

Л. А. Манкевич, А. А. Нуцан, Л. Ф. Донченко

### ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ДАВЛЕНИИ ПРЕССОВАНИЯ ГНУТОКЛЕЕННЫХ БЛОКОВ ИЗ ШПОНА В ЭЛАСТИЧНЫХ ПРЕСС-ФОРМАХ

Наряду с жесткими пресс-формами для прессования гнutoкленых блоков из шпона применяются пресс-формы с передачей давления эластичной диафрагмой. При этом склеивание блоков может производиться как в вакууме, так и в атмосфере. Пресс-формы с передачей давления эластичной диафрагмой имеют ряд известных преимуществ перед жесткими [1].

Для склеивания фанеры в вакуумных прессах достаточно давления  $0,5 \text{ кГ/см}^2$ . При прессовании гнutoкленых блоков необходимо знать величину давления, нужную для изгиба пакета шпона.

Ниже приводится расчет величины давления, необходимого для изгиба пакета шпона с одновременным склеиванием в пресс-формах с передачей давления эластичной диафрагмой. Расчет сделан для уголкового профиля, так как почти все виды профилей гнutoкленых заготовок можно разбить на участки, представляющие собой уголкового профиля.

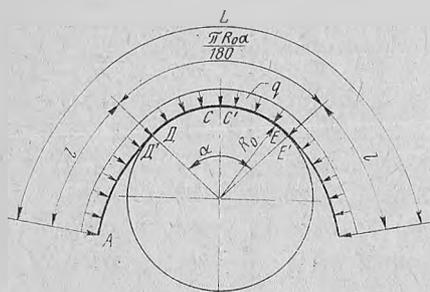


Рис. 1. Изгиб полоски шпона по цилиндрической поверхности под действием равномерно распределенной нагрузки.

Рассмотрим изгиб полоски шпона  $AB$  по цилиндрической поверхности под действием равномерно распределенной нагрузки  $q$  (рис. 1). Допустим, что этой нагрузке достаточно для прижима поверхности на участке  $DCE$ ; концы полоски свободны, начиная с точек  $D$  и  $E$ . Величину равномерно распределенной нагрузки, вызвавшую данную деформацию полоски, можно определить из условия, что в точках  $D$  и  $E$  кривизна полоски  $l : R$  равна кривизне шаблона  $l : R_0$ .

Поэтому

$$\frac{ql^2}{2} = \frac{E_0 I_z}{R_0} \quad (1)$$

где  $q$  — равномерно распределенная нагрузка, кг/см;  
 $l$  —  $AD=BE$  — длина свободной части полоски шпона, см;  
 $E_0$  — модуль упругости полоски шпона, кг/см<sup>2</sup>;  
 $I_z$  — момент инерции полоски шпона, см<sup>4</sup>;  
 $R_0$  — радиус кривизны шаблона, см.

Тогда

$$q = \frac{2E_0 I_z}{R_0 l^2} = \frac{2E_0 b h^3}{12 R_0 l^2} = \frac{E_0 b h^3}{6R_0 l^2} \quad (2)$$

Обозначив длину полоски  $AB$  через  $L$ , получим

$$l = \frac{L - \overset{\frown}{DF}}{2} = \frac{L - \frac{\pi R_0 \alpha}{180}}{2} \quad (3)$$

Подставив значение  $l$  в формулу (2), будем иметь

$$q = \frac{2E_0 b h^3}{3R_0 \left(L - \frac{\pi R_0 \alpha}{180}\right)^2} \quad (4)$$

Шаблон углового профиля для формирования гнutoкклеенных блоков из шпона состоит из цилиндрической поверхности  $D'C'E'$  и прямолинейных участков  $A'D'$  и  $E'B'$ , которые являются касательными к этой поверхности в точках  $D'$  и  $E'$  (рис. 2).

