

674.049

A-86

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

---

Белорусский технологический институт  
имени С. М. Кирова

На правах рукописи

УДК 674.049.2

В. П. АРТЁМОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЕССОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ  
ИЗ ШПОНА В ЖЁСТКИХ ПРЕСС-ФОРМАХ

(Специальность 05.421. „Машины, оборудование  
и технологии лесопильных и деревообраба-  
тывающих производств“)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск, 1970

Є74.049.2

A-86

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

На правах рукописи

В.П.АРТЕМОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЕССОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

ИЗ ШПОНА В ЖЕСТКИХ ПРЕСС-ФОРМАХ

(Специальность 05.421 - "Машины, оборудование и  
технология лесопильных и деревообрабатывающих  
производств")

Б-на БТИ им. С. М. Кирова  
г. Минск, Свердлова, 13

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

М и н с к  
1970

2519 ар.

1970

Работа выполнена в Белорусском технологическом институте  
имени С.М.Кирова

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент  
А.Н.Минин

официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор А.Л.Бернадский,  
кандидат технических наук, доцент Л.А.Манкевич.

Ведущее предприятие - Мостовский фанеро-деревообрабаты-  
вающий комбинат.

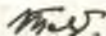
Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1970 г.

Защита состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1970 г. на заседании  
Совета Белорусского технологического института им.С.М.Кирова,  
г.Минск, ул. Свердлова, 13<sup>а</sup>, ауд. 220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверен-  
ными подписями просим прислать по адресу: г.Минск, ул.Свердло-  
ва, 13<sup>а</sup>, БТИ им.С.М.Кирова, ученому секретарю Совета.

Ученый секретарь Совета



/М.М.Плахов/

В последнее время в мебельной промышленности наблюдается тенденция перехода к новым рациональным конструкциям - гнутоклееной мебели. Это позволяет заменить мебельные заготовки дефицитных твердых лиственных пород гнутоклееными деталями древесины менее ценных пород, уменьшить расход сырья, снизить себестоимость изделий, повысить производительность труда, упростить технологию и, вместе с тем, улучшить качество изделий, придать мебели современные изящные формы, рационально использовать древесину ценных лиственных пород, расширить кооперацию мебельных и фанерных предприятий и т.д. Все это способствует успешному выполнению задач, поставленных XXII съездом КПСС перед мебельной и деревообрабатывающей промышленностью.

Имея сравнительно недавнюю историю с начала всеобщего признания, гнутоклееные детали не имеют еще достаточной экспериментальной и теоретической базы, позволяющей широко использовать все их преимущества.

Анализ опубликованных работ, посвященных исследованиям процессов прессования деталей из шпона в жестких пресс-формах, показал, что ряд вопросов, связанных с выбором основных режимных характеристик, недостаточно изучен, требует уточнения и дополнения.

Диапазон отдельных режимных параметров, применяемых на различных предприятиях, чрезвычайно широк.

В основном правильно освещая важную роль давления в процессе прессования, авторы, вместе с тем, расходятся во взглядах на оптимальную величину его.

Аналогичная картина наблюдается и в отношении температуры греющих поверхностей и времени прессования. В работах Б.С.Чудинова, Н.М.Кириллова, А.И.Михайлова, В.А.Куликова и других авторов имеются исследования по прогреву цельной древесины и плоских пакетов из шпо-



на. Что же касается профильного прессования в жестких пресс-формах с горячим обогревом, то подобные публикации в литературе отсутствуют.

Как известно, в процессе прессования, благодаря упруго-пластическим свойствам древесины, происходит уменьшение первоначальной толщины пакета - его упрессовка. При этом, с одной стороны, улучшаются физико-механические свойства материала, а с другой стороны, - безвозвратно теряется часть его объема. Имеющиеся работы, посвященные исследованию этого сложного и важного в процессе склеивания явления, опять-таки относятся лишь к плоскому прессованию. В то же время, характер распределения напряжений под влиянием той или иной нагрузки в профильных деталях, существенно отличаясь от плоских, позволяет предполагать расхождения и в величине упрессовки, т.е. естественно ожидать определенное влияние кривизны прессуемых деталей, которое может проявляться как непосредственно (перераспределение напряжений), так и косвенно, например, оказывая влияние на прогрев пакета.

В связи с вышеизложенным, в задачу настоящей работы входило:

1. Исследовать величину и характер напряжений, возникающих в гнутоклееных элементах под действием изгибающей нагрузки с целью получения надежных расчетных соотношений для прочностных испытаний образцов;
2. Исследовать влияние основных параметров (давления, температуры, времени выдержки) прессования и геометрических характеристик пакетов на прочность спрессованных деталей;
3. Исследовать влияние указанных факторов на величину упрессовки;
4. На основании полученных данных, принимая во внимание производительность прессового оборудования и необходимые энергетические

затраты, предложить метод расчета оптимального технологического режима прессования гнутоклеевых деталей с учетом их физико-геометрических характеристик.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и двух приложений. Текст иллюстрирован 76 рисунками, схемами, фотографиями, таблицами. Список использованной литературы включает 152 наименования.

В первой главе отражено состояние вопроса в области прессования профильных деталей из шпона с одновременным склеиванием.

Во второй главе изложены результаты исследований прочности гнутоклеевых деталей.

