

- лесной и деревообрабатывающей промышленности». – Мн.: БГТУ, 1999. – С. 257-259.
2. Янушкевіч А.А. Тэхналогія лесапільна-дрэваапрацоўчых вытворчасцей.- Мн., 1997.
 3. Деревообрабатывающее оборудование. Отраслевой каталог.- М., 1993.

УДК 647.817-14

В. В. Тулейко, аспирант;
В. Б. Снопков, доцент

РАЗРАБОТКА ДИАГРАММЫ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ УВЕЛИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

The researches of the process of pressing particleboard of high thickness have been given.

Режим прессования древесностружечных плит характеризуется тремя основными параметрами: температурой, удельным давлением и продолжительностью. Их значения должны обеспечивать достижение физических и механических свойств плит на уровне действующих стандартов при максимально возможной производительности оборудования. На современных предприятиях по производству плит в зависимости от применяемого оборудования и результата, который надо получить, параметры прессования изменяются в следующих пределах: удельное давление – 2,0-3,5 МПа, температура – 160-220 °С, продолжительность – 0,20-0,52 мин/мм [1]. Вопрос влияния параметров прессования на свойства древесностружечных плит изучен достаточно хорошо [2-4]. Однако большинство исследований в данной области выполнены для сравнительно узкого диапазона толщин: от 16 до 20,5 мм. Поэтому в литературе отсутствуют рекомендации по выбору оптимального режима прессования древесностружечных плит толщиной более 25 мм.

При выполнении настоящей работы авторы поставили перед собой цель определить вид диаграммы прессования для плит увеличенной толщины. Основой для этого послужили ранее проведенные исследования [5], в результате которых было установлено, что плиты толщиной 28 мм следует прессовать при температуре 190 °С, удельном давлении 2,8 МПа и продолжительности 0,43 мин/мм.

При проведении эксперимента была использована стружка, изготовленная на заводе ДСтП АО "Мостовдрев". Средняя толщина стружки: для внутреннего слоя – 0,8 мм, для наружного слоя – 0,1 мм. В качестве связующего в эксперименте была использована смола КФ-НП. Процент добавления смолы по сухим веществам составил: для наружного слоя – 13%, для внутреннего – 10%. Прессование плит проводилось на лабораторном прессе П-100.

