

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ГНУТОКЛЕЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕБЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

И.З. ПЫЛЫПИВ, *асп. НЛТУ*⁽¹⁾

ip.ua@ukr.net

⁽¹⁾ «Национальный лесотехнический университет Украины»,
79057 г. Львов ул. Генерала Чупринки, 103

Одним из направлений решения проблемы по замене цельной древесины и шпона при изготовлении криволинейных мебельных заготовок является использование древесноволокнистых плит (ДВП). Изготавливают такие элементы способом гнутья с одновременным склеиванием. В этом направлении представлен ряд авторских мебельных изделий, где материалом изготовления для криволинейных поверхностей выступает ДВП. Для решения проблемы минимизации отходов, в результате формирования криволинейных форм, предлагается теоретический подход, который заключается в анализе результатов исследований на основе статистической обработки данных. Экспериментально исследуется изгиб ДВП под действием горизонтальной сосредоточенной нагрузки. В процессе исследования установлено, что клей, который применяется для формирования гнутых элементов, действует как пластификатор. Временной промежуток с нанесенным клеем до начала гнутья плиты избран в интервалах от 2 до 10 мин, за время которого ДВП пластифицируется разной мерой. Доказано, что время, за которое плита становится наиболее пластичной, составляет 6–7 мин при применении ПВА клеев. Среди факторов, влияющих на бездефектный изгиб при изготовлении криволинейных элементов, есть также толщина плиты, от увеличения которой с 2,5 до 6 мм минимальные радиусы гнутья увеличиваются с 70 до 230 мм. При сравнении графических интерпретаций двух толщин ДВП 2,5 и 6 мм у толщины 6,0 мм наблюдается существенное различие в диапазоне между верхней и нижней границей значения минимального радиуса. Это свидетельствует о том, что при двустороннем увлажнении клеем с увеличением толщины плиты более ощутима ее пластификация, в отличие от одностороннего увлажнения. Полученные результаты дают основание утверждать, что путем пластификации плит можно добиться улучшения процесса их гнутья. В частности, выбором клея, продолжительностью пластификации, использованием плиты меньшей толщины.

Ключевые слова: ДВП, пластификация, гнутье, криволинейные элементы.

Поиск материалов, подходящих для получения криволинейных элементов мебели, понимание основных требований к самим изделиям и выборе технологий [1,2], обуславливает новые эксперименты в этой области. Особенно когда криволинейные элементы и изделия на их основе изготавливаются мелкими партиями или единичными экземплярами, является целесообразным использование древесноволокнистых плит (ДВП), что экономически обоснованно [3] и не требует дополнительного высокотехнологичного оборудования. Автором разработан ряд мебельных изделий (рис. 1), где материалом изготовления для криволинейных поверхностей выступает ДВП.

На данное время имеем ограниченное количество исследований относительно процесса изготовления гнутых мебельных элементов, сырьевым материалом которыми есть ДВ плиты [4–6], в частности определение значений минимальных радиусов гнутья. В основном эти исследования касаются деревянных брусьев или шпона [7,8]. Во избежание брака и минимизации количества отходов

при формировании криволинейных заготовок, вследствие достижения заданных форм на основе ДВП, в предложенной статье даем соответствующий теоретический подход относительно выбора интервального промежутка, который отвечает возможным значениям радиусов изгиба плиты при соответствующих толщинах и времени пластификации.

Экспериментально исследуется изгиб ДВП, которая шарнирно опертая и находится под действием горизонтальной сосредоточенной нагрузки силы F (рис. 2).

Перед гнутьем пласти плиты смачиваются клеем. Временной промежуток с нанесенным клеем до начала гнутья плиты избран в интервалах от 2 до 10 мин, во время которого ДВП пластифицируется разной мерой.

Исследования проводятся для толщин плит 2,5; 3,2; 4; 5 и 6 мм при одностороннем и двустороннем клеевом смачивании пласти плиты. В табл. 1 приведены статистические значения проведенных исследований минимальных радиусов изгиба плиты толщиной $d = 2,5$ мм и времени выдержки t с нанесенным клеем.