при проектировании мебельных изделий из гнутоклеевых элементов должны приниматься во внимание как экономичность, так и надежность их в эксплуатации, что связано с расчетами деталей на прочность.

Несмотря на широкое распространение гнутоклеевых элементов в промышленности, до сих пор не имеется общепринятых методов определения качества получаемой продукции.

Среди известных методов испытаний профильных деталей на прочность особого внимания заслуживает способ, предложенный в /1/. Разработанная авторами схема испытаний представляется наиболее приемлемой. Однако, применяемые при этом расчетные соотношения требуют уточнения и экспериментальной проверки.

Рассматривая гнутоклеевые детали как кривые бруска прямоугольного поперечного сечения, нами предпринята попытка использовать в первом приближении, для расчета возникающих в них напряжений, известные из теории упругости уравнения кривого бруса.

Упрощенно расчет на прочность кривого бруса, работающего на изгиб, производят так называемым элементарным способом. Этот способ

основан на допущении, что поперечные сечения при изгибе бруса остаются плоскими и продольные волокна не нажимают друг на друга. Такое допущение применимо для расчета кривых брусьев, выполненных из металла, где, ввиду незначительности нормальных радиальных напряжений, ими можно пренебречь. Однако, исследования А.Б.Губенко с сотрудниками, В.Ф.Науичука, наши показали, что пренебрегать нормальными радиальными напряжениями в гнукотклеенных дельцах глубокого профиля нельзя. Поэтому в основу полученных нами расчетных соотношений положено решение, выполненное Х.С.Головиным (с учетом действия нормальных радиальных напряжений  $\sigma_r$ ). При этом, с целью облегчения расчетов, путем введения параметра  $n$  ( $n = \frac{R}{R-z}$ ), после соответствующих преобразований, позволяющих табулирование, получены следующие выражения для максимальных значений  $\sigma_z$ ,  $\sigma_c$ ,  $\tau_n$ :

при  $z = R$

$$\sigma_z = \frac{4M}{S^2} f_1(n) + \frac{P}{S} f_6(n), \quad (1)$$

при  $z = z_1$

$$\sigma_c = \frac{M}{S^2} f_2(n) + \frac{P}{S} f_4(n), \quad (2)$$

при  $z = z_2$

$$\sigma_c = \frac{M}{S^2} f_3(n) + \frac{P}{S} f_5(n), \quad (3)$$

$$\tau_n = \frac{P}{S} f_6(n) \cos 90^\circ = 0. \quad (4)$$

Значения функций  $f_1(n) + f_6(n)$  для  $n$  от 1,1 до 50 вычислены в ЭИ М Минск-22 и сведены в таблицу. С их помощью определение  $\sigma_z$ ,  $\sigma_c$  и  $\tau_n$  значительно облегчается.

Правильность формул (I+4) для практических расчетов гнуто-клевенных элементов была проверена экспериментально, путем непосредственного определения напряжений, возникающих в гнутоклевенных деталях под действием заданной нагрузки, с помощью тензометров. Расхождения между экспериментальными и расчетными данными (по формулам I+4) не превышали 10%. Тензометры представляли собой проволочные тензодатчики омического сопротивления типа ПКБ - 10 - 100 ГВ ТУ - 25 - 01 - 100 - 68 и 2 ПКБ - 5 - 100 ГВ ТУ - 25 - 01 - 100 - 68. Результаты проведенных испытаний представлены в таблице I.

Таблица I,

№ п/п	Ступень нагружения $P \approx 20 \text{ кг/см}^2$						Процентное расхождение опытных данных с расчетными по формулам I+4		
	Экспериментальные данные		Расчетные по формулам I+4				$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sigma_4$	$\sigma_5$	$\sigma_6$	$\sigma_7$	$\sigma_8$	
1.	6,44	79,5	50,3	7,07	79,2	48,5	-9,72	+0,4	+3,58
2.	6,97	77,2	49,1	7,07	79,2	48,5	-2,5	-1,36	+1,22
3.	6,97	79,5	50,3	7,07	79,2	48,5	-2,5	+0,4	+3,58
4.	6,57	76,9	44,9	6,92	76,5	46,4	-5,11	+0,52	-1,35
5.	6,77	78,0	52,0	7,2	80,5	49,6	-6,34	+4,85	-5,17
6.	6,80	79,5	54,3	7,2	80,5	49,6	-5,9	-1,24	+7,96
7.	7,26	78,7	49,2	7,2	80,5	49,6	+0,83	-2,24	-0,8
8.	6,53	78,8	51,3	6,92	76,5	46,4	-5,97	+3,0	+9,37
ср.	6,8	78,7	50,2	7,07	79,2	48,5	-3,97	-0,635	+3,38

Как отмечалось ранее, формулы (I+4) дают возможность рассчитать величину напряжений, возникающих в наиболее опасном сечении детали при приложении той или иной нагрузки. Подобный расчет необ-



ходом как при оценке прочности детали, возможности использования ее в узлах, несущих определенные нагрузки, так и при конструировании ее, выборе потребных, при заданной нагрузке, геометрических размеров. При этом в обоих случаях необходимо знать вид и величину допускаемых напряжений. С целью их определения проведены испытания образцов на прочность.

