

б) расстояние между заслонками защитной решетки (по формуле (4)):

$$a = \frac{d \cos \alpha}{N \sin^2 \alpha + \cos 2\alpha} = \frac{50 \cdot 0,87}{4 \cdot 0,25 + 0,5} = 29 \text{ мм.}$$

Окончательное значение  $a$  следует принимать несколько меньше, чем 29 мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Черемных Н. Н. Расчет параметров защитной решетки звукопоглощающей панели // Сб. НИИМАШа.— 1976.— № 3.— С. 10—14. [2]. Черемных Н. Н., Петров А. Н. Расчет защитной решетки звукопоглощающего слоя ограждающего кожуха круглой пилы // Лесн. журн.— 1984.— № 2.— С. 125—127.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 28 сентября 1988 г.

УДК 630\*824.7

### НОРМАТИВНАЯ ПРОЧНОСТЬ ЗАВОДСКИХ ЗУБЧАТЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Л. А. ШМИДТ

ЦНИИМОД

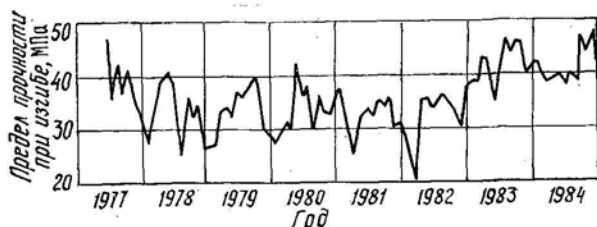
Долговечность деревянных клееных конструкций в значительной степени зависит от начальной прочности зубчатых соединений, поскольку по ним разрушается более 50 % изгибаемых элементов [3]. Опыт показывает, что при эксплуатации конструкций с зубчатыми соединениями встречаются случаи образования опасных дефектов. Для определения несущей способности и деформативности конструкций с дефектами, а также при разработке мероприятий по усилению конструкций необходимо оценить прочность зубчатых клеевых соединений древесины. Искомую нормативную прочность можно определить, согласно действующему СНиП П-25—80, по результатам заводских испытаний контрольных образцов. Для объективной оценки прочности клеевых соединений конкретных конструкций целесообразно использовать не только данные из их индивидуальных паспортов, но и информацию о более крупных выборках, например, статистические показатели прочности за месяц, квартал или год.

Цель настоящей работы — по результатам заводских испытаний отделом технического контроля определить нормативную прочность при изгибе зубчатых клеевых соединений древесины, серийно изготавливаемых на производстве, и оценить влияние вида клея на прочностные показатели.

Рассмотрена прочность заводских зубчатых соединений древесины ели, склеенных на одном предприятии с помощью водостойких синтетических клеев КБ-3, ФР-100, ФР-12, ФРФ-50. Преимущественно применяли шпилы 1-В-32 × 8 × 1,0 (согласно ГОСТ 19414—79) наряду с шпильками 1-В-50 × 12 × 1,5. При испытаниях образцов на статический изгиб нагрузку прикладывали в третях пролета.

При статистической обработке результатов определяли генеральные средние  $\bar{x}_{\text{ср}}$  выборки объемом  $n$  по месяцам, кварталам и годам, среднее квадратическое отклонение  $S$ , коэффициент вариации  $v$ , коэффициенты асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$ , ошибку  $M$  и достоверность  $T$  среднего арифметического, стандартные ошибки асимметрии  $S_A$  и эксцесса  $S_E$ . Расчет выполняли не только по полным выборкам, но и с отбросом измерений, имеющих большие погрешности по  $\tau$ -критерию с уровнем обеспеченности 0,95 [1].

На рисунке показано изменение прочности заводских зубчатых клеевых соединений древесины, вычисленной по полным выборкам объемом



от 100 до 460 образцов за каждый месяц в период с 1977 по 1984 гг. без разделения по видам клеев. Проверка статистической гипотезы по критерию согласия Колмогорова — Смирнова подтвердила возможность применения в данном случае нормального закона распределения. Значения нормативной прочности клеевых соединений  $R_{95}^H$  по кварталам и годам определяли для уровня обеспеченности 0,95 по выборкам без измерений, имеющих большие погрешности, исходя из условия нормального закона распределения [2]. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели прочности заводских зубчатых клеевых соединений древесины