Рис. 1. Мебель с использованием криволинейных элементов из ДВП (автор проектов Пылыпив И.З)
Fig. 1. Furniture with curved elements of fiberboard (the author of the projects is Pylypiv IZ)

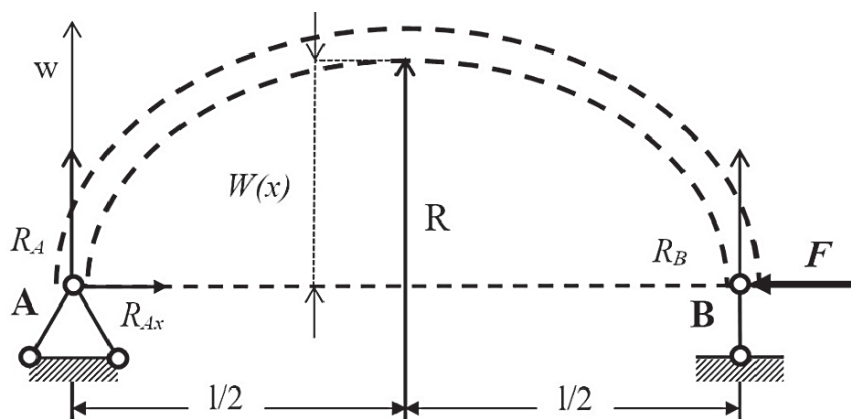


Рис. 2. Схема исследования гнуща ДВП
Fig. 2. Scheme of investigating the process of bending a fiberboard

Для определения значений минимальных радиусов, которые обеспечивают неразрушительное состояние плиты, при изгибе была использована следующая формула определения доверительного интервала [9] с надежностью γ , близкой к 1, то есть $\gamma = 0,95, 0,99, 0,999$

$$R_n = R_c - t_\gamma \cdot s / \sqrt{n} < R < R_c + t_\gamma \cdot s / \sqrt{n} = R_g, \quad (1)$$

где R_n – нижняя граница минимального значения радиуса изгиба;

R_g – верхняя граница минимального значения радиуса изгиба;

Статистические значения исследований при толщине плиты 2,5 мм

Statistical research values for boards as thick as 2,5 mm

Одностороннее смачивание клеем					
Время t (мин.)	R min	R max	R ср.зн.	дисп.	ср.кв.откл.
2	66	80	72,7	20,94	4,576
4	60	74	67,1	19,68	4,436
6	54	70	62,1	22,63	4,758
8	57	73	64,4	23,97	4,896
10	60	75	66,9	19,76	4,445
Двустороннее смачивание клеем					
2	60	74	67,1	19,68	4,436
4	54	70	60,8	25,61	5,061
6	46	64	53,2	34,62	5,883
8	50	67	57,4	26,94	5,190
10	55	70	61,5	18,53	4,305

Значение радиуса гнута ДВП при одностороннем смачивании клеем

The significance of fiberboard radius bending at unilateral glue wetting

Время t , мин	$\gamma=0,95$			$\gamma=0,99$			$\gamma=0,999$		
	$t_\gamma=1,96$			$t_\gamma=2,58$			$t_\gamma=3,25$		
	R_H	R_B	R	R_H	R_B	R	R_H	R_B	R
2	71,13	81,64	76,39	71,3	82,16	76,73	71,65	82,72	77,19
4	65,51	75,59	70,55	65,6	76,09	70,85	65,8	76,63	71,22
6	60,46	71,7	66,08	60,6	72,24	66,42	60,65	72,82	66,74
8	62,65	74,75	68,7	62,7	75,31	69,01	62,95	75,91	69,43
10	65,38	76,59	70,99	65,5	77,09	71,3	65,9	77,64	71,77

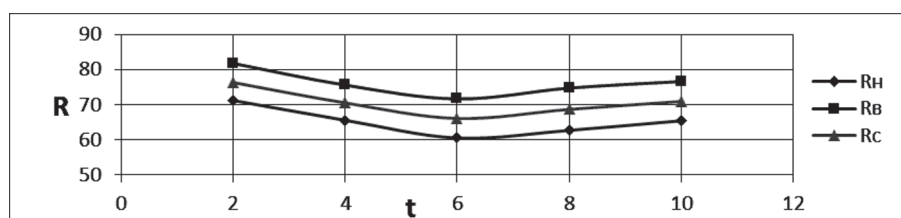


Рис. 3. График зависимости нижней и верхней границы, а также среднего значений минимального радиуса гнута R от времени увлажнения t при одностороннем нанесении клея ($\gamma = 0,95$.)