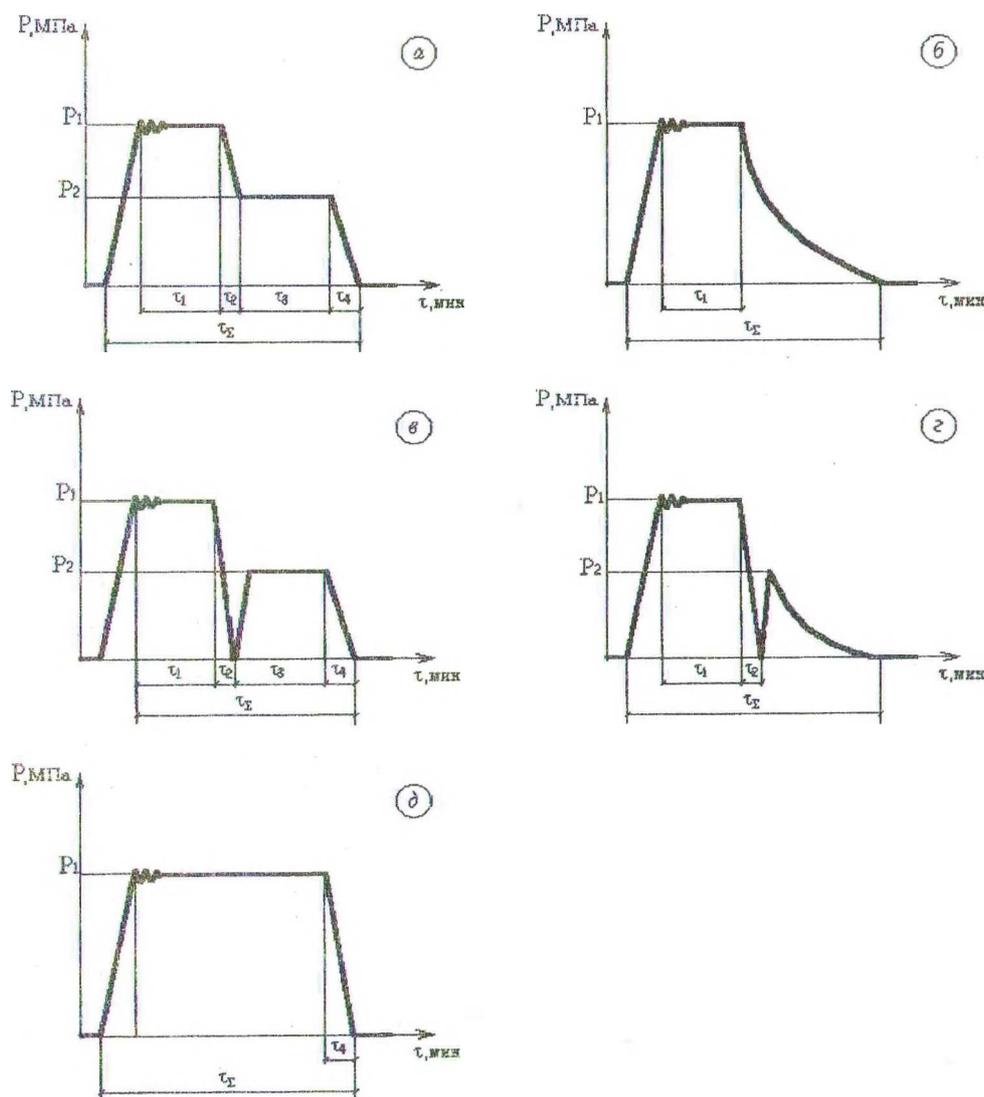


Рис. 1. Диаграммы прессования:

P — удельное давление; τ — время, $\tau_{\Sigma} = 12$ мин; $\tau_1 = 6$ мин; $\tau_2 = 1$ мин; $\tau_3 = 4$ мин; $\tau_4 = 1$ мин; $P_1 = 2,8$ МПа, $P_2 = 0,8$ МПа

В опытах было применено пять вариантов диаграмм прессования, которые представлены на рис.1. Общим для всех диаграмм является быстрое возрастание удельного давления в начальный период прессования, что должно обеспечивать максимально быструю упрессовку стружечного брикета до заданной толщины, т.е. до толщины, устанавливаемой дистанционными планками. И. А. Отлев считает, что это должно происходить в течение не более 30 с [1]. В дальнейшем, по мере снижения упругого сопротивления стружечного брикета, удельное давление прессования рекомендуется уменьшать. С одной стороны, это предохраняет дистанционные прокладки от деформирования, с другой – создает благоприятные условия для выхода из брикета избыточной влаги. Именно такой вариант изменения удельного давления прессования предусмотрен диаграммами *a* и *б* (рис.1), наиболее распространенными в настоящее время в производстве древесностружечных плит. Характерной особенностью диаграмм *в* и *г* является наличие промежуточного снижения удельного давления до нуля в середине цикла прессования. Диаграмма *д* – контрольная. Во всех опытах суммарная продолжительность прессования (τ_{Σ}) составляла 12 мин, максимальное удельное давление прессования – 2,8 МПа, температура нагревательных плит пресса – 190 °С. Результаты испытаний опытных древесностружечных плит, полученных при проведении эксперимента, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства плит

Диаграмма прессования	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, МПа	Разбухание по толщине, %
а	11,6	0,28	19,6
б	11,4	0,27	20,4
в	12,2	0,26	19,5
г	12,7	0,26	19,4
д	11,0	0,27	20,0

Анализируя данные, представленные в табл.1, отметим следующее. Физико-механические показатели, полученные при разных диаграммах прессования, имеют очень близкие значения. Различия предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты и

