на 1 м² поверхности.

По заключениям УПО МВД СССР и ЦНИИСК, огнезащитный состав на основе ДМФ переводит древесину в категорию трудносгораемых материалов.

Таблица 2

Расход огнезащитного состава, г/м ²	Потеря массы при горении, %
100	21,2
200	14,4
300	10,5
500	8,6
600	8,4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Асеева Р. М., Заиков Г. Е. Горение полимерных материалов.—М.: Наука, 1981.—С. 166—188. [2]. Булгаков В. К., Кодолов В. И., Липанов А. М. Моделирование горения полимерных материалов.—М.: Химия, 1990.—С. 199. [3]. ГОСТ 12.1.007—76 (СТ СЭВ 2415—80). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. Введ. 01.01.77 до 01.01.96 // ССБТ.—М.: Изд-во стандартов, 1991.—С. 23. [4]. Домбург Т. Э., Добеле Г. В. Термокатализитические превращения целлюлозы и лигнина в присутствии фосфорной кислоты // Химия древесины.— 1988.—№ 3.—С. 97. [5]. Полимерные материалы повышенной горючести / Под ред. А. Н. Праведникова.—М.: Химия, 1986.—С. 67—69. [6]. Решетников С. М. Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Тез. докл. 2-й респ. науч.-техн. конф. Ч. 2.—Харьков, 1987.—С. 83.

Поступила 11 марта 1991 г.

УДК 624.02 : [674.028.9 + 691.116]

РЕЗЕРВЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КЛЕЕНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Б. В. ЛАБУДИН, Е. Н. СЕРОВ, В. В. ЯКОВЛЕВ

Архангельский лесотехнический институт
Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)
ДОЗ «Вельский»

Опыт массового изготовления деревянных клееных конструкций (ДКК) показал, что созданные мощности индустриальной базы исполь-

зуются далеко не полностью [5, 6]. Это обусловлено многими взаимосвязанными причинами. К ним относятся высокая стоимость ДКК, наличие «узких мест» в цепочках технологического потока специализированных предприятий, сравнительно ограниченная номенклатура несущих конструкций и др. [6, 9].

В последние годы появились такие типы ДКК, в которых не учтены принципы рационального использования прочностных и упругих свойств анизотропного материала — древесины. Примером могут служить конструкции с сопряжением клееных блоков на зубчатый шип под углом, нарезанный через все сечение. Анализ напряженного состояния таких соединений показал, что при возникновении в них запредельного состояния ресурс прочности древесины вдоль волокон используется на 15... 20 % [9]. В то время как при стыковке на зубчатый шип вдоль волокон прочность пиломатериалов, например 2-го сорта, может быть использована практически полностью. В последние пять лет номенклатура ДКК массового производства несколько сократилась из-за слабых темпов ее расширения, с одной стороны, и отмены конструкций с неудачными инженерными решениями, приводящими к несбалансированной прочности элементов, с другой.

Вместе с тем, потребность и целесообразность применения ДКК в народном хозяйстве с каждым годом увеличивается благодаря целому ряду их достоинств [1, 2, 9, 12], а также возрастающему дефициту стали, цемента, энергии, трудовых ресурсов и др. По зарубежным источникам расход энергии на единицу пилопродукции меньше, чем для получения цемента, пластмасс, стали и алюминия соответственно в 4, 6, 16 и 126 раз [13]. Это обязывает искать пути расширения номенклатуры ДКК, разрабатывая их на основе принципов рационального использования конструктивных свойств древесины, в частности анизотропии прочности. Естественно, новые типы клееных конструкций, наряду с соблюдением согласования полей действующих напряжений с полями сопротвления материала, должны в наибольшей степени использовать возможности имеющегося в цехах ДКК оборудования [9].

В настоящее время существующее оборудование позволяет выпускать конструкции практически любых форм и размеров, включая склеивание крупных блоков на зубчатый шип, нарезанный через все сечение ДКК [2, 8, 12]. К наиболее технологичным и недорогим относятся прямолинейные элементы, которые вытесняют многие гнуто-клееные конструкции и преобладают в общей номенклатуре изделий.

Самостоятельным направлением расширения компоновочных и объемно-планировочных решений зданий и сооружений считается получение исходных элементов основных несущих конструкций путем раскрытия заготовочных укрупненных прямолинейных и криволинейных блоков. В основу данного направления должны быть заложены принципы рациональной работы элементов ДКК в процессе эксплуатации с максимальным использованием ресурса прочности, а также снижения отходов при изготовлении.