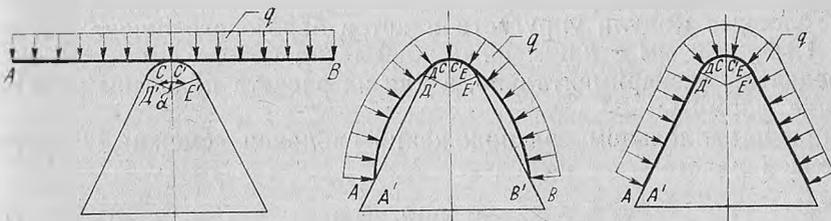


Рис. 2. Изгиб полоски шпона по поверхности углового профиля под действием равномерно распределенной нагрузки.

Методом сравнения деформаций доказывается, что если величины нагрузки хватает для соприкосновения полоски по всему криволинейному участку шаблона, то ее хватит и для плотного прижима полоски к его прямолинейным участкам.

Следовательно, величину нагрузки, потребную для формирования полоски шпона по шаблону углового профиля, можно определить по формуле (4).

Давление может быть вычислено по формуле:

$$Q = \frac{q}{b} \quad (5)$$

где  $Q$  — давление, кГ/см<sup>2</sup>;  
 $q$  — равномерно распределенная нагрузка, кГ/см;  
 $b$  — ширина полоски, см.

Расчетная формула для определения оптимальной величины давления, потребного для формирования полоски шпона по заданному профилю поверхности, примет вид:

$$Q = \frac{2E_0 h^3}{3R_0(L - \frac{\pi R_0 \alpha}{180^\circ})^2} \quad (6)$$

Пакет, из которого формируется гнutoкклееный блок, представляет собой набор полосок шпона с нанесенным клеем. Для расчета давления, при формировании пакета шпона, формула (6) примет следующий вид:

$$Q = \frac{2Enh^3}{3R(L - \frac{\pi R \alpha}{180^\circ})^2} \quad (7)$$

где  $E$  — условный модуль упругости пакета шпона, кГ/см<sup>2</sup>;  
 $n$  — число слоев шпона в пакете;  
 $h$  — толщина шпона, см;  
 $R$  — радиус изгиба средней оси пакета шпона, см;  
 $\alpha$  — угол изгиба пакета, град;  
 $L$  — длина пакета, см.

Условные модули упругости пакетов березового шпона толщиной 1,15—1,50 мм с нанесенным клеем на основе смолы М-19-62 определены экспериментально, а для их расчета получены эмпирические формулы:

при параллельном расположении волокон смежных листов шпона в пакете

$$E_{\parallel} = 120\,000 + 2800n; \quad (8)$$

при перпендикулярном расположении волокон смежных листов шпона в пакете

$$E_{\perp} = 105\,000 - 2\,900n + 133n^2. \quad (9)$$

Подставив формулы (8) и (9) в уравнение (7), окончательно получим при параллельном расположении волокон смежных листов шпона в пакете:

$$Q_{\parallel} = \frac{2(12 \cdot 10^4 + 0,28 \cdot 10^4 \cdot n)nh^3}{3R(L - \frac{\pi R \alpha}{180^\circ})^2}; \quad (10)$$

при перпендикулярном расположении волокон смежных листов шпона в пакете

$$Q_{\perp} = \frac{2(10,5 \cdot 10^4 - 0,29 \cdot 10^4 \cdot n + 133 n^2)nh^3}{3R(L - \frac{\pi R \alpha}{180^\circ})^2} \quad (11)$$

Приведенные формулы (10) и (11) справедливы при условии

$$L > \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}$$

Таким образом, зная конструкцию пакета и требуемый профиль гнutoкленного блока, по формулам (10) и (11) можно рассчитать необходимое для этой цели оптимальное давление.