разбухания плит по толщине находятся в пределах ошибки эксперимента. Изменения предела прочности при изгибе более заметны. Диаграммы *a* и *b* позволяют увеличить этот показатель по сравнению с контрольной диаграммой (*d*) на 3,5-5,5 %, а диаграммы *в* и *г* — на 11,0-15,5 %. Достигнутый эффект можно объяснить тем, что диаграммы, применяемые в настоящее время в промышленности (*a* и *b*), и особенно опытные диаграммы (*в* и *г*) создают более благоприятные условия для выхода парогазовой смеси из стружечного брикета во время прессования, чем контрольная диаграмма (*d*).

Следующий этап исследований был посвящен определению условий, при которых промежуточное снижение удельного давления прессования даст наибольший эффект. За основу была принята диаграмма прессования, изображенная на рис.2.

При проведении эксперимента в качестве независимых переменных были выбраны: X_1 — продолжительность выдержки стружечного брикета под максимальным давлением $P_1=2,8$ МПа; X_2 — промежуточное давление P_2 в середине цикла прессования; X_3 — продолжительность выдержки стружечного брикета под давлением P_2 . Матрица выбранного плана (B_3) в явном виде и результаты испытаний опытных плит приведены в табл. 2.

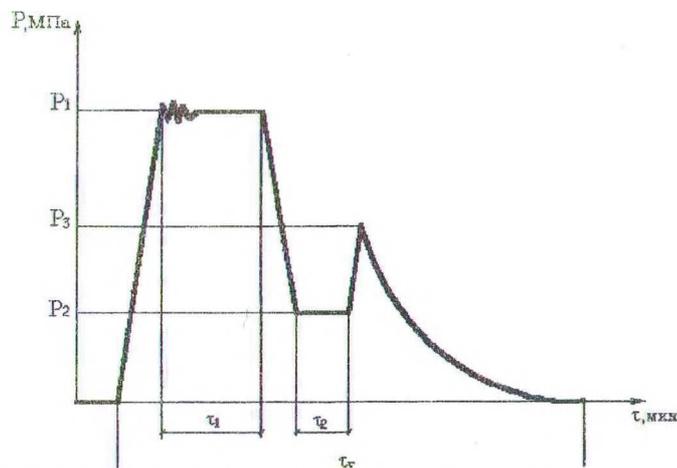


Рис. 2. Диаграмма прессования: P — удельное давление; τ — время, $\tau_1 = X_1$; $\tau_2 = X_3$; $\tau_3 = 12$ мин;
 $P_1 = 2,8$ МПа; $P_2 = X_2$; $P_3 = 0,8$ МПа

**Матрица планирования эксперимента и результаты испытаний
опытных плит**

Номер опыта	X ₁ , мин	X ₂ , МПа	X ₃ , с	Прочность при изгибе σ _и , МПа	Прочность при растяжении перпендикуля- рно пласти σ _⊥ , МПа	Разбухание по толщине Δh, %
1	9	0	0	12,1	0,27	15,4
2	5	0	0	9,6	0,19	15,4
3	9	0,6	0	11,6	0,31	14,4
4	5	0,6	0	10,0	0,25	13,6
5	9	0	60	12,0	0,21	16,0
6	5	0	60	10,5	0,25	14,6
7	9	0,6	60	10,4	0,21	16,3
8	5	0,6	60	9,7	0,25	14,6
9	9	0,3	30	12,4	0,31	13,7
10	5	0,3	30	11,8	0,25	12,6
11	7	0	30	12,2	0,25	14,5
12	7	0,6	30	10,6	0,26	13,4
13	7	0,3	0	11,2	0,28	13,0
14	7	0,3	60	10,7	0,27	15,8
15	7	0,3	30	11,2	0,22	15,3