Осмотр последних с  $Z_1 = 35$  мм ( $n = 4, I + 5, 7$ ) показал, что, как правило, разрушение происходило из-за расслоения. Причем, в 85% проведенных экспериментов расслоение происходило строго в центре осевого сечения образца, в 10% - примерно на 2 листа шпона выше или ниже и в 5% - расслоение наблюдалось ближе к краям сечения. В деталях с  $Z_1 = 54$  мм ( $n = 7$ ) разрушение происходило как из-за расслоения их, так и вследствие разрыва волокон шпона. В образцах с  $Z_1 = 76$  мм ( $n = 9, 2$ ) - в основном из-за разрыва продольных волокон шпона.

На рис. I представлены результаты испытаний образцов на прочность в виде функций  $\sigma_z$  и  $\sigma_t$  от параметра  $n$ .

Исходя из полученных данных в качестве допускаемых напряжений можно рекомендовать  $[\sigma_z] = \frac{51,5}{K}$ ;  $[\sigma_t] = \frac{900}{K}$ ,  $K$  - коэффициент запаса прочности, который может быть принят равным 2,5 + 3,0 /2/, а расчет на изгиб профильных деталей из шпона при  $n < 7,5$  вести по  $[\sigma_z]$  и при  $n > 7,5$  - по  $[\sigma_t]$ .

В третьей главе рассмотрено влияние основных характеристик прессования (давления, температуры греющих поверхностей, времени выдержки и геометрии пакета) на прочность спрессованных деталей.

Правильный выбор режимных характеристик является одним из наиболее важных моментов в разработке технологического процесса

прессования гнуктоклеевых деталей. При этом учитывается необходимость получения прочного клеевого соединения, минимального уплотнения прессуемых пакетов при наименьшей затрате времени на склеивание с целью обеспечения максимальной производительности пресса.

Трудности, связанные с выбором оптимального режима, возникают вследствие того, что теоретическая сторона процесса прессования гнуктоклеевых деталей из шпона мало изучена, а явления, протекающие внутри пакета при профильном прессовании, недостаточно исследованы.

Рассмотрим прогрев пакета, в первом приближении, как симметричную задачу одномерного нестационарного теплового потока, которая математически сводится к интегрированию линейного дифференциального уравнения

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} + \frac{1}{z} \frac{\partial t}{\partial z} \right), \quad (5)$$

где  $t$  - температура некоторой точки с радиусом  $z$  ( $z_1 < z < z_2$ ) в момент времени  $\tau$ .

С учетом принятых допущений / 3 /, проинтегрируем уравнение (5) при следующих граничных и начальных условиях:

$$\begin{aligned} t(z_1, \tau) = t(z_2, \tau) = t_{z.n.} = const; \\ t(z, 0) = t_n = const., \end{aligned} \quad (6)$$

тогда получим

$$\frac{t_{z.n.} - t}{t_{z.n.} - t_n} = \pi \sum_{i=1}^{\infty} \frac{J_0(n_i z_2)}{J_0(n_i z_1) + J_0(n_i z_2)} e^{-an_i^2 \tau} V_0(n_i z). \quad (7)$$

Для практических расчетов в производстве гнотоклеевых деталей с достаточной точностью можно ограничиться лишь первым членом ряда:

$$\frac{t_{z.n.} - t}{t_{z.n.} - t_n} = \pi \frac{J_0(\mu, k)}{J_0(\mu, l) + J_0(\mu, k)} e^{-a \frac{\mu^2}{z_1^2} \tau} V_0\left(\mu, \frac{z}{z_1}\right), \quad (8)$$

откуда: для распределения температуры по сечению прессуемого пакета -

$$t = t_{z.n.} - (t_{z.n.} - t_n) \pi \frac{J_0(\mu, k)}{J_0(\mu, l) + J_0(\mu, k)} e^{-a \frac{\mu^2}{z_1^2} \tau} V_0\left(\mu, \frac{z}{z_1}\right) \quad (9)$$

и для продолжительности прессования (прогрева) -

$$\tau = \frac{z_1^2}{a\mu^2} \ln \left[ \frac{t_{z.n.} - t_n}{t_{z.n.} - t} \pi \frac{J_0(\mu, k)}{J_0(\mu, l) + J_0(\mu, k)} V_0\left(\mu, \frac{z}{z_1}\right) \right]. \quad (10)$$

Учитывая, что на практике  $z_2/z_1$  находится в пределах  $1,2 + 2,0$ , для удобства расчета в таблице 2 приведены значения комплекса

$$\frac{J_0(\mu, k)}{J_0(\mu, l) + J_0(\mu, k)} V_0\left(\mu, \frac{z}{z_1}\right) = A,$$

входящего в выражение 10

Таблица 2.

$\frac{z_2}{z_1} :$	A	$\frac{z_2}{z_1} :$	A	$\frac{z_2}{z_1} :$	A
1,2	0,4039102	1,5	0,415775	1,8	0,4034
1,3	0,4040035	1,6	0,361467	1,9	0,412682
1,4	0,3974893	1,7	0,394284	2,0	0,4041

Полученное выражение (10) также вполне характеризует картину физических процессов прессования гнутоклеевых деталей глубокого профиля, дает возможность качественно оценить влияние различных физических и геометрических параметров склеиваемых пакетов на процесс их прессования, проанализировать выбор технологического режима.