Fig. 3. The graph of the lower and upper boundaries, as well as the average values of the minimum bending radius R , dependent on wetting time t for one-sided glue application ($\gamma = 0,95$)

R_c – среднее значение минимального радиуса изгиба;

$t\gamma$ – коэффициент;

s – среднее квадратичное отклонение радиуса изгиба;

n – количество экспериментальных исследований.

Поскольку закон распределения значений радиуса изгиба R неизвестен и количество экспериментальных исследований небольшое ($n = 30$), то значение коэффициент $t\gamma$ выбрано

равным значению аргумента функции Лапласа $\Phi(t) t = t\gamma$ [9] согласно уравнению

$$2 \cdot \Phi(t) = \gamma, \text{ или } \Phi(t) = \frac{\gamma}{2}. \quad (2)$$

Исходя из значений надежности, имеем следующие значения функции Лапласа

$\Phi(t)$: при $\gamma = 0,95 \rightarrow \Phi(t) = 0,475$,

при $\gamma = 0,99 \rightarrow \Phi(t) = 0,495$

и при $\gamma = 0,999 \rightarrow \Phi(t) = 0,4995$.

Таким образом, значение коэффициента $t\gamma$ при соответствующей надежности γ

Статистические значения проведенных исследований при $d = 6$ мм
The statistical values of the research for $d = 6$ mm

t (мин.)	$R_{min.}$	$R_{max.}$	$R_{ср.}$	дисп.	ср.кв.откл.
Одностороннее нанесение клея					
2	240	255	247,36	13,964	3,737
4	237	250	244,06	12,340	3,513
6	232	249	240,36	20,792	4,560
8	236	248	242,16	10,282	3,206
10	238	251	244,80	11,821	3,438
Двустороннее нанесение клея					
2	230	245	237,86	13,844	3,721
4	226	242	234,10	15,679	3,960
6	221	238	230,16	21,454	4,632
8	226	240	232,90	14,645	3,827
10	229	242	235,20	12,717	3,566

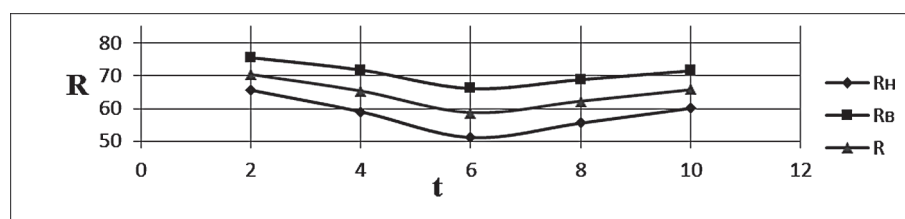


Рис. 4. График зависимости нижней и верхней границы, а также среднего значений минимального радиуса гнутья R от времени увлажнения t при двустороннем нанесении клея ($\gamma = 0,95$)

Fig. 4. The graph of the lower and upper limits, as well as the average values of the minimum bending radius R , dependent on the time t for wetting bilateral glue application ($\gamma = 0,95$)