Из формул (10) и (11) видно, что значение величины оптимального давления с увеличением числа слоев и толщины шпона, а также угла изгиба увеличивается, а с увеличением радиуса изгиба

383585

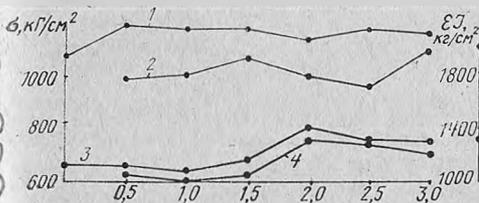


Рис. 3. Влияние давления прессования ( $Q$ ) на условный предел прочности ( $\sigma$ ) гнutoкленных образцов из березового шпона: 1, 2, — вакуум 0,5 кг/см<sup>2</sup> и 0 соответственно, конструкция пакета — II; 3, 4 — вакуум 0,5 кг/см<sup>2</sup> и 0 соответственно конструкция пакета — I. Клей — М-19-62,  $h = 0,95$  мм,  $n = 9$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $r_1 = 30$  мм,  $L = 200$  мм,  $Q = 0,5 \div 3,5$  кг/см<sup>2</sup>,  $t = 110^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 10$  мин.

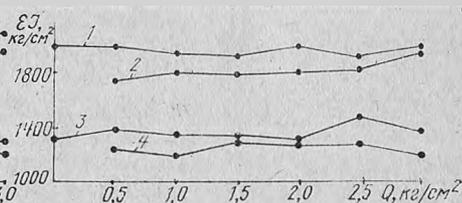


Рис. 4. Влияние давления прессования ( $Q$ ) на жесткость ( $EI$ ) гнutoкленных образцов. Условия проведения опытов и обозначения те же, что и на рис. 3.

и длины пакета уменьшается. Следует отметить, что практически требуемое оптимальное давление прессования несколько ниже расчетного, так как формулы (10) и (11) не учитывают факторов продолжительности действия давления и прогрев пакета.

Для экспериментальной проверки расчетных формул проведены опытные запрессовки гнutoкленных блоков из березового шпона, имеющего начальную влажность 8—10%, толщину 0,95 мм. Число слоев шпона в пакете — 9. Клей использовался на основе смолы М-19-62, имеющей вязкость 1 мин по вискозиметру ВЗ-4, а его расход составлял 110—120 г/м<sup>2</sup>. Открытая выдержка листов шпона с нанесенным клеем отсутствовала, а закрытая — составляла 5 мин. Температура на рабочей поверхности пресс-форм — 115—120°C, время выдержки в прессе — 10 мин.

БИБЛИОТЕКА БТИ  
ИМЕНИ С. М. ЛУРЬБА

Вышеуказанные факторы при опытах оставались постоянными.

Переменные факторы — среда, в которой происходило склеивание блоков, и величина давления, передаваемого на пакет эластичной диафрагмой пресс-формы.

Результаты механических испытаний полученных образцов на растяжение как кривого бруса обработаны методами вариационной статистики и представлены в виде графиков на рис. 3 и 4, а исследование полученной пакетами упрессовки на прямолинейных и криволинейных участках — на рис. 5.

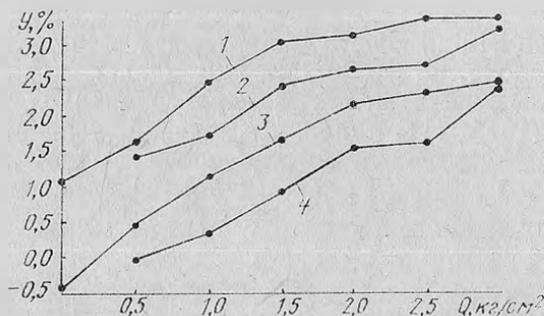


Рис. 5. Влияние вакуума и давления ( $Q$ ), создаваемого компрессором, на упрессовку ( $Y$ ) гнотоклееных блоков из березового шпона с перпендикулярным расположением волокон смежных листов в пакете.

1, 2 — вакуум  $0,5 \text{ кг/см}^2$  и  $0$  соответственно криволинейные участки образцов; 3, 4 — вакуум  $0,5 \text{ кг/см}^2$  и  $0$  соответственно прямолинейные участки образцов. Условия проведения опыта те же, что и на рис. 3.