Экспериментальные исследования производились в жесткой пресс-форме U - образного профиля. Исходным сырьем был принят березовый шпон толщиной 1,15 мм, влажностью  $8 \pm 2\%$ . В качестве связующего - мочевино - формальдегидная смола М19-62.

Исследование влияния параметров прессования и геометрических характеристик пакета на прогрев выполнялось путем измерения температур по сечению пакета. Температуры измерялись медь-константановыми термодарами, в в.д.с. последних - потенциометром ПЦ-63.

Определенный интерес, с точки зрения выбора оптимального времени прессования гнутоклеевых деталей, представляют данные по прогреву среднего слоя пакета. Исследования показали, что процесс прогрева среднего клеевого слоя до  $105+107^{\circ}\text{C}$  (для условий данного эксперимента) хорошо описывается уравнением (10). Расхождения с экспериментальными данными не превышают 10% (рис.2).

Для выбора оптимальных параметров прессования гнутоклеевых деталей было проведено экспериментальное исследование влияния основных технологических факторов на механическую прочность деталей глубокого профиля из шпона.

Критерием качества образцов, согласно главе II, спрессованных по тому или иному технологическому режиму, служила их прочность, характеризуемая величиной нормальных напряжений  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ .

На рис.3 приведены результаты исследований влияния основных



технологических факторов на механическую прочность спрессованных деталей.

Проведенные исследования показали, что в качестве оптимального можно рекомендовать следующий режим прессования: температура греющих поверхностей пресс-формы  $130 \pm 5^\circ\text{C}$ , давление  $12 \pm 2$  кг/см<sup>2</sup>, время  $12 \pm 2$  мин. (уточняется согласно геометрическим параметрам прессуемых блоков по выражению 10).

В четвертой главе проведено исследование общего и остаточного уплотнения пакета при горячем склеивании в пресс-форме глубокого профиля.

Деформацию древесины, как это впервые было показано Ю.М.Ивановым, можно рассматривать как деформацию упруго-вязкого материала. В таком случае в любой момент общая деформация будет складываться из упругой и пластической:

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_n \quad (11)$$

При склеивании пакета как в случае плоского, так и профильного прессования, процесс уплотнения его можно разделить на два периода: первый - деформация пакета в период нагружения до рабочего давления; второй - в период технологической выдержки под давлением.

Исходя из того, что процесс нагружения пакета до давления прессования происходит при постоянной скорости  $\frac{d\sigma}{dt} = v = const$ , с учетом обобщенного закона Гука для случая ортотропного тела с цилиндрической анизотропией, в результате аналитических преобразований для периода нагружения получены следующие выражения: полная деформация -

$$\varepsilon_{np} = \frac{\sigma_z}{E_1} (1 - \mu_{12} \mu_{21}) + \frac{\sigma_z^2}{2 \eta v} \quad (12)$$

упрессовка -

$$y_{np} = \frac{Q}{E_1} z_1 (1 - \mu_{12} \mu_{21}) \ln \frac{z_2}{z_1} + \frac{Q^2}{2\eta v} \frac{z_1}{z_2} s. \quad (13)$$

В период технологической выдержки ( $Q = const.$ )

$$\epsilon_{np} = \frac{\sigma_z}{\eta} \tau_2. \quad (14)$$

Таким образом, общая деформация пакета за время прессования составит

$$\epsilon_{np} = \frac{\sigma_z}{E_1} (1 - \mu_{12} \mu_{21}) + \frac{\sigma_z^2}{2\eta v} + \frac{\sigma_z}{\eta} \tau_2, \quad (15)$$

а упрессовка -

$$y_{np} = \left[ \frac{Q(1 - \mu_{12} \mu_{21})}{E_1} + \frac{Q}{\eta} \tau_2 \right] z_1 \ln \frac{z_2}{z_1} + \frac{Q^2}{2\eta v} \frac{z_1}{z_2} s. \quad (16)$$

Параллельно, для сопоставления получены соответствующие уравнения ( $\epsilon$  и  $y$ ) при плоском прессовании:

полная деформация за время прессования -

$$\epsilon_{пл} = \frac{\sigma_1}{E} + \frac{\sigma_1^2}{2\eta v} + \frac{\sigma_1}{\eta} \tau_2, \quad (17)$$

упрессовка -

$$y_{пл} = \left( \frac{Q_1}{E} + \frac{Q_1^2}{2\eta v} - \frac{Q_1}{\eta} \tau_2 \right) s. \quad (18)$$

Как в случае профильного прессования, так и в случае плоского в период технологической выдержки деформация пакета, а следовательно, и упрессовка его, являются линейной функцией времени

прессования. В обоих случаях упрессовка в этот период прямо пропорциональна величине давления прессования и обратно пропорциональна, как и в период нагружения, коэффициенту внутреннего трения.

Коэффициент внутреннего трения  $\eta$ , являясь одним из основных факторов, определяющих величину упрессовки, зависит от вязкости связанной влаги и толщины ее слоя, температуры, породы древесины и т.д. Определение его представляет большие трудности, вследствие чего для практических расчетов упрессовок возникает необходимость получения эмпирических выражений.