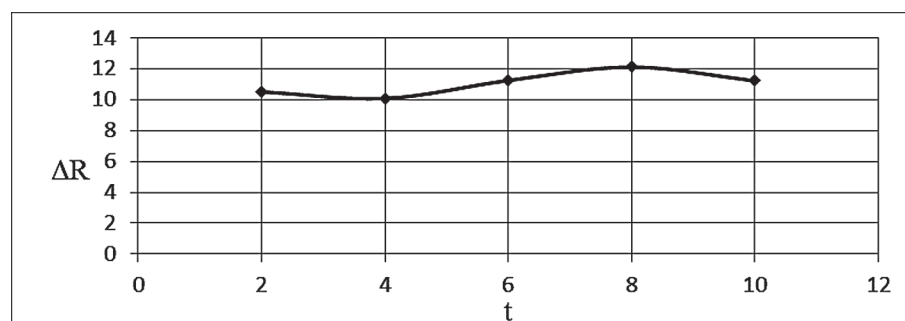


Рис. 5. График зависимости отклонений верхней и нижней границы минимального радиуса гнутья R от времени увлажнения t при односторонней пластификации ($\gamma = 0,95$)

Fig. 5. The graph of variance of the minimum radius of the upper and lower bending limits R depending on the wetting time t for one-sided plasticizing ($\gamma = 0,95$)

будет отвечать при $\gamma 0,95 = t\gamma 1,96$; $\gamma 0,99 = t\gamma 2,38$; $\gamma 0,999 = t\gamma 3,25$.

В табл. 2, согласно численной реализации соответствующих значений границ радиуса изгиба плиты, за формулой (1), приведены соответствующие значения радиуса изгиба при одностороннем клеевом смачивании плиты толщиной $d = 2,5$ мм и изменении времени от 2 до 10 мин с промежутком 2 мин.

Нужно отметить, что при других значениях надежности, то есть при $\gamma = 0,99$, $0,999$, качественная картина графической интерпретации не изменяется.

Если построить графическое изображение отклонений между верхней и нижней границами значений радиуса изгиба, то есть $\Delta R = R_B - R_H$, то можем констатировать, что эта зависимость с некоторым отклонением близ-

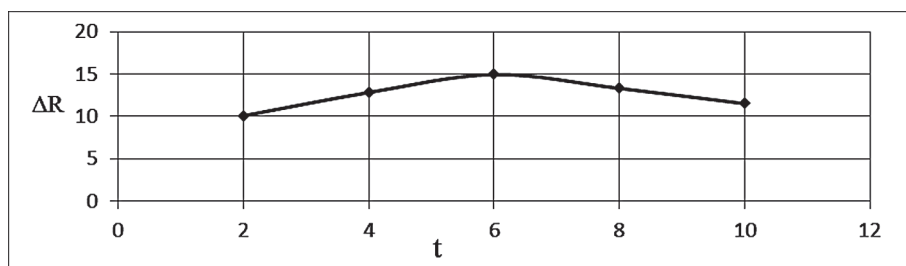


Рис. 6. График зависимости отклонений верхней и нижней границы минимального радиуса гнутья R от времени увлажнения t при двусторонней пластификации ($\gamma = 0,95$)

Fig. 6. The graph of variance of the minimum radius of the upper and lower bending limits R depending on the wetting time t at a bilateral plasticizing ($\gamma = 0,95$)

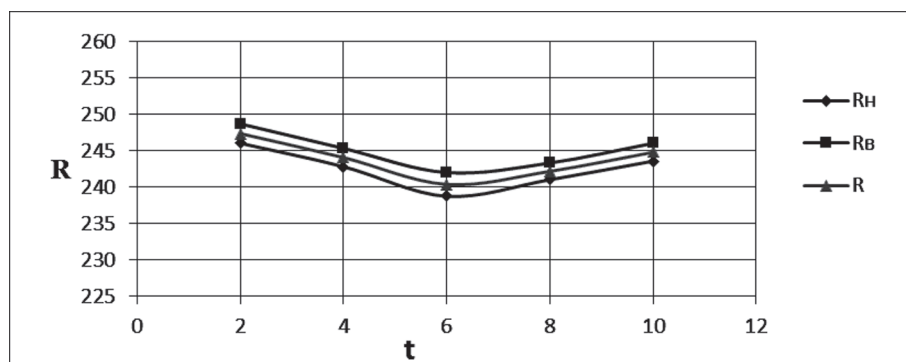


Рис. 7. График зависимости нижней и верхней границы, а также среднего значений минимального радиуса изгиба R от времени t при одностороннем нанесении клея ($\gamma = 0,95$)

