

УДК 630*824.86

НОРМАТИВНАЯ ПРОЧНОСТЬ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ С ЗУБЧАТЫМИ КЛЕЕВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ПРИ ИЗГИБЕ И РАСТЯЖЕНИИ

Л. М. КОВАЛЬЧУК, Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Е. Б. РЮМИНА

ЦНИИСК, ЦНИИМОД

Склеивание пиломатериалов по длине с последующим раскроем на заготовки требуемых размеров — одно из перспективных направлений рационального использования древесины в заводском малоэтажном домостроении и при изготовлении панелей, ферм и других дощатых строительных конструкций. Настоящая работа выполнена для определения влияния параметров и расположения зубчатых клеевых соединений на нормативы прочности пиломатериалов при изгибе и при растяжении.

Образцы выборок 1—5 и 7—9 изготавливали из еловой древесины на экспериментально-производственном заводе «Красный Октябрь» (г. Архангельск) и испытывали в ЦНИИМОДе. Образцы выборки 6 изготавливали из сосновой древесины на Юресской СПМК (Литовская ССР) и исследовали в ЦНИИСКе. Длина образцов выборок 1—4 составляла 2250 мм, а выборок 5—9 — 1500 мм. Для склеивания использовали фенолрезорцино-формальдегидный клей ФРФ-50 (ТУ 6-05-1880—79). Параметры зубчатых клеевых соединений (согласно ГОСТ 19414—79) и их местоположение указаны в табл. 1. Отверждение клея происходило при температуре +20 °С и относительной влажности воздуха 75...80 % в течение 24 ч. После 30 сут кондиционирования в условиях цеха влажность образцов составила 10 ± 2 %.

Для сравнения брали контрольные образцы-аналоги без клеевых соединений (выборки 1—6), изготовленные из пиломатериалов той же партии, что и образцы основных выборок. Основные и контрольные образцы выборок 1—7 испытывали при изгибе нагружением кромки, а выборки 8П — при изгибе нагружением пласти. При испытаниях на изгиб (согласно ГОСТ 21554.2—81) нагрузку прикладывали в третях пролета. Образцы выборки 9Р изучали на растяжение (по ГОСТ 21554.5—78) на разрывной машине ЦНИИМОД — Р-100.

Результаты испытаний пиломатериалов приведены в табл. 1, а оценка достоверности различия прочностных показателей образцов по t -критерию Стьюдента — в табл. 2.

Оценкой достоверности установлено (табл. 2), что различие прочности горизонтальных и вертикальных зубчатых клеевых соединений незначительно, поскольку $t^{1-2} = 0,6$, что меньше предельного значения $t_{0,05} = 2,09$ [1]. Различие прочности образцов выборок 2 и 3, отличающихся положением зубчатых соединений в пролете, также незначительно. Это можно объяснить принятой схемой испытаний с приложением усилий в третях пролета, что обеспечивало одинаковый по величине наибольший изгибающий момент на всем участке средней трети пролета, т. е. в зоне расположения зубчатых соединений. Прочность цельных образцов-аналогов при этом была в среднем на 15 % выше, чем образцов с клеевыми соединениями при достоверном различии — $t^{1-1'} = 2,9$; $t^{2-2'} = 3,2$ и $t^{3-3'} = 2,6$ при предельном значении $t_{0,05} = 2,08$.

Следовательно, зубчатые клеевые соединения, расположенные в зоне максимальных изгибающих моментов, независимо от направления нарезки существенно снижают прочность пиломатериалов при изгибе.

Таблица 1

Номер выборки	Сечение, мм	Тип образцов	Расположение зубчатых соединений в пролете l	Объем выборки n , шт.	Среднее арифметическое \bar{x} , МПа	Среднее квадратическое отклонение s , МПа	Коэффициент вариации v , %
1	45 × 145	Г-50 × 12 × 2	В середине l	20	43,53	6,87	15,8
1'		Цельные	—	20	50,87	8,89	17,5
2		В-50 × 12 × 2	В середине l	20	42,12	6,22	15,1
2'		Цельные	—	20	50,60	9,40	18,5
3		В-50 × 12 × 2	В третях l	20	43,30	6,17	14,3
3'		Цельные	—	20	50,30	9,55	18,9
4		В-50 × 12 × 2	1/6 l от опор	20	49,98	7,45	14,9
4'		Цельные	—	20	50,20	8,30	17,0
1 + 2 + 3		В-50 × 12 × 2	В середине и третях l	60	42,98	6,41	14,9
1' + 2' + 3' + 4'		Цельные	—	78	50,46	9,02	17,9
5	38 × 138	В-32 × 8 × 1	В середине l	29	44,55	6,69	15,0
5'		Цельные	—	24	52,29	10,19	19,5
6		В-20 × 6 × 1	В середине l	26	36,64	8,49	23,2
6'	Цельные	—	36	41,82	12,51	29,9	
7	38 × 140	В-32 × 8 × 1	В середине l	60	39,25	7,99	20,4
8П		»	»	57	43,40	6,15	14,2
9Р		»	»	48	25,00	4,64	18,5

Примечание. Номер выборки без штриха соответствует клееным пиломатериалам, а со штрихом — образцам-аналогам без клеевых соединений.