В литературе имеется ряд работ, в которых представлены эмпирические формулы, позволяющие с известной точностью определять упрессовку пакета из шпона при плоском прессовании в зависимости от таких параметров, как давление прессования, температура греющих поверхностей пресс-формы, влажность шпона, количество листов шпона в пакете и т.д. Однако указанные выражения не могут быть использованы в случае профильного прессования из-за влияния на величину упрессовки кривизны профиля пакета, что хорошо видно из сопоставления уравнений (15,16) и (17,18). Кроме того, значительное влияние на упрессовку оказывает скорость прогрева пакета, что также связано с кривизной их профиля. Все это обусловило постановку серии экспериментов, позволивших проследить влияние основных параметров прессования и характеристик пакета на величину упрессовки при профильном склеивании шпона и получить эмпирические уравнения для ее приближенных расчетов.

Экспериментальное изучение влияния некоторых технологических параметров на величину полного и остаточного уплотнения производилось в жесткой пресс-форме с  $Z = 35, 54, 76, 98$  мм;  $t_{2,н} =$

110°C + 150°C;  $q = 3 + 30 \text{ кг/см}^2$ ;  $S = 10; 16; 22; 44 \text{ мм}$ .

В результате обработки экспериментальных данных удалось получить общую эмпирическую корреляцию с учетом всех исследуемых параметров:

$$\psi = 6,92 \cdot 10^{-2} t_{\text{э.н.}} \tau^{0,23} [1 - \exp(-0,029 \tau)] \exp(0,0625q - 0,066S) \quad (19)$$

Расхождения между экспериментальными и расчетными по полученной корреляции (19) данными, как видно из рис. 4, не превышают 10%.

В пятой главе рассмотрены основные виды и причины брака в производстве гнутоклеевых деталей глубокого профиля в жестких пресс-формах. Для анализа был выбран, так называемый, "классический" профиль пресс-формы, позволяющий проследить (по всему профилю -  $\varphi = 0 - 90^\circ$ ) изменение расстояния между матрицей и пуансоном при перемещении последнего от 0 до  $S_0$  (рис.5).

Зазор между матрицей и пуансоном для различных точек профиля ( $S_\varphi$ ) в зависимости от угла  $\varphi$  можно представить уравнением (20):

$$S_\varphi = (r + S_0) - \sqrt{r^2 - x_3^2 \sin^2 \varphi} - x_3 \cos \varphi. \quad (20)$$

Как видно из полученного уравнения, на величину зазора  $S_\varphi$  влияет угол  $\varphi$ , величина  $S_0$ , перемещение  $x_3$ :

$$1. \text{ При } \varphi = 0 \quad S_\varphi = S_0 - x_3. \quad (21)$$

$$2. \text{ При } \varphi = 90^\circ \quad x_3 = 0, S_\varphi = S_0, \quad (22)$$

т.е. при совмещении центров кривизны пуансона и матрицы возможно получение постоянно заданного зазора  $S_0$ , а, следовательно, (при определенном значении толщины пакета) и постоянного давления в различных точках профиля.



величина зазора  $S_0$  зависит также и от точности изготовления профиля рабочих поверхностей пуансона, матрицы и их взаимного расположения в процессе прессования. Неодинаковое изменение зазора между ними приводит к неравномерному давлению, значительной разнотолщинности готового блока.

Как показано выше, наиболее опасными с точки зрения разрушения гнукотклеенных деталей (при  $n < 7,5$ ) являются нормальные радиальные напряжения  $\sigma_z$ , возникающие под действием изгибающей нагрузки.

В диссертации предложен способ усиления и "лечения" (восстановления) профильных деталей из шпона.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Рассматривая прогрев пакета, в первом приближении, как симметричную задачу одномерного нестационарного теплового потока для полого цилиндра, в результате ряда допущений получено уравнение (9) для распределения температуры по сечению склеиваемого пакета и выражение (10) для продолжительности прессования (прогрева) гнукотклеенных деталей, характеризующее связь между режимными параметрами.

2. С помощью аналитически полученного выражения (10) выполнен анализ влияния основных параметров прессования, геометрических и теплофизических характеристик прессуемых пакетов на продолжительность прессования гнукотклеенных деталей в жестких прессформах.

3. Проведено экспериментальное исследование прогрева прессуемых образцов - сняты температурные поля в процессе прессования. Получено, что при прогреве среднего клеевого слоя пакета

до температуры  $100 \pm 107^{\circ}\text{C}$  совпадение расчетных и экспериментальных данных вполне удовлетворительное, но в дальнейшем - расхождение заметно увеличивается, что, очевидно, объясняется расходом тепла на испарение влаги и поликонденсацию смолы.

4. Выбор оптимального технологического режима прессования производился из соображений высокой производительности прессы (по возможности минимального времени выдержки пакета в пресс-форме с учетом выражения 10) при достаточной прочности прессуемых деталей.