Fig. 7. The graph of the lower and upper limits, as well as the average minimum bending radius R depending on the time t with one-sided glue application ($\gamma = 0,95$)

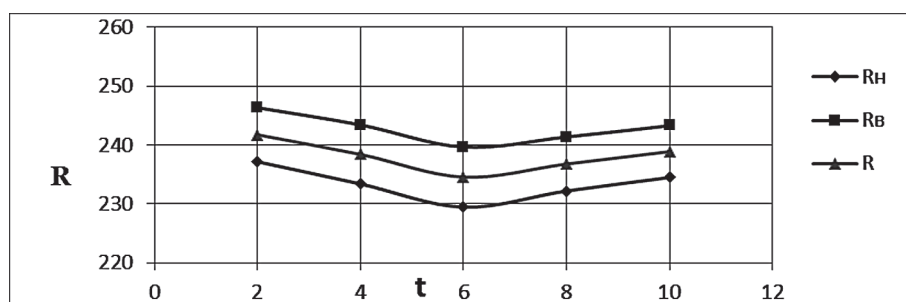


Рис. 8. График зависимости нижней и верхней границы, а также среднего значений минимального радиуса изгиба R от времени t при двустороннем нанесении клея ($\gamma = 0,95$)

Fig. 8. The graph of the lower and upper limits, as well as the average values of the minimum bending radius R , depending on the time t with bilateral glue application ($\gamma = 0,95$)

ка нормальному закону распределения [10] при односторонней пластификации (рис. 4), а при двусторонней еще больше напоминает кривую распределения (рис. 5).

В табл. 3 приведены статистические значения проведенных экспериментальных исследований минимальных радиусов изгиба плиты толщиной $d = 6$ мм, в частности минимальное, максимальное, среднее значение, дисперсия и среднее квадратичное отклонение значений радиуса R при соответствующем

времени t , для одностороннего и двустороннего нанесения клея.

На рис. 7 приведен график зависимости нижней и верхней границы, а также среднего значений минимального радиуса изгиба R от времени увлажнения t при односторонней пластификации плиты клеем, а на рис. 8 – при двусторонней ($\gamma = 0,95$).

Для анализа изменения значений минимального радиуса изгиба других толщин плит приведен цикл исследований при

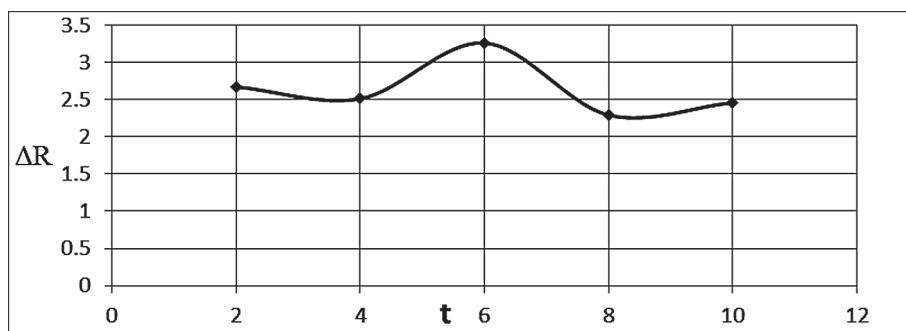


Рис. 9. График зависимости отклонений верхней и нижней границы минимального радиуса изгиба R от времени t односторонней пластификации ($\gamma = 0,95$)

Fig. 9. The graph of the deviations of the upper and lower limits of the minimum bending radius R depending on the time t of one-sided plasticization ($\gamma = 0,95$)