Анализ графиков на рис. 3 и 4 позволяет утверждать, что величина давления при его передаче диафрагмой в период прессования в пределах от  $0,5$  до  $3 \text{ кг/см}^2$  не влияет на прочность и жесткость гнотоклееных образцов. При этом увеличивается только их упрессовка (см. рис. 4). Следовательно, при передаче диафрагмой давления прессования минимально допустимым будет давление, достаточное для придания пакету заданной формы профиля.

При теоретическом расчете оптимальной величины давления для данной конструкции гнотоклееных блоков по формулам (10) и (11) получим:

$$Q_{\parallel} = \frac{2(12 \cdot 10^4 + 0,28 \cdot 10^4 \cdot 9) \cdot 9 \cdot 0,095^3}{3 \cdot 3,5 \left( 20 - \frac{\pi \cdot 3,5 \cdot 90}{180^\circ} \right)^2} = 1,0 \text{ кг/см}^2,$$

$$Q_{\perp} = 0,54 \text{ кг/см}^2.$$

Следовательно, теоретические расчетные формулы подтверждаются экспериментально.

Графики на рис. 3 и 4 также показывают, что прочность и жесткость гнutoкленых образцов, склеенных в вакууме, несколько выше, чем прочность и жесткость образцов, склеенных при таком же давлении, но без вакуума. Повышение физико-механических свойств в первом случае объясняется тем, что в вакууме создаются более благоприятные условия для склеивания: быстрее удаляются из пакета весь воздух, влага и газообразные продукты склеивания.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что прессовать гнutoкленные блоки на данном оборудовании следует в вакууме. Если давления, создаваемого вакуумом, недостаточно для придания пакету шпона заданной формы, то тогда дополнительно следует использовать давление, создаваемое компрессором. Следует отметить, что для подавляющего большинства выпускаемых промышленностью гнutoкленных блоков из шпона достаточно давления прессования, создаваемого вакуумом. Кроме того, герметизация в вакуумной камере достигается технически проще, чем в камере, находящейся под избыточным давлением.

По формулам (10) и (11) построена номограмма, представленная на рис. 6.

Рассмотрим порядок пользования номограммой на следующем примере.

Дано:  $n_{\perp} = 9$ ;  $h = 1,15$  мм;  $R = 18,2$  мм;  $\alpha = 150^{\circ}$ ;  $L = 200$  мм. Расположение волокон смежных листов шпона в пакете перпендикулярное. Требуется определить оптимальное давление  $Q$ .

Решение:

В верхней части номограммы по  $R = 18,2$  мм проводим вертикаль вниз до пересечения с лучом  $\alpha = 150^{\circ}$  и горизонталь до пересечения с  $L = 200$  мм; из точки пересечения проводим вертикаль до шкалы  $(L - \frac{\pi R \alpha}{180^{\circ}})$  и наклонную до шкалы  $(L - \frac{\pi R \alpha}{180^{\circ}})^2$ .

Из пометки шкалы:  $n_{\perp} = 9$  проводим вертикаль до пересечения со стрелкой — указателем  $AB$  и через точку пересечения проводим диагональ, т. е. линию под углом  $45^{\circ}$  к оси шкал; из пометки шкалы  $R = 18,2$  мм проводим вертикаль до пересечения с диагональю, через точку пересечения проводим горизонталь до пересечения с левой вертикальной шкалой, из точки пересечения проводим диаго-

наль. Из пометки шкалы  $(L - \frac{\pi R \alpha}{180^{\circ}})^2$  проводим вертикаль до пересечения с этой диагональю, через точку пересечения проводим горизонталь. Точки пересечения этой горизонтали со шкалой