Год	Показатель	Численное значение показателя				
		по кварталам				за год
		1	2	3	4	
1978	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	29,22	39,15	34,58	32,52	34,35
	$v$ , %	17,13	12,51	16,21	25,28	19,94
	$R_{95}^H$ , МПа	21,02	31,09	25,35	18,96	23,07
1979	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	30,65	35,16	37,28	32,79	34,28
	$v$ , %	22,30	15,18	13,94	18,13	17,70
	$R_{95}^H$ , МПа	19,52	26,46	28,73	23,05	24,27
1980	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	28,90	32,99	35,02	34,47	32,86
	$v$ , %	26,07	15,65	18,08	18,43	20,74
	$R_{95}^H$ , МПа	16,50	24,44	24,62	24,23	21,64
1981	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	31,54	32,76	34,55	33,89	32,90
	$v$ , %	22,78	20,26	19,80	16,60	20,64
	$R_{95}^H$ , МПа	19,68	21,95	23,26	24,61	21,17
1982	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	23,64	35,76	35,95	34,28	33,56
	$v$ , %	31,84	25,61	16,30	20,48	24,90
	$R_{95}^H$ , МПа	11,24	20,66	26,28	22,69	19,77
1983	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	40,55	39,88	45,32	42,87	41,79
	$v$ , %	16,75	15,45	16,23	17,86	17,30
	$R_{95}^H$ , МПа	29,31	29,68	33,21	30,21	29,86
1984	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	40,41	39,24	40,64	44,30	41,09
	$v$ , %	17,74	14,71	18,71	15,03	17,56
	$R_{95}^H$ , МПа	28,61	29,72	28,10	33,34	29,16

Анализ приведенных данных показывает, что разница наибольшего и наименьшего значений средней прочности по кварталам достигала 47,9 %, коэффициентов вариации — 60,7 %, нормативной прочности

Таблица 2

## Статистические показатели прочности заводских зубчатых клеевых соединений древесины

Вид клея	n, шт.	$\bar{x}_{ср}$ , МПа	S, МПа	v, %	A	E	M, МПа	T	S <sub>A</sub>	S <sub>E</sub>
ФР-12	416	34,15	9,33	27,30	-0,29	-0,37	0,46	74,62	0,12	0,24
	392	34,96	8,41	24,06	-0,13	-0,72	0,42	82,28	0,12	0,25
ФР-100	696	33,43	7,3	21,8	0,14	0,47	0,28	120,8	0,09	0,18
	656	33,26	7,16	21,52	-0,76	3,05	0,28	119,03	0,10	0,19
ФРФ-50	3 384	36,27	9,74	26,85	-0,10	0,41	0,17	216,66	0,04	0,08
	3 208	36,62	8,38	22,90	-0,09	-0,18	0,15	247,44	0,04	0,09
КБ-3	2 056	34,10	7,84	22,90	-0,50	1,27	0,17	197,32	0,05	0,11
	1 904	34,55	6,39	18,50	-0,48	1,49	0,15	235,85	0,06	0,11

Примечание. В числителе показатели по полным объемам выборок; в знаменателе — по выборкам без измерений, имеющих большие погрешности.

66,4 %, а по годам эта разница соответственно равнялась 21,5, 30,9 и 33,8 %.

Влияние различных клеев на прочностные показатели заводских зубчатых соединений древесины оценивали по выборкам, сформированным по видам применяемых клеев (табл. 2). Существенность различия статистических показателей прочности по соответствующим выборкам оценивали с помощью известных критериев сходимости (табл. 3), при-

Таблица 3

## Оценка достоверности различия статистических показателей прочности зубчатых клеевых соединений древесины

Марка клея	Критерий сходимости	Оценка статистических показателей по критерию сходимости для разных клеев		
		ФР-100	ФРФ-50	КБ-3
ФР-12	ε	13,31	4,49	0,13
		11,3	4,1	1,58
	f <sub>φ</sub>	0,20	106,35	32,76
		2,33	89,3	22,63
t <sub>φ</sub>	4,95	0,44	4,34	
	2,46	1,87	6,11	
ФР-100	ε	—	8,14	2,71
		—	10,68	6,96
	f <sub>φ</sub>	—	129,66	38,71
		—	95,17	22,0
t <sub>φ</sub>	—	7,54	1,61	
	—	2,12	4,48	
ФРФ-50	ε	—	—	12,96
		—	—	4,31
	f <sub>φ</sub>	—	—	38,5
		—	—	47,25
t <sub>φ</sub>	—	—	8,14	
	—	—	10,73	

Примечание. В числителе значения критериев сходимости для полных выборок; в знаменателе — для выборок без измерений, имеющих большие погрешности.

нимая расхождение  $\bar{x}_{cp}$  значимым при  $\varepsilon \geq 2$ ;  $S$  — при  $f_{\phi} > 3$  и  $v$  — при  $t_{\phi} > 3$  [1]. Из приведенных в табл. 2 данных видно, что при полных объемах выборок прочность заводских зубчатых соединений на широко применяемом клее ФРФ-50 на 5,8 % выше, чем на клее ФР-12, на 7,8 % больше, чем на клее ФР-100, и на 6,0 % выше, чем на клее КБ-3.

Существенность указанного отличия подтверждается оценкой по критериям сходимости (табл. 3). Различие прочности заводских зубчатых соединений на клеях ФР-12 и КБ-3 при полных выборках составило 0,1 %, а при выборках без измерений, имеющих большие погрешности, — 1,1 % (табл. 2). Оценка по критериям сходимости показала несущественность такого различия (табл. 3).