В результате обработки опытных данных были получены полиномиальные уравнения второго порядка, адекватно описывающие зависимость предела прочности при изгибе (σ_и), предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти (σ_⊥) и разбухания по толщине (Δh) от указанных выше факторов:

$$\sigma_{и} = 11,0078 - 0,66466X_1 + 4,9042 \cdot X_2 + 0,082863 \cdot X_3 - 0,45835 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,00286 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,03296 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,0883 \cdot X_1^2 - 3,7429 \cdot X_2^2 - 0,000924 \cdot X_3^2;$$

$$\sigma_{\perp} = 0,117599 + 0,009495 \cdot X_1 + 0,27737 \cdot X_2 + 0,00348 \cdot X_3 - 0,00625 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,000465 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,001528 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,00083371 \cdot X_1^2 - 0,24075 \cdot X_2^2;$$

$$\Delta h = 9,4004 + 1,3787 \cdot X_1 - 4,417 \cdot X_2 - 0,0442 \cdot X_3 - 0,08077 \cdot X_1^2 + 5,3933 \cdot X_2^2 - 0,0010282 \cdot X_3^2.$$

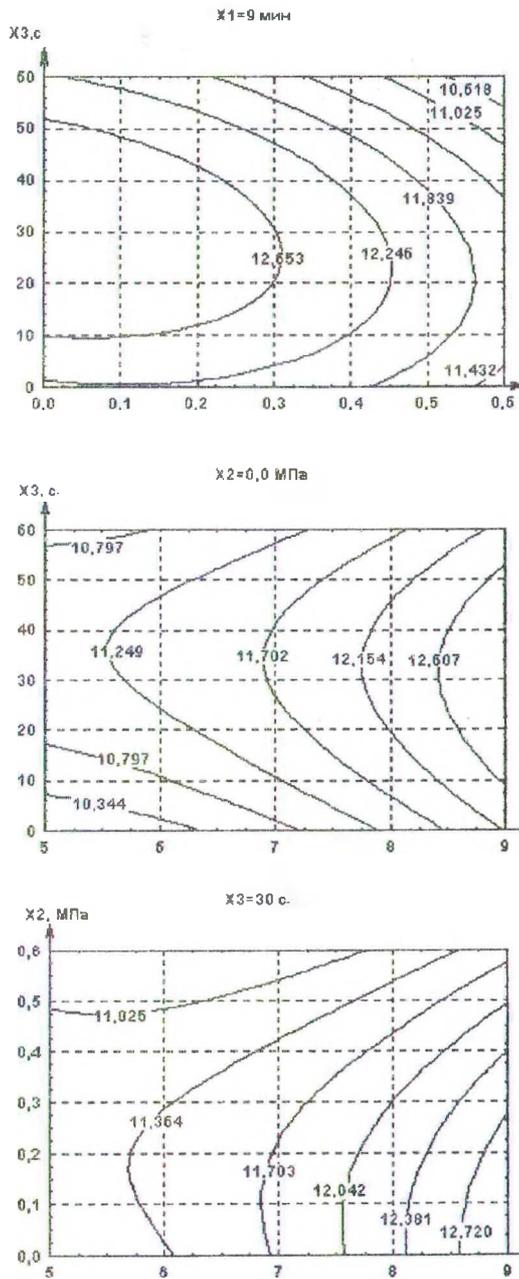


Рис. 3. Влияние параметров диаграммы прессования на показатель σ_n , МПа

На рис. 3 и 4 представлены графические зависимости физико-механических показателей древесностружечных плит от исследуемых факторов, которые были получены путем двумерных сечений поверхностей отклика.

Анализ рис. 3, 4а и 4б показывает, что для показателей прочности наиболее значимым из рассматриваемых факторов является продолжительность выдержки брикета под давлением $P_1 = 2,8$ МПа, или, что то же самое, время от начала прессования до промежуточного сброса давления. Наиболее высокие значения σ_n и σ_{\perp} получаются при $X_1 = 9$ мин. Более раннее начало снижения давления приводит к уменьшению предела прочности при изгибе на 12-14%, а предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты на 20-22 %.