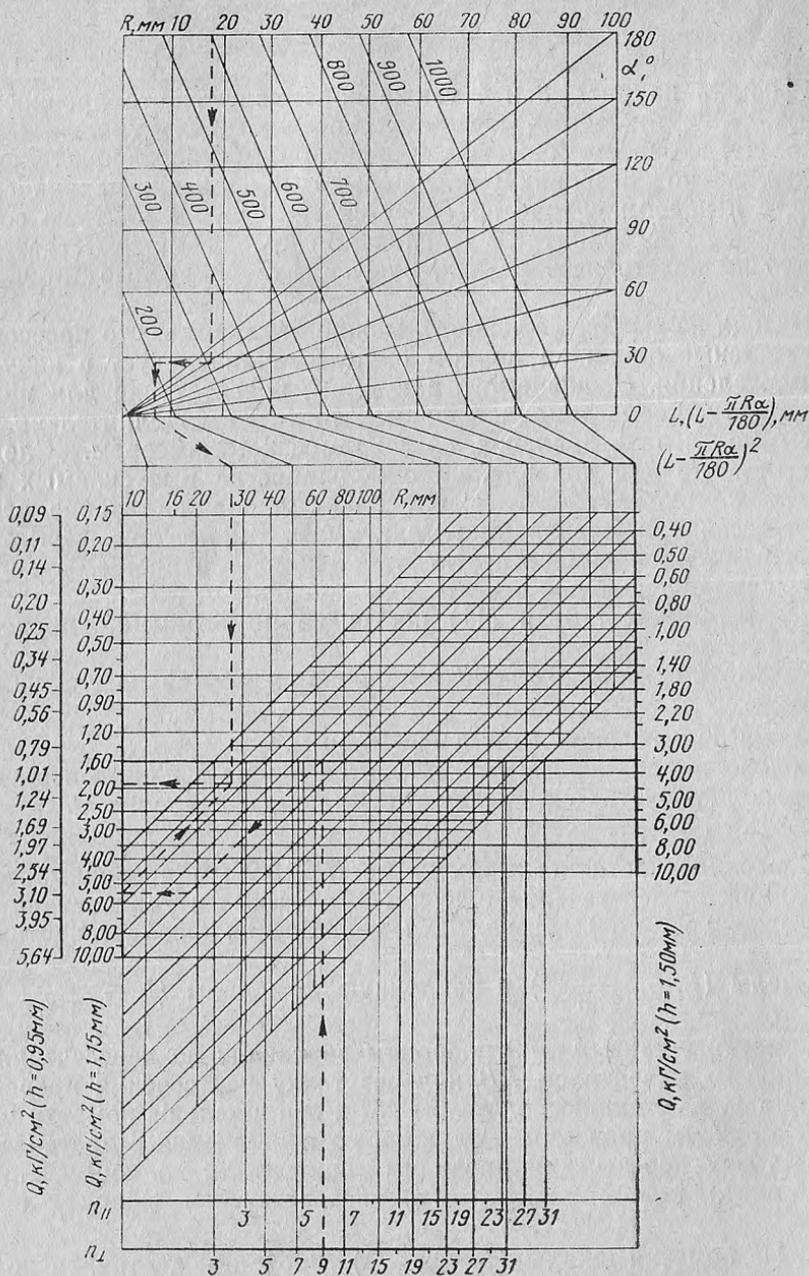


Рис. 6. Номограмма для определения оптимальной величины давления при прессовании гнотоклеевых блоков из шпона в эластичных пресс-формах.

$Q(h=0,95 \text{ мм})$  дают ответ  $Q=1,90 \text{ кг/см}^2$ . Такой же ответ получается расчетным путем по формуле (11). Принимаем давление прессования данной заготовки равным  $1,9 \text{ кг/см}^2$ .

Предложенным расчетным методом определения величины оптимального давления можно пользоваться с достаточной для практики точностью при проектировании вакуумно-пневматического запрессовочного оборудования, а также при установлении на этом оборудовании режима прессования гнutoкленых блоков из шпона в зависимости от их конструктивных форм.

#### *Литература*

- [1] Л. А. Манкевич, А. А. Куцак. Влияние некоторых факторов на качество гнutoкленых деталей из шпона. «Деревообработ. пром.», 1968. № 8.