Проверка статистической гипотезы по критерию согласия Колмогорова — Смирнова показала, что рассматриваемые выборки (табл. 2) удовлетворяют нормальному и логнормальному законам распределения. Значения нормативной прочности заводских зубчатых соединений древесины, склеенных на различных клеях, определяли для уровней обеспеченности 0,95 и 0,99, исходя из условия нормального и логнормального законов распределения. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4  
Нормативная прочность зубчатых соединений  
древесины, МПа

Марка клея	$R_{95}^H$	$R_{99}^H$	$R_{95}^L$	$R_{99}^L$
	при законе распределения			
	нормальном		логнормальном	
ФР-12	18,95	12,67	21,89	18,19
	21,06	15,41	23,80	19,94
ФР-100	21,29	16,31	23,23	19,99
	21,46	16,99	23,25	20,53
ФРФ-50	20,13	13,46	23,25	19,33
	22,78	16,99	25,08	21,38
КБ-3	21,18	15,86	23,36	19,92
	24,01	19,66	25,54	22,47

Примечание. В числителе значение прочности при полном объеме выборки; в знаменателе — при объеме с исключением измерений, имеющих большие погрешности по  $\tau$ -критерию.

Из данных табл. 4 видно, что при логнормальном законе распределения и уровне обеспеченности 0,95 значения нормативной прочности, вычисленные при полном объеме выборки, на 8,4...13,4 % выше, чем при нормальном законе, а вычисленные по выборкам без измерений, имеющих большие погрешности, — на 6,0...11,5 % больше. При уровне обеспеченности 0,99 указанные различия выражены более резко и составляют соответственно 18,4...30,4 и 17,2...22,7 %. Это свидетельствует о том, что применение на практике нормативной прочности клеевых соединений древесины, определенной исходя из условия логнормального закона распределения, позволит снизить материалоемкость конструкций при их изготовлении и упростить мероприятия по усилению конструкций с дефектами.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что нормативная прочность зубчатых клеевых соединений древесины серийного изготовления по месяцам, кварталам и годам изменяется в значи-

тельном диапазоне. В зависимости от вида синтетических клеев варьирование нормативной прочности, при уровне обеспеченности 0,95 и нормальном законе распределения выборок без измерений, имеющих большие погрешности, ограничено пределами от 21,06 до 24,01 МПа. Разница между указанными пределами составляет 12,2 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Закс Л. Статистическое оценивание.— М.: Статистика, 1976. [2]. Знаменский Е. М. К нормированию расчетных сопротивлений конструкционной древесины // Исследование зависимости прочности деревянных конструкций от их изготовления.— М.: ЦНИИСК, 1982. [3]. Прочность деревянных клееных конструкций серийного изготовления / Л. М. Ковальчук, Ю. Ю. Славик, Е. М. Знаменский и др. // Стр-во и архит.— 1978.— № 12.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 20 июля 1987 г.

УДК 630\*812.7

### СНИЖЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ СТЕСНЕННЫХ ВЛАЖНОСТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Ю. М. ИВАНОВ, Ю. Ю. СЛАВИК, А. К. ЦВЕТКОВ

ЦНИИСК

Исследование процесса снижения прочности древесины имеет существенное значение, поскольку знание материального носителя тех или других ее свойств позволяет предсказывать поведение этого сложного естественного полимера в различных эксплуатационных и производственных условиях.

При циклических влажностных воздействиях, как отмечалось в работе [9]\*, наблюдается постепенное укорочение упруго-закрепленных образцов древесины, т. е. усадка. Рост ее свидетельствует о внутренних изменениях в древесине, чувствительный показатель которых — давление набухания — падает [5], указывая на происходящее при этом увеличение концентрации заблокированных (не разрывающихся при увлажнении) физических связей. Намечающееся после некоторого числа циклов (см. рис.) затухание суммарного (с начала опыта) приращения усадочных деформаций ( $a$ ) проявляется при мало меняющейся амплитуде напряжения  $\sigma^+$  ( $b$ ) [9]; усталостные явления при таком малом числе циклов ( $N = 10$ ), очевидно, не имеют места.

Повышение концентрации физических связей, казалось бы, не должно снизить прочность древесины. Экспериментально установлено, однако, что рост концентрации поперечных связей неизбежно ухудшает подвижность полимерных цепей, приводя к сокращению времени до разрушения полимера. Опыты по сшиванию полиметилметакрилата (ПММА) [12] показали возрастание локальных перенапряжений (т. е. увеличение напряженности связей, ответственных за прочность) и падение прочности полимера при повышении концентрации сшивателя и густоты сетки сшивания с соответствующим уменьшением массы звена полимерных цепей между поперечными сшивками.

Описанный результат сшивания зафиксирован и в опытах с древесиной, в которых увеличение плотности поперечных связей и, следовательно, жесткости лигноуглеводной матрицы приводило к снижению

\* В работе [9] ошибочно указаны «мм» в размерности  $\Delta L$  на рис. 2, 3 и в таблице.