Таблица 2

Номер выборки	t-критерий значимости различия выборок										
	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'
1	2,9	0,6	—	0,1	—	2,8	—	0,1	—	2,7	—
1'	—	—	0,1	—	0,2	—	0,2	—	0,1	—	2,6
2	—	—	3,2	0,5	—	3,4	—	0,9	—	2,1	—
2'	—	—	—	—	0,1	—	0,1	—	0,0	—	2,5
3	—	—	—	—	0,6	2,8	—	0,3	—	2,6	—
3'	—	—	—	—	—	—	0,0	—	0,1	—	2,3
4	—	—	—	—	—	—	0,1	2,8	—	5,3	—
4'	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	2,4
5	—	—	—	—	—	—	—	—	2,4	3,3	—
5'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,3
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,2

Результаты анализа однородности выборок 1—3 позволили объединить их в одну совокупность. При удалении зубчатых клеевых соединений из зоны максимального изгибающего момента прочность образцов выборки 4 несущественно отличается от цельных образцов выборки 4'. Уменьшение длины зубчатого шипа от 50 до 32 мм не оказывает существенного влияния на прочность пиломатериалов из ели (табл. 2). По данным испытаний, временной прочностью обладают пиломатериалы из сосны с зубчатыми клеевыми соединениями В-20 × 6 × 1.

На прочность с заданным уровнем обеспеченности существенное влияние оказывает выбор типа распределения, аппроксимирующего эмпирический ряд. Распределения показателей прочности в пределах каждой выборки согласно ω^2 -критерию, в основном, не противоречат нормальному закону при критическом значении $\omega_{кр}^2 = 1,98$ [1]. Критерий значимости асимметрии распределений также не превышает пре-

дельных значений, тогда как критерий значимости эксцесса для выборок 1 и 3 выше предельного значения $t_{0,05} = 1,98$ на 0,52 и 0,19 соответственно. Поэтому экспериментальные данные более тесно соответствуют логнормальному закону. Оценкой соответствия эмпирических распределений закону Пирсона установлено, что выборка 5 подчиняется IV типу кривых ($\eta = 0,06$), а все остальные — I типу кривых ($\eta = -0,01 \div -0,29$).

В соответствии с указанными законами распределения, с помощью ЭВМ по программе ЦНИИСКа рассчитывали показатели нормативной прочности с обеспеченностями 0,95; 0,99 и 0,9986.

В связи с тем, что при логнормальном законе нормальному закону распределения подчиняются логарифмы значений выборки, нормативные сопротивления R^i в этом случае определяли с использованием зависимости

$$\ln \frac{R^i}{s} = \ln \frac{\bar{x}}{s} - \eta_{in}^i v,$$

где η_{in}^i — коэффициент обеспеченности нормированного логнормального распределения, учитывающий влияние коэффициента вариации v ;
 \bar{x} — среднее арифметическое;
 s — среднее квадратичное отклонение.

При коэффициенте вариации $v = 10\%$ и уровнях обеспеченности 0,95; 0,99 и 0,9986 значения η_{in}^i составляют 1,55; 2,05 и 2,58, при $v = 20\%$ — соответственно 1,40; 1,86 и 2,25, а при $v = 30\%$ — соответственно 1,30; 1,68 и 1,97.

Таблица 3

Но- мер вы- бор- ки	Нормативы прочности, исходя из закона распределения, МПа								
	Пирсо- на	нормаль- ного	лог- нор- маль- ного	Пирсо- на	нормаль- ного	лог- нор- маль- ного	Пирсо- на	нормаль- ного	лог- нор- маль- ного
	при обеспеченности								
	0,95			0,99			0,9986		
1	33,77	32,14	33,48	30,86	27,51	30,26	29,14	23,91	27,08
1'	37,93	36,18	38,05	34,08	30,13	33,95	31,52	23,36	30,13
2	32,28	31,63	32,72	30,49	27,38	29,73	29,86	23,06	26,75
2'	37,21	35,15	37,30	33,81	28,79	33,00	31,37	21,67	29,42
3	35,48	33,08	34,07	34,93	28,87	31,10	34,68	24,70	28,13
3'	34,21	34,60	33,90	31,43	28,15	32,52	33,85	20,92	28,62
4	38,53	37,70	38,97	36,61	32,52	35,47	36,14	27,52	31,97
4'	37,34	36,12	37,86	37,86	35,06	30,30	33,98	35,76	30,30
1 +									
+ 2 +									
+ 3	32,36	32,41	35,57	28,86	28,06	30,23	25,99	23,19	27,50
1' +									
+ 2' +									
+ 3' +									
+ 4'	36,04	35,47	37,54	33,57	29,41	33,38	32,23	23,36	29,50
5	34,05	33,51	34,65	27,68	28,96	31,50	19,23	23,88	28,42
5'	36,37	35,47	38,02	32,79	28,54	33,02	31,53	21,72	29,70
6	22,77	22,62	24,99	17,83	16,84	21,26	12,98	11,15	18,51
6'	25,14	21,18	25,56	22,63	21,68	20,81	21,06	4,07	17,19
7	27,35	26,04	28,08	23,59	20,59	24,36	20,53	14,51	21,25
8П	33,83	33,23	34,21	32,10	29,04	31,25	31,45	24,36	28,36
9Р	19,85	17,35	18,42	18 ⁷⁷	14,22	16,33	18,03	10,70	14,36