Максимальное значение предела прочности при изгибе достигается при снижении давления до 0,0 МПа на время около 30 с. Чтобы получить наилучший результат прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты давление надо снижать до величины 0,4-0,5 МПа. Продолжительность выдержки брикета под этим давлением должно быть как можно

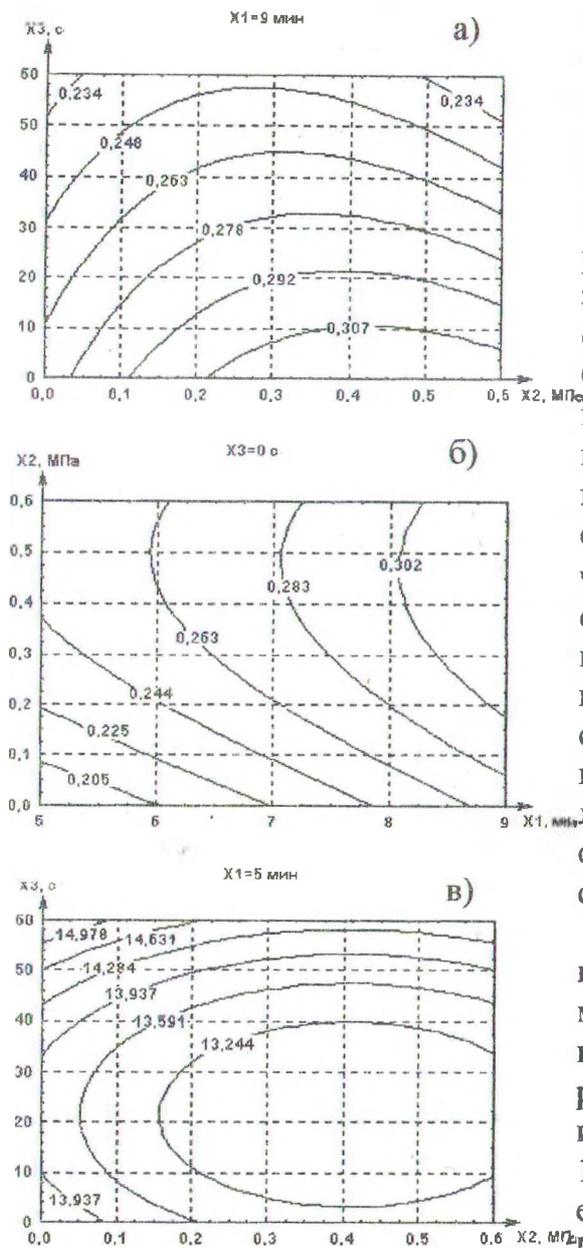


Рис. 4. Влияние параметров диаграммы прессования на показатели σ_p , МПа (а и б) и Δh , % (в)

меньше, т.е. $X_3 = 0$. Такое несоответствие, вероятно, можно объяснить следующим образом. Снижение давления в середине цикла прессования приводит к единовременному выбросу пара. Можно предположить, что это сопровождается нарушением структуры внутреннего слоя брикета, т.к. во время прессования именно там находится основное количество пара. Чем ниже давление X_2 , тем интенсивнее выход пара и ниже значение показателя σ_p . Наружные слои брикета, определяющие прочность плит при изгибе, от интенсивного выхода пара не страдают. Напротив, снижение влажности брикета создает более благоприятные условия для склеивания древесных частиц связующим.

Анализируя данные, представленные на рис. 4в, можно сказать, что во всем диапазоне варьирования факторов разбухание плит по толщине изменяется незначительно (от 13,1 до 15,4 %) и при этом остается намного ниже требований ГОСТ 10632-89 (22-33 %). Отметим, тем не менее, что наиболее высокая водостойкость плит (наименьшее значение Δh) достигается при следующих значениях исследуемых факторов: $X_1 = 5$ мин, $X_2 = 0,4$ МПа, $X_3 = 20$ с.