При традиционном изготовлении двускатных балок в процессе формирования пакета и верхних наклонных граней образуется не только большое количество отходов, но и снижается качество запрессовки и, следовательно, уменьшается прочность и надежность ДКК. Поэтому вполне приемлемым является ранее предложенный нами способ изготовления таких элементов путем продольных наклонных и поперечных разрезов пакета [8].

Полученные готовые элементы несущих ДКК, позволяют компоновать поперечники одно-, двух- и многопролетных зданий, рациональным образом учитывая геометрию полученных элементов. При этом вертикальные зубчатошиповые соединения (ЗШС) необходимо располагать

согласно эпюрам внутренних усилий в зонах наименьших или нулевых значений изгибающих моментов (рис. 1).

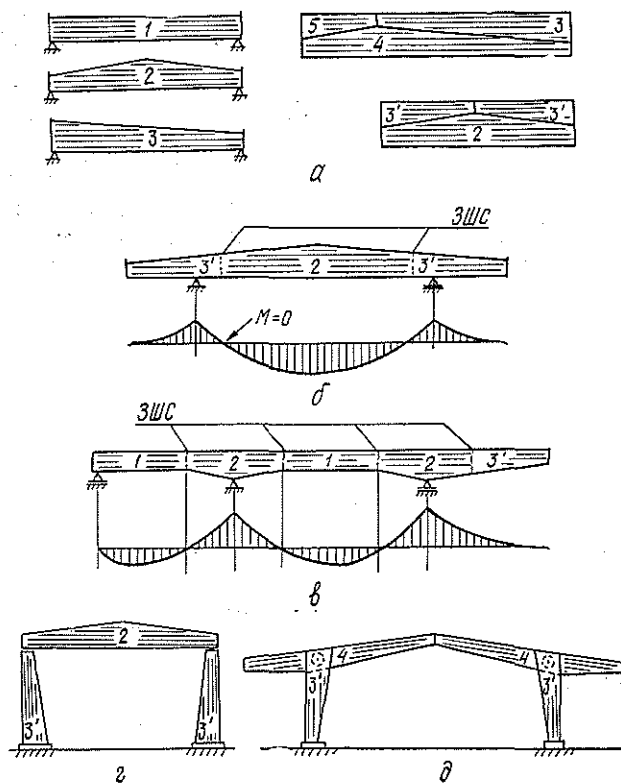


Рис. 1. Примеры формообразования плоскостных конструкций из унифицированных заготовочных блоков и прямолинейных элементов с помощью ЗШС: а — варианты раскроя; б, в — двухконсольная и двухпролетная клеодощатые балки (ригеля); г — поперечник стоечно-балочного каркаса; д — поперечник рамно-консольного каркаса

Предлагаемые методы раскроя дают возможность более полно загружать и использовать прессовое оборудование, имеющее ограничение по длине заготовочных блоков до 15 м (цеха ДКК второй очереди), так как после стыковки линейных элементов габариты изделия возрастут до 30 м. Для реализации нашего предложения нет необходимости увеличивать длину гидропрессов в 2 раза.

Вместе с тем возможности формообразования ДКК только из прямолинейных элементов пока невелики. Ряд конструкций неизбежно выходит за рамки соблюдения основного принципа конструирования. Несмотря на высокую материалоемкость, такие ДКК имеют низкие прочностные показатели. К ним относятся прежде всего конструкции ломаного очертания с сопряжением элементов под углом. Соблюдение же принципа согласования предполагает обеспечение ориентации основных усилий вдоль волокон древесины, т. е. при сопряжении элементов под углом целесообразно использовать гнуто-клееные детали или крупные блоки [8, 9]. Тогда не только в любом поперечном сечении, но и в ЗШС напряжения будут передаваться вдоль волокон. Следовательно, одним из резервов формообразования различных ДКК в процессе изготовления является сочетание прямолинейных элементов с

криволинейными участками, что позволяет наиболее рационально использовать анизотропию механических свойств древесины. При этом гнуто-клееные детали или блоки, вставляемые в наиболее напряженные зоны ДКК, склеивают из слоев древесины повышенного качества. Кроме того, при малой длине заготовки пакет набирают из цельных слоев (без ослабления зубчатыми стыками).