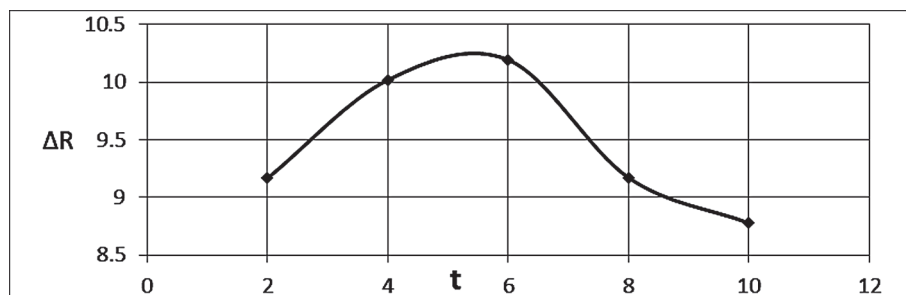


Рис. 10. График зависимости отклонений верхней и нижней границы минимального радиуса изгиба R от времени t двусторонней пластификации ($\gamma = 0,95$)

Fig. 10. The graph of the deviations of the upper and lower limits of the minimum bending radius R depending on the time t of bilateral plasticization ($\gamma = 0,95$)

толщине $d = 6$ мм и принятой надежности $\gamma = 0,95$ минимального радиуса изгиба R от времени увлажнения t при одностороннем увлажнении ($\gamma = 0,95$)

Если сравнить графические интерпретации двух толщин $d = 2,5$ мм и $d = 6$ мм, при толщине 2,5 мм графики почти тождественные, а при толщине 6,0 мм наблюдается существенное различие в диапазоне между верхней и нижней границей значения минимального радиуса. Это свидетельствует о том, что при двустороннем увлажнении клеем с увеличением толщины плиты более ощутима ее пластификация, в отличие от одностороннего увлажнения.

На рис. 9 и 10 приведенные графики зависимости отклонений верхней и нижней границы минимального радиуса изгиба R односторонней и двусторонней пластификации при продолжительности времени t .

Сравнивая значения отклонений между верхней и нижней границами минимальных радиусов гнутья ΔR , делаем следующие выводы.

– При двустороннем увлажнении плит различие ΔR значительно больше, особенно это ощутимо для плит толщиной 6 мм.

– Для плит разных толщин различие ΔR достигает максимальных значений при продолжительности пластификации $t = 6-7$ мин. За этот период увлажняется максимально возможный шар плиты. После этого происходит постепенное затверждение клея и прекращается процесс пластификации.

– Гнутье плит целесообразно проводить по истечении 6 мин после нанесения клея.

Полученные результаты дают основание утверждать, что путем пластификации плит можно добиться улучшения процесса их гнутья, в частности, выбором клея, продолжительностью пластификации, использованием плиты меньшей толщины.

Библиографический список

1. Справочник мебельщика. Конструкции и функциональные размеры. Материалы. Технология производства. – М.: Лесная пром-сть, 1985. – 360 с.

2. Янов, В.В. Художественное конструирование мебели / В.В. Янов, А.А. Белов. – М.: Издательство АН СССР, 1971. – 224 с.
3. Шумега, С.С. Спеціальна технологія меблевого виробництва. / С.С. Шумега. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1981. – 242 с.
4. Волынский, В.Н. Технология клееных материалов: Учебное пособие для вузов. (2-е изд.) / В.Н. Волынский. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003. – 280 с.
5. Белянкин, Ф.П. Прочность и деформативность слоистых пластиков / Ф.П. Белянкин В.Ф. Яценко, Г.И. Дыбенко. – К.: «Наукова думка», 1964. – 218 с.
6. Костриков, П.В. Производство гнутоклееных деталей / П.В. Костриков. – М.: 2006. – 64 с.
7. Хухрянский, П.Н. Прессование и гнутье древесины / П.Н. Хухрянский. – Л.: Гослесбумиздат, 1956. – 244 с.
8. Леонтьев, И.И. Производство гнутой мебели / И.И. Леонтьев, Л.Г. Абухов. – М.: Гослесбумиздат, 1954. – 120 с.
9. Жлуктенко, В.І. Теорія ймовірностей з елементами математичної статистики / В.І. Жлуктенко, С.І. Наконечний. – К.: НМК НО, 1991. – 425 с.
10. Robert, V. Hogg Introduction to Mathematical Statistics (7-th Edition) / Robert V. Hogg, Allen T. Craig, Joseph McKean. – Hardcover, 2012. – 640 p.