Оптимизационная задача для описываемого эксперимента была сформулирована следующим образом. Найти такие значения независимых переменных X_1 , X_2 и X_3 , при которых предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты был не меньше 0,28 МПа, а предел прочности при изгибе принимал бы максимально возможное значение. Решение этой задачи дало следующий результат: продолжительность выдержки стружечного брикета под давлением $P_1 = 2,8$ МПа, $X_1 = 9$ мин, промежуточное удельное давление в середине цикла прессования $X_2 = 0,2$ МПа, продолжительность выдержки стружечного брикета под этим давлением $X_3 = 20$ с. Расчетные значения физико-механических показателей плит для указанных значений факторов составили: предел прочности при изгибе $\sigma_{и} = 12,8$ МПа, предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти $\sigma_p = 0,28$ МПа, разбухание по толщине $\Delta h = 14,2$ %. Результаты испытания опытных образцов, изготовленных при этих условиях дали следующие результаты: $\sigma_{и} = 12,9$ МПа, $\sigma_p = 0,27$ МПа, $\Delta h = 14,0$ %. Хорошая сходимость расчетных и опытных значений физико-механических показателей подтверждает достоверность выполненного эксперимента.

Итогом выполненной исследовательской работы авторы статьи считают следующие выводы:

1. Кратковременное снижение удельного давления в середине цикла прессования древесностружечных плит увеличенной толщины положительно влияет на их физико-механические свойства.

2. Снижение давления следует проводить до величины 0,2 МПа. Продолжительность выдержки стружечного брикета при максимальном давлении ($P = 2,8$ МПа) составляет 9 мин, при пониженном ($X_2 = 0,2$ МПа) — 20 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отлев И.А. К методике разработки режимов прессования древесностружечных плит// Деревообр. пром-сть, 1972, №5. — С. 5-7.
2. Щедро Д.А. Исследование и разработка новых интенсифицированных режимов производства древесностружечных плит с построением оптимальных диаграмм прессования. Автореф. канд. дис. - Л., 1967.-С.17.
3. Щедро Д.А. Физические основы и направления интенсификации процесса прессования древесностружечных плит.: Обзор.информ. - М.: ВНИПИЭЛеспром, 1988.
4. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. - М.: Лесн. пром-сть, 1987.

5. Тулейко В.В., Снопков В.Б. Исследование процесса прессования древесностружечных плит увеличенной толщины // Труды Белорусского государственного технологического университета. Выпуск VII. Сер II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., БГТУ, 1999. — С. 115-122.

УДК 674.047

Л. Ф. Донченко, доцент;
Н. В. Вилейшикова, аспирантка;
В. Б. Снопков, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕРЫВИСТЫХ РЕЖИМОВ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

The results of investigation of kiln drying with discrete condition are given.

Сушка является очень важной и наиболее энергоемкой операцией в процессе обработки древесины. В среднем расход энергоресурсов на сушку составляет от 30 до 40 % от общих энергозатрат. Поэтому разработка новых энергосберегающих режимов сушки является задачей актуальной, имеющей большое практическое значение.

Целью настоящей работы было исследование прерывистых режимов сушки древесины, определение их влияния на продолжительность процесса и качество высушенных пиломатериалов.

Прерывистые режимы предусматривают работу циркуляционной системы сушильной камеры с периодическими остановками. Таким образом, сушка носит циклический характер, при котором периоды нагревания чередуются с периодами охлаждения. Во время периодов нагревания осуществляется циркуляция агента сушки при работающих калориферах. Сменяющие их периоды охлаждения обеспечиваются отключением калориферов и вентиляторов. Психрометрическая разность в активные периоды циркуляции по сравнению с обычными режимами повышена, чтобы компенсировать замедление процесса сушки в период охлаждения.

Исследование прерывистых режимов производилось в лабораторных условиях с использованием климатической камеры КТК-800. Вместимость камеры составляет 0,86 м³ полезного пространства. Поперечно-вертикальная циркуляция воздуха осуществляется с помощью двух осевых вентиляторов. Для нагрева воздуха камера оборудована электрокалорифером. Максимальная температура агента сушки в ка-