Метод сопряжения унифицированных прямолинейных блоков с гнуто-клееными существенно расширяет возможности формообразования ДКК. Это могут быть балки различной конфигурации, рамные, арочные конструкции и др. (рис. 2). Таким образом, сочетание прямолинейных элементов с помощью гнуто-клееных деталей или блоков расширяет границы компоновочных решений поперечников зданий и сооружений, а также делает разнообразными как интерьер, так и экстерьер проектируемых объектов.

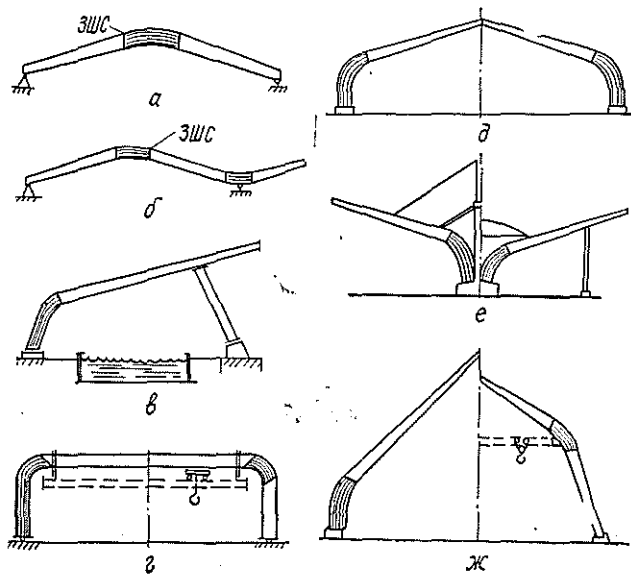


Рис. 2. Примеры формообразования плоскостных клеодошчатых конструкций с использованием гнуто-клееных деталей и блоков при стыковании на зубчатый шип вдоль волокон по всей высоте поперечного сечения: а, б — балки; в, г, д, е — рамы; ж — арки.

Обсуждение использования современных типовых элементов ДКК в пространственных системах содержится в работе [3]. Реализация этих идей в ряде объектов [3, 10, 11] выявила не только положительные, но и отрицательные стороны, обусловленные прежде всего недооценкой формообразующих факторов материала, а также конструктивных решений. При этом допускалось резкое ослабление поперечных сечений элементов ДКК или непосредственное стыкование прямолинейных элементов под углом на зубчатый шип, нарезанный через все сечение. Указанные тенденции стимулировали активное развитие и внедрение наклонных клеештыревых металлических связей [11].

Одновременно, при использовании типовых ДКК не всегда учитывали пространственную работу сооружений и действительный характер работы узлов и соединений. Вследствие этого конструкции некоторых возведенных зданий имеют значительные запасы прочности, что ведет к перерасходу дефицитных пиломатериалов и клея. Так, по нашим данным и результатам других исследований [7, 10], учет только про-

странственной работы в ребристо-кольцевых куполах позволяет уменьшить материалоемкость основных несущих ребер на 25...40 %.

Особо следует сказать о некотором терминологическом соответствии при описании рассматриваемых конструкций. Так, в отдельных работах к классу оболочечных конструкций отнесены не совсем правильно, на наш взгляд, ребристые системы, в которых несущую функцию выполняют типовые арочные элементы, работающие на сжатие с изгибом и воспринимающие в основном нагрузки от внешних воздействий (высота ребер составляет $1/40 \dots 1/60$ пролета). Однако при этом отмечается весьма серьезное их преимущество за счет включения в работу ограждающего настила из досок или панелей [10]. Таким образом, преодоление статического и конструктивного противоречий между ребристой и тонкостенной пространственной системой определяет правильность выбора расчетной схемы, а также ее соответствие конструктивному решению, когда учитываются свойства материала с резко выраженными анизотропными характеристиками, в том числе и упругая податливость соединений.

На наш взгляд, совсем неудачны конструктивные решения, в которых осуществляется сопряжение пространственно расположенных элементов с ослаблением на половину высоты поперечного сечения. Это приводит к существенной концентрации напряжений в зоне стыков, перерасходу материала, снижению надежности из-за грубой формализации расчетных схем и неопределенности работы конструкций под нагрузкой.