5. Проведено аналитическое и экспериментальное исследование напряжений, возникающих в гнутоклееных деталях:

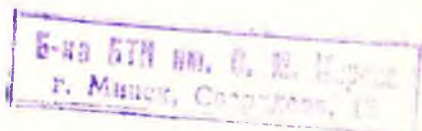
а) исходя из анализа характера разрушений, наблюдаемых при испытаниях гнутоклееных деталей, при выборе расчетных уравнений предусмотрена необходимость учета нормальных радиальных напряжений, пренебрегаемых в упрощенных решениях распределения напряжений в кривом бруске;

б) введя параметр  $n = \frac{R}{R - z}$ , и выполнив соответствующие преобразования, получены выражения, удобные для расчетов искомых напряжений. Кроме того, значения функций  $f_1(n) + f_2(n)$ , входящих в уравнение (1+4), рассчитаны на ЭЦВМ Минск-22 для  $n$  в интервале  $1,1 \pm 50$ ;

в) проведено экспериментальное (с помощью тензометров) определение напряжений, возникающих в гнутоклееных образцах под действием заданной нагрузки, подтвердившее правомерность использования выражений (1+4) для аналитических расчетов;

г) с целью определения значений максимально допускаемых напряжений, необходимых для расчета гнутоклееных элементов на прочность, проведены их физико-механические испытания;

д) согласно экспериментальным данным в качестве допускаемых



напряжений можно рекомендовать  $[\sigma_z] = \frac{51,5}{K}$ ;  $[\sigma_c] = \frac{900}{K}$ , ( $K$  - коэффициент запаса прочности); а расчет на изгиб гнутоклеенных деталей из шпона при  $n < 7,5$  вести по  $[\sigma_z]$  и при  $n > 7,5$  - по  $[\sigma_c]$ .

6. В результате проведенного аналитического и экспериментального исследования, в качестве оптимального для гнутоклеенных деталей глубокого профиля при использовании связующего на основе мочевино-формальдегидных смол рекомендован следующий технологический режим прессования: давление  $q = 12 \pm 2$  кг/см<sup>2</sup>; температура греющих поверхностей  $t_{z.n.} = 130 \pm 5$  °C; время выдержки пакета в прессе  $\tau = 12 \pm 2$  мин. (время прогрева уточняется согласно уравнению 10). Указанный режим успешно апробирован и внедрен на Борисовском ФСК.

7. Аналитически рассмотрены общая деформация и упрессовка деталей при их прессовании. Показано, что процесс уплотнения пакета при склеивании как в случае плоского, так и профильного прессования следует разделить на два периода: первый - деформация пакета в период его нагружения до рабочего давления, второй - в период технологической выдержки пакета под давлением.

8. С помощью аналитически полученных выражений (16,18) произведен качественный анализ влияния различных факторов прессования на величину упрессовки. Показано, что в случае профильного прессования упрессовка является функцией радиуса кривизны пакета.

9. Проведено экспериментальное исследование влияния на величину упрессовки таких технологических и геометрических характеристик, как давление прессования, температура греющих поверхностей пресс-формы, продолжительность выдержки пакета под давлением, радиус кривизны пакета и его толщина.

10. Получена эмпирическая корреляция (19) для  $y = f(q, r, t_{2,1}, \tau, S_1)$ , удовлетворительно (расхождение не превышает 10%) описывающая все экспериментальные данные.

11. Рассмотрена одна из основных причин брака в производстве гнотоклеевых деталей из шпона в жестких пресс-формах - неравномерность распределения давления на прессуемый пакет.

12. Проведен анализ изменения расстояния  $S_\varphi$  (по всему профилю -  $\varphi = 0 + 90^\circ$ ) между матрицей и пуансоном при перемещении последнего на величину  $S_x (0 + S_0)$ , в результате чего получено уравнение (20).

13. Показано, что при совмещении центров кривизны пуансона и матрицы возможно получение одинакового по всему профилю зазора, а, следовательно, (при определенной толщине пакета) и постоянно-го давления в различных точках профиля.

14. Установлено, что необходимым условием равномерного распределения давления по профилю прессуемого пакета, является завершение процесса прессования в момент совмещения центров кривизны.

#### ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $r$  - текущий радиус детали;
- $r_1$  - внутренний радиус детали;
- $r_2$  - наружный радиус детали;
- $R$  - радиус кривизны центрального слоя;
- $\sigma_r$  - нормальные радиальные напряжения;
- $\sigma_t$  - нормальные тангенциальные напряжения;
- $\tau_n$  - нормальные касательные напряжения;
- $\tau$  - время прогрева;



- $S$  - толщина пакета;  
 $S_0$  - зазор между матрицей и пуансоном;  
 $M$  - изгибающий момент;  
 $P$  - нагрузка;  
 $K$  - коэффициент запаса прочности;  
 $Q$  - коэффициент температуропроводности;  
 $t_{ст}$  - температура греющих поверхностей;  
 $t_n$  - начальная температура пакета;  
 $t$  - конечная температура пакета;  
 $J_0$  - функция Бесселя нулевого порядка;  
 $V_0$  - функция Вебера нулевого порядка;  
 $q$  - давление прессования;  
 $E$  - модуль упругости;  
 $\eta$  - вязкость;  
 $\varepsilon$  - уплотнение;  
 $U$  - упрессовка.

#### ИНДЕКСЫ

- $пл$  - плоское прессование;  
 $пр$  - профильное прессование;  
 $у$  - упругая деформация;  
 $п$  - пластическая деформация.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Манкевич Л.А. и др. Количественная оценка качества гнущихся деталей. ж. "Деревообработка: новая промышленность" № 3, 1968 г.

2. Беллев Н.М. Сопротивление материалов. Государственное издательство технико-теоретической литературы. Л.-М., 1951.
3. Кириллов Н.М. Основы графоаналитических методов расчета режимов термической обработки древесины. Л., 1956.