Результаты расчета представлены в табл. 3. Из данных табл. 3 следует, что прочность пиломатериалов при изгибе нагружением кромки с обеспеченностью 0,95, при аппроксимации нормальным законом распределения, имеет более низкие значения, чем при логнормальном законе и распределении Пирсона. Однако независимо от типа распределения прочность при изгибе кромки с указанным уровнем обеспеченности в основном выше 24 МПа, что (согласно СНиП П-25—80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования») соответствует нормативному сопротивлению древесины второго сорта. С возрастанием уровня обеспеченности до 0,99 и 0,9986 различие показателей прочности пиломатериалов с клеевыми соединениями и цельных значительно уменьшается. Это можно объяснить, в частности, большей изменчивостью прочности цельных пиломатериалов.

При изгибе нагружением пласти распределение прочности выборки 8П также не противоречит нормальному закону ($\omega^2 = 0,39$), подчиняется логнормальному ($\omega^2 = 0,4$) и описывается 1-м типом кривых Пирсона ($\gamma = -0,01$). При уровне обеспеченности 0,95 значения прочности для всех видов распределения выше 30 МПа, что, согласно СНиП П-25—80, соответствует нормативному сопротивлению древесины I сорта.

Распределение прочности пиломатериалов с зубчатыми клеевыми соединениями при растяжении (выборка 9Р) не противоречит нормальному, логнормальному законам и распределению Пирсона, а ее значения с обеспеченностью 0,95 во всех случаях выше 15 МПа, что также соответствует нормативному сопротивлению древесины II сорта (согласно СНиП П-25—80).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Закс Л. Статистическое оценивание.— М.: Статистика.— 1976.— 598 с.

Поступила 11 февраля 1986 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630*863 : 547.724.1 + 66.01/09

О МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА
ПРЯМОГО ПОЛУЧЕНИЯ ФУРФУРОЛА

В. И. СОБОЛЕВ, Е. Ф. МОРОЗОВ, М. С. КЕБИЧ

Белорусский технологический институт

Физическую модель процесса прямого получения фурфурола в промышленном гидролизаторе качественно можно представить как большое количество элементарных реакционных объемов, распределенных по высоте слоя растительного сырья, в каждом из которых, в соответствии с распределением температуры, катализатора и геометрических характеристик частиц, свои кинетические и диффузионные условия, во многом определенные характером движения потока пара в слое сырья. Исследование подобных сложных процессов целесообразно осуществлять с минимальными затратами и без нарушения работы действующего производства в масштабе лабораторной модели [5].

При существующем уровне разработки процесса прямого получения фурфурола полное его математическое моделирование практически невозможно, а имеющиеся зависимости являются полуэмпирическими и требуют уточнения [4]. На данном этапе масштабирование необходимо проводить эмпирическим способом.

В настоящей статье рассматриваются некоторые аспекты применения теории подобия, лежащей в основе масштабирования и физического моделирования, к процессу прямого получения фурфурола.

Известно [1, 3], что применимость физического подобия и теории подобия зависит от возможности сохранения численного равенства одновременно критериев геометрического, гидродинамического, химического, теплового и диффузионного подобия.

Геометрическое подобие, заключающееся в определении размеров модельного реактора подобного промышленному гидролизатору, характеризует инвариант (Γ), равный отношению высоты к диаметру аппарата. Среднюю величину Γ для гидролизаторов периодического действия объемом от 37 до 80 м³ с достаточной степенью точности можно принять равной 4.

В отличие от гидролизатора, имеющего в нижней части конус, назначение которого определяется условиями проведения перколяционного гидролиза, модель может быть выполнена в виде трубчатого цилиндра, т. е. геометрическое подобие заменяется геометрическим родством.

При выборе размеров лабораторной модели и постановке экспериментов необходимо также учитывать условия гидравлического моделирования, обеспечение минимального объема загрузки сырья для получения воспроизводимых данных, а также подобие начальных условий распределения потока на входе в слой сырья.

Гидродинамической моделью, в наибольшей степени соответствующей характеру рассматриваемого процесса, является модель идеального вытеснения, а реактор с зернистым слоем сырья, продуваемого потоком пара, приближается к реактору вытеснения. Однако в реальных условиях наблюдаются отклонения от идеального вытеснения. Режим