Предлагаемые выше принципы раскроя клеодощатых блоков на требуемые элементы позволяют расширить формообразующие возможности не только плоскостных, но и пространственных конструкций типа шатров и куполов ребристо-кольцевой структуры, а также кружально-сетчатых сводов с учетом их напряженно-деформированного состояния (рис. 3). Например, меридиональные элементы (ребра) переменного

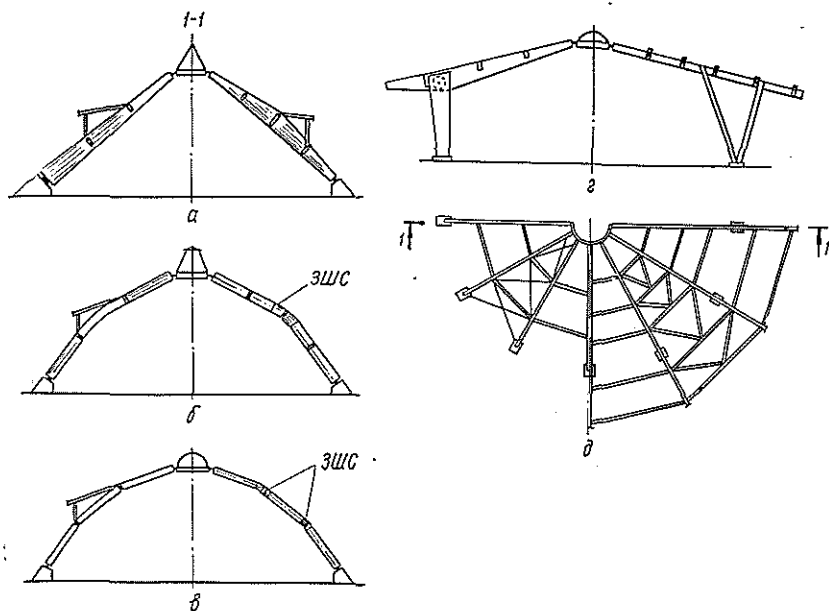


Рис. 3. Примеры формообразования пространственных систем из ДКК с использованием прямолинейных и гнуто-клеенных блоков, а также сопряжения посредством ЗШС: а — шатер, б, в — купола; г — рамно-шатровая система; д — план покрытий а, б, в г

сечения с наклонными гранями в виде одно- и двускатных элементов устанавливаются так, чтобы наибольшие поперечные сечения находились в зонах максимальных значений изгибающих моментов вблизи опор на контуре. Гнуто-клееные и прямолинейные с криволинейными вставками меридиональные элементы имеют определенные преимущества перед приведенными выше за счет изломов и «вспарушности»: увеличивается объем внутреннего пространства, снижаются расчетные усилия и др. Кроме того, на продолжении граней целесообразно устраивать не только зенитные, но и боковые фонари естественного освещения без дополнительных изломов кровли, что следует учитывать при эксплуатации деревянных сооружений в условиях Севера и Северо-Запада.

Переломы осей в меридиональных элементах ДКК на участках с криволинейными вставками можно использовать и для сопряжений с кольцевыми элементами, т. к. материал вставок из тонких или шпола является более прочным, чем на прямолинейных участках [9]. Одновременно в зонах присоединения колец к ребрам узловое соединение можно выполнить таким образом, чтобы с помощью связей воспринимались бы и растягивающие поперечные напряжения, весьма опасные для клееной древесины. Это замечание справедливо также и для плоскостных конструкций из клееной древесины.

На основании сказанного можно рекомендовать следующее:

1. В целях повышения надежности и долговечности зданий и сооружений, а также применения рациональных технических решений с наименьшей материалоемкостью основных несущих и ограждающих конструкций необходимо на стадии проектирования как плоскостных, так и пространственных систем из ДКК учитывать взаимосвязь конструктивно-технологических принципов изготовления со статико-геометрическими параметрами инженерного расчета, исходя из условий их эксплуатации.

2. Для организации поточного производства ДКК по расширенной номенклатуре с применением гнуто-клееных деталей рекомендуется использовать простаивающее технологическое оборудование (шипорезные станки и др.), а также дооснастить производство модернизированными прессами угловой вязки для сопряжения прямолинейных и криволинейных элементов.