Материалы диссертации доложены:

1. Научно-техническая конференция аспирантов БТИ им.С.М.Кирова. Минск, 1968 г. (О влиянии некоторых факторов на качество гнutoклевeных деталей).
2. Научно-техническая конференция по результатам научно-исследовательских работ за 1968 год. Минск, 1969 г.
3. Научно-техническая конференция молодых ученых Белоруссии, посвященная 100-летию со дня рождения В.И.Ленина. Минск, 1969 г.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах автора:

1. О причинах брака в производстве гнutoклевeных деталей. ж. "Деревообрабатывающая промышленность" из-во "Лесная промышленность", № 4, 1969 г.
2. Оптимальный режим склеивания деталей U - образной формы. Листок технической информации. Деревообработка, лесная и бумажная промышленность. Минск, 1968 г. / в соавторстве с А.Н.Мининим/.
3. Влияние некоторых факторов на величину общего и остаточного уплотнения гнutoклевeных деталей. Тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых Белоруссии. Минск, 1969 г.
4. Об определении нормальных напряжений в гнutoклевeных деталях. Материалы научно-технической конференции по итогам научных

работ за 1966 год. Минск, 1969 г.

5. К расчету прогресса деталей из шпона глубокого профиля.  
Межведомственный научно-технический сборник "Механизация лесораз-  
работок и транспорта леса" вып. I, 1970 год / в соавторстве с  
В.Д. Ганжой/.

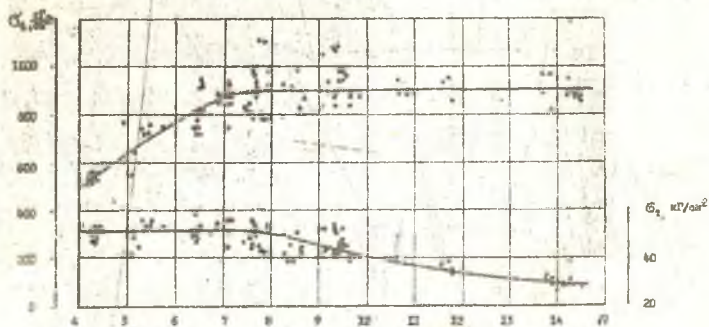
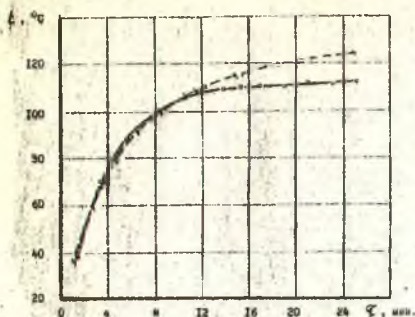
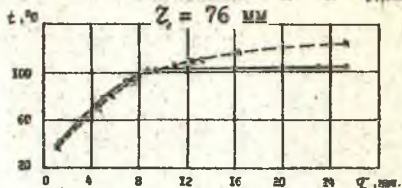
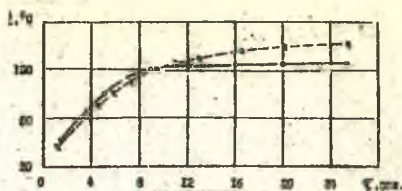


Рис. 1. Зависимость нормальных радиальных и тангенциальных напряжений, возникающих в момент разрушения образцов, от  $l$

- - тангенциальные напряжения;
- - радиальные напряжения



$Z_1 = 35 \text{ мм}$  $Z_2 = 54 \text{ мм}$ 

а) середины пакета

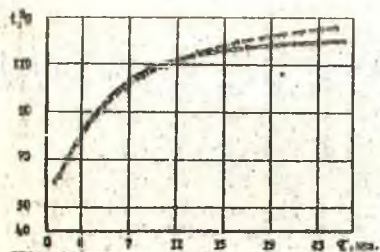
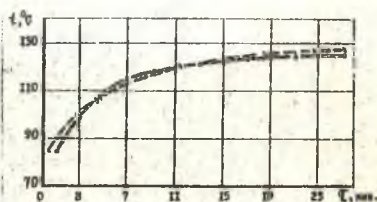
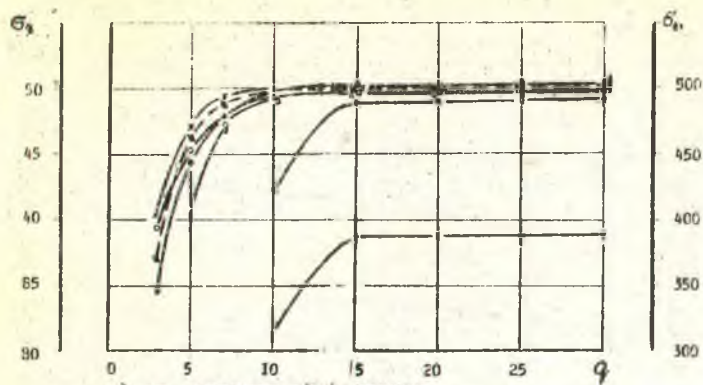
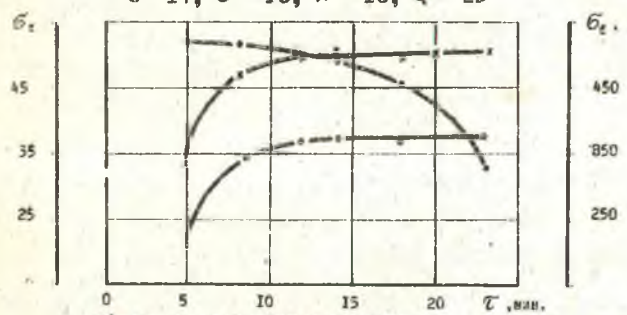
б) на расстоянии  $S/4$  от  
гребней поверхностей  
пресс-формыв) на расстоянии  $S/8$  от  
гребней поверхностей  
пресс-формы