THE ISSUE OF FORMATION OF CURVED FURNITURE COMPONENTS BY USING FIBREBOARD

Pylypiv I.Z., pg. NLTUU⁽¹⁾

ip.ua@ukr.net

⁽¹⁾ «National Forestry and Wood Technology University of Ukraine», 79057, st. Generala Chuprinki, 103, Lvov, Ukraine

One of the solutions to the problem of replacing solid wood and veneer in the manufacture of curved furniture components is using a fiberboard (MDF). Such elements are made by bending them while gluing. In this area a number of hand-made furniture items, where fiberboard was used as a material to produce curved surfaces, are presented. To settle the problem of waste, resulting from the formation of curved forms, the theoretical approach has been proposed, that is to analyze research results based on statistical data processing. The fiberboard bending under a horizontally concentrated load has been studied. The study has found that the glue applied to form bending acts as a plasticizer. The time interval before bending a fiberboard with an adhesive coated has varied from 2 min to 10 min., during which a fiberboard has plasticized in various degrees. It has been proved that the time during which a board is the most plastic is 6-7 min when using PVA adhesives. Among the factors that affect the defect-free curve in the manufacture of curved elements are a fiberboard thickness; if the latter increases from 2.5 mm to 6 mm the minimum bending radii are increased from 70 mm to 230 mm. When comparing graphic interpretations of fiberboard thickness of 2.5 mm and 6.0 mm, for a board as thick as 6.0mm there is a significant difference in the range between the upper and lower limit value of the minimum radius. This indicates that the bilateral glue saturation with an increasing thickness of a board shows more pronounced plasticizing, as opposed to one-sided saturation. The results give a good reason to believe that a better improvement of the bending process can be achieved by plasticizing fiberboards. In particular, this improvement depends on the choice of glue, the plasticizing period and the use of a smaller board thickness.

Keywords: fiberboard, plastification, bending, curved elements.

References

1. *Spravochnik mebel'shchika. Konstruktsii i funktsional'nye razmery. Materialy. Tekhnologiya proizvodstva* [Furniture maker Directory. Construction and functional dimensions. Materials. Production technology]. Moscow: Forestry, 1985. 360 p.
2. Yanov V.V., Belov A.A. *Khudozhestvennoe konstruirovaniye mebeli* [Art designing furniture]. M.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1971. 224 p.
3. Shumega S.S. *Spetsial'na tekhnologiya meblevogo virobnitstva* [Spetsialna tehnologiya meblevogo virobnitstva]. K.: Vishcha shk. Golovne vid-vo, 1981. 242 p.
4. Volynskiy V.N. *Tekhnologiya kleenykh materialov* [The technology of laminated materials]. Arkhangel'sk: Arkhang. gos. tekhn. un-t, 2003. 80 p.
5. Belyankin F.P., Yatsenko V.F., Dybenko G.I. *Prochnost' i deformativnost' sloistykh plastikov*. K.: Naukova dumka, 1964. 218 p.
6. Kostrikov P.V. *Proizvodstvo gnutokleenykh detaley* [Manufacturing gnutokleenykh parts]. Moscow, 2006. 64 p.
7. Khukhryanskiy P.N. *Pressovanie i gnut'e drevesiny* [Pressing and gnutewood]. Leningrad: Goslesbumizdat, 1956. 244 p.
8. Leont'ev I.I., Abukhov L.G. *Proizvodstvo gnuтой mebeli* [Production of bent furniture]. Moscow: Goslesbumizdat, 1954. 120 p.
9. Zhluktenko V.I. *Teoriya ymovirnostey z elementami matematichnoyi statistiki* [Some of the elements Teoriya ymovirnostey s matematichnoyi statistics]. K.: NMK NO, 1991. 425 p.
10. Robert V. Hogg Introduction to Mathematical Statistics (7-th Edition). Robert V. Hogg, Allen T. Craig, Joseph McKean. Hardcover, 2012. 640 p.