3. Необходимо расширить теоретические и экспериментальные исследования пространственных систем на основе ДКК с учетом реальных физико-механических свойств материала, статико-геометрических параметров конструкций и узловых соединений, а также нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Карлсен Г. Г. Пути повышения эффективности конструкционного использования древесины в строительстве и основные задачи совещания // Всесоюз. совещ. «Повышение эффективности конструкционного использования древесины в строительстве». — М.: Стройиздат, 1968. — С. 5—13. [2]. Ковальчук Л. М. Производство деревянных клееных конструкций. — М.: Лесн. пром-сть, 1979. — 216 с. [3]. Ковальчук Л. М., Турковский С. Б. Деревянные конструкции из стандартных элементов / Расширение применения деревянных клееных конструкций // Матер. Всесоюз. науч.-практ. конф. — М.: ЦНИИСК, 1983. — С. 103—110. [4]. Лабудин Б. В. Конструирование и расчет современных пространственных ДКК // Перекрестные балки и купола: Учеб. пособие. — Л.: ЛТА, 1984. — 64 с. [5]. Промышленность СССР. Статистический сборник / Госкомстат СССР. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 286 с. [6]. Разработка путей повышения эффективности производства и применения деревянных клееных конструкций: Отчет о НИР / ЛИСИ; Руководитель Н. И. Барановская. — № ГР 01880011123. — Л., 1988. — 180 с. [7]. Светозарова Е. И., Орлович Р. Б., Турков А. В. Особенности работы ребристо-кольцевых куполов из деревянных клееных элементов // Стр-во и архит. — 1990. — № 4. С. 20—25. (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Светозарова Е. И., Серов Е. Н., Лабудин Б. В. Некоторые вопросы совершенствования клееных деревянных конструкций в процессе изготовления // Лесн. журн. — 1985. — № 2. — С. 65—68. (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Серов Е. Н. Рациональное использование анизотропии прочности

материалов в клееных деревянных конструкциях массового изготовления: Дис. ... докт. техн. наук.—Л., 1988.—521 с. [10]. Слицкоухов Ю. В., Пятикрестовский К. П. Исследование пространственных деревянных конструкций с целью снижения материалоемкости // Исследование прочности и эффективности современных конструкций из древесины и пластмасс: Сб. тр. / МИСИ.—1987.—С. 150—164. [11]. Турковский С. Б., Курганский В. Г., Почерняев Б. Г. Опыт применения клееных деревянных конструкций в Московской области // НТО Стройиндустрии СССР.—М.: Стройиздат, 1987.—Вып. 1.—48 с.; Вып. 2.—56 с. [12]. Хрулев В. М. Производство конструкций из дерева и пластмасс.—М.: Высш. шк., 1989.—239 с. [13]. La construction moderne en bois: evolution des forms, des produits et des techniques // Journal de la construction de la suisse romande.—1980.—N 15.—P. 16—18.

Поступила 19 августа 1991 г.

УДК 674.093.26.06.001.4

ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ НАГРУЖЕНИЯ НА ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ФАНЕРНЫХ ОБРАЗЦОВ

Л. М. КОВАЛЬЧУК, О. В. ГУРИН

ЦНИИСК

Ранее [2] нами была установлена принципиальная возможность оценки и прогнозирования прочности древесины и древесных плит по данным суммарного счета акустической эмиссии (АЭ) при нагружении образцов до определенной контрольной величины, при которой не наблюдается каких-либо существенных изменений в структуре материала. Исследования выявили, что в каждом конкретном случае требуется применение определенной схемы испытаний и назначение величины контрольной нагрузки.

В данной статье рассмотрен вопрос о выборе схемы испытаний для прогнозирования прочности образцов фанеры.

Исследования проводили на образцах фанеры ФСФ по ГОСТ 3916.1—89. Размер образцов 75×250 мм, их толщина 8 мм. Образцы испытывали в рычажном прессе на поперечный изгиб с приложением ступенчатой нагрузки по 0,12 кН и выдержкой на каждой ступени в течение 1...2 мин для снятия показаний приборов. Суммарный счет АЭ измеряли акустико-эмиссионным прибором АФ-15 с помощью пьезодатчика, установленного на верхней плоскости образца. Кратность испытаний—10 образцов на одну точку*.

Для проведения опытов приняты три схемы приложения нагрузки, представленные на рис. 1.

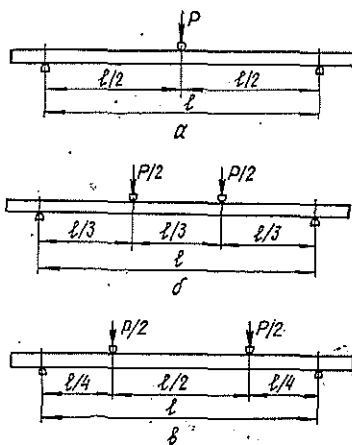


Рис. 1. Схемы приложения нагрузки: а—одноточечная в середине пролета (I); б—двухточечная в третях пролета (II); в—двухточечная в четвертях пролета (III)

* Испытания проводили Л. А. Кайма и Н. В. Носова.