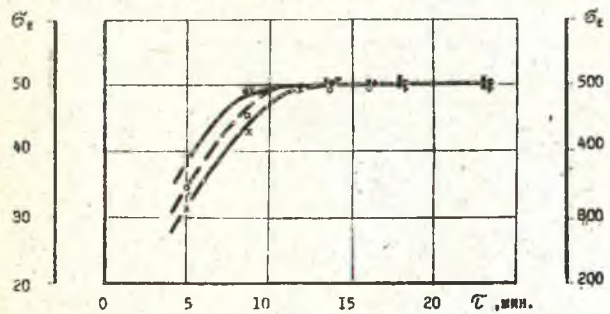
Рис. 2. Расчетные и экспериментальные кривые прогресса  
пакета во времени ( $t_{в.л.} = 130^{\circ}\text{C}$ ;  $Q = 20 \text{ кг/см}^2$ )  
 $\varnothing$  - расчетные данные по формуле 10  
 о - экспериментальные данные



а) от давления прессования  
 при  $\tau$ , мин.  $\nabla$  - 5;  $\square$  - 8,5;  $\triangle$  - 12;  
 $\bullet$  - 14;  $\circ$  - 16;  $\times$  - 18;  $\#$  - 23



б) от времени прессования  
 при  $t_{к.п.}$ , °C:  
 $\circ$  - 100;  $\times$  - 130;  $\bullet$  - 150



в) от времени прессования  
 при  $q$ , кг/см<sup>2</sup>:  $\times$  - 10;  $\circ$  - 12;  $\bullet$  - 15;  $\nabla$  - 30

Рис. 3. Экспериментальные кривые зависимости прочности образцов

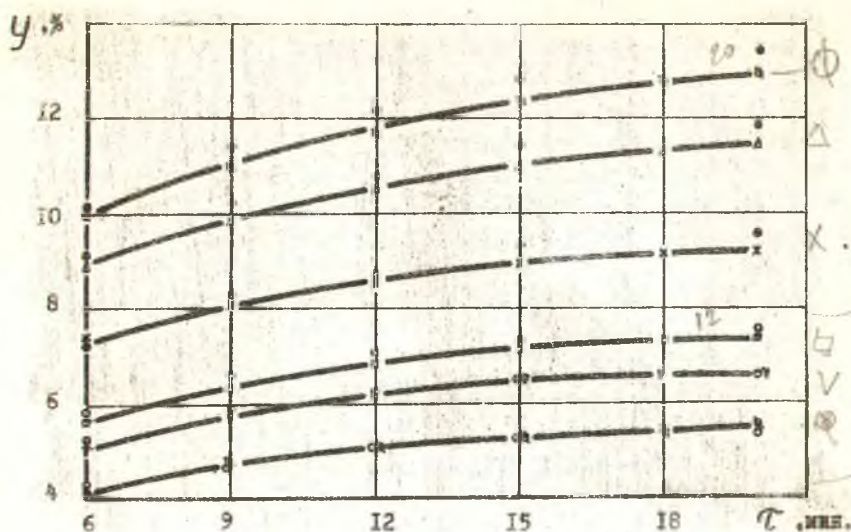


Рис. 4. Упрессовка пакета

$\phi$  - расчетные данные по формуле 19

экспериментальные данные:

$\phi$  -  $q = 12 \text{ кг/см}^2$ ,  $z_1 = 35 \text{ мм}$ ;  $x$  -  $q = 20 \text{ кг/см}^2$ ,  $z_1 = 35 \text{ мм}$ ;  
 $\gamma$  -  $q = 12 \text{ кг/см}^2$ ,  $z_1 = 54 \text{ мм}$ ;  $\Delta$  -  $q = 20 \text{ кг/см}^2$ ,  $z_1 = 54 \text{ мм}$ ;  
 $\sigma$  -  $q = 12 \text{ кг/см}^2$ ,  $z_1 = 76 \text{ мм}$ ;  $\psi$  -  $q = 20 \text{ кг/см}^2$ ,  $z_1 = 76 \text{ мм}$ .

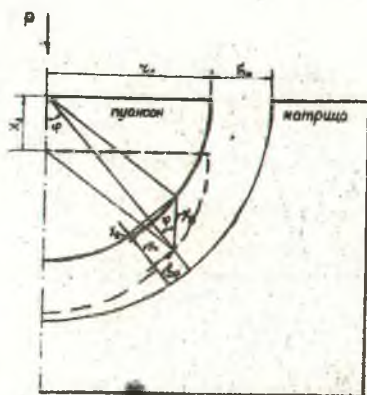


Рис. 5. Схема определения зазора  $S_\phi$  между пудрой и матрицей

G 25 18,5

---

AT 08350 зак. III тир. 150 25.6.1970 года  
БТМ им. С.М.Кирова, В.Минск, Свердловск, 13