



МЕХАНІЗАЦІЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА. ДЕРЕВООБРОБКА

УДК 674.093.26

РЕЖИМИ ВИГОТОВЛЕННЯ МАЛОТОКСИЧНОЇ ФАНЕРИ НА ОСНОВІ КАРБАМІДОФОРМАЛЬДЕГІДНОЇ СМОЛИ, МОДИФІКОВАНОЇ АМОНІЙ ПЕРСУЛЬФАТОМ

Р. Й. САЛДАН,
П. А. БЕХТА, д-р техн. наук
Національний лісотехнічний університет України

Наведено результати експериментальних досліджень впливу параметрів режиму пресування на виділення вільного формальдегіду з фанери, виготовленої на основі карбамідоформальдегідної смоли, модифікованої амоній персульфатом. Отримано адекватну та відтворювану регресійну залежність виділення вільного формальдегіду з фанери від тиску, температури та тривалості пресування. Рекомендовано раціональні режимні параметри пресування фанери, використання яких забезпечить мінімальне виділення вільного формальдегіду та задовільну межу міцності під час сколювання: тиск – 1,8 МПа, температура – 140°C, тривалість – 5,7 хв.

Ключові слова: фанера, карбамідоформальдегідна смола, тиск, температура, тривалість пресування, формальдегід.

Формальдегід – отруйний газ, який виділяється з карбамідоформальдегідної смоли під час пресування та експлуатації фанери, виготовленої на її основі. Він призводить до захворювань системи дихання, шкіри і слизових оболонок, онкологічних захворювань і офіційно визнаний канцерогеном. Також викиди формальдегіду спричинюють матеріальні та фінансові збитки, пов'язані з негативними наслідками забруднення водних ресурсів і ґрунтів, зниженням врожайності сільськогосподарських культур, біопродуктивності природних комплексів тощо.

У роботах [1, 3, 4] доведено можливість виготовлення малотоксичної фанери на основі карбамідоформальдегідної смоли, модифікованої амоній персульфатом, а також наведено властивості розробленої малотоксичної клейової композиції та фанери, виготовленої на їх основі. Зокрема, встановлено, що за вмісту 1,5% амоній персульфату одержана карбамідоформальдегідна композиція характеризується задовільними властивостями та низьким вмістом вільного формальдегіду. До того ж фанера, виготовлена на її основі, характеризується високим показником межі міцності під час сколю-

вання та виділяє значно менше вільного формальдегіду, порівняно з амоній хлоридом і належить до класу емісії E1 [1, 3, 4].

Вплив амоній персульфату на виділення вільного формальдегіду з фанери у згаданих вище роботах вивчали за сталих значень параметрів пресування: тиску 1,5 МПа, температури 120°C і тривалості 8 хв. Питання, що стосуються поведінки запропонованого затверджувача у разі зміни значень параметрів режиму пресування, залишилися нез'ясованими. Водночас відомо, що навіть незначна зміна параметрів режиму пресування може суттєво вплинути на властивості як запропонованої клейової композиції, так і фанери, виготовленої на її основі, зокрема на виділення з неї вільного формальдегіду.

Тому метою досліджень було розроблення раціональних режимних параметрів виготовлення малотоксичної фанери на основі карбамідоформальдегідної смоли, модифікованої амоній персульфатом.

Для проведення досліджень використовували березовий лушаний шпон завтовшки 1,5 мм, карбамідоформальдегідну смолу марки КФС-01-МУУ. Як заміник амоній хлориду для затвердіння карбамідоформальдегідної смоли використовували амоній персульфат за вмісту 1,5%. Показники виділення вільного формальдегіду з фанери визначали методом газового аналізу згідно із ДСТУ EN 717-2:2006, зразки відбирали згідно з EN 326-1, а вміст вологи визначали згідно з EN 322.

За допомогою багатофакторного планування експерименту досліджували вплив параметрів технологічного режиму пресування (тиску, температури і тривалості) на виділення вільного формальдегіду з фанери. Як план експерименту використано трирівневий ВЗ план другого порядку. Рівні та інтервали змінування факторів у вибраному плані експерименту наведено в табл. 1.

За результатами реалізації ВЗ плану отримано адекватне та відтворюване рівняння регресії виділення вільного формальдегіду з фанери, виготовленої на основі карбамідоформальдегідної смоли, модифікованої амоній персульфатом:

$$X_{\text{форм.}} = 0,16 + 2,6 P - 0,009 T - 0,157 \tau - 0,902 P^2 + 0,000001 T^2 + 0,02 \tau^2 + 0,002 P T - 0,0024 P \tau - 0,0005 T \tau \quad (1)$$

Рівні та інтервали змінювання факторів

Назва фактора	Позначення фактора		Рівень змінювання фактора			Інтервал змінювання фактора
	натуральне	нормалізоване	нижній (-1)	основний (0)	верхній (+1)	
Тиск пресування, МПа	P	x1	1,2	1,5	1,8	0,3
Температура пресування, °C	T	x2	100	120	140	20
Тривалість пресування, хв	τ	x3	4	6	8	2

На основі рівняння регресії графічно побудовано залежність виділення вільного формальдегіду з фанери від параметрів режиму пресування, які зображено на рис. 1, 2.

Установлено, що збільшення тривалості пресування по-різному впливає на показники виділення вільного формальдегіду, оскільки зі збільшенням тривалості пресування від 4 до 6 хв. виділення вільного формальдегіду зменшується, а наступне збільшення тривалості від 6 до 8 хв., навпаки, призводить до збільшення виділення. Збільшення тривалості пресування від 4 до 6 хв. за тиску 1,2 МПа призводить до зменшення виділеного формальдегіду за температури: 100°C – на 1,6%; 120°C – на 7,7%; 140°C – на 31,3%. Наступне збільшення тривалості пресування від 6 до 8 хв. за тиску 1,2 МПа, навпаки, призводить до збільшення виділення вільного формальдегіду за температури: 100°C – на 26,2%; 120°C – на 30,8%; 140°C – на 62,5% (рис. 1).

Під час пресування фанери за тиску 1,2 МПа з підвищенням температури пресування від 100 до 140°C виділення вільного формальдегіду зменшу-

ється за тривалості: 4 хв – у 3,0 рази; 6 хв. – у 3,8 рази; 8 хв. – у 3,0 рази (див. рис. 1).

Отже, вплив температури і тривалості пресування на виділення вільного формальдегіду з фанери є різним. Підвищення температури пресування від 100 до 140°C забезпечує зменшення виділення формальдегіду, а збільшення тривалості від 6 до 8 хв. збільшує і його виділення.

Підвищення температури пресування призводить до поглиблення процесу затвердіння карбамідформальдегідної смоли, реакції поліконденсації та полімеризації проходять до кінця, внаслідок чого у самій смоли немає частинок непрореагованого формальдегіду, що зменшує токсичність фанери, а виділення вільного формальдегіду з неї є незначним. Окрім того, висока температура (понад 100°C) сприяє утворенню полімеризаційного зшивання між макромолекулами смоли та амоній персульфату.

З підвищенням тривалості пресування від 4 до 6 хв. зростає рухливість макромолекул полімеру та збільшується когезійний зв'язок, унаслідок чого зменшується виділення формальдегіду. Однак надмірно висока тривалість пресування (від 6 до 8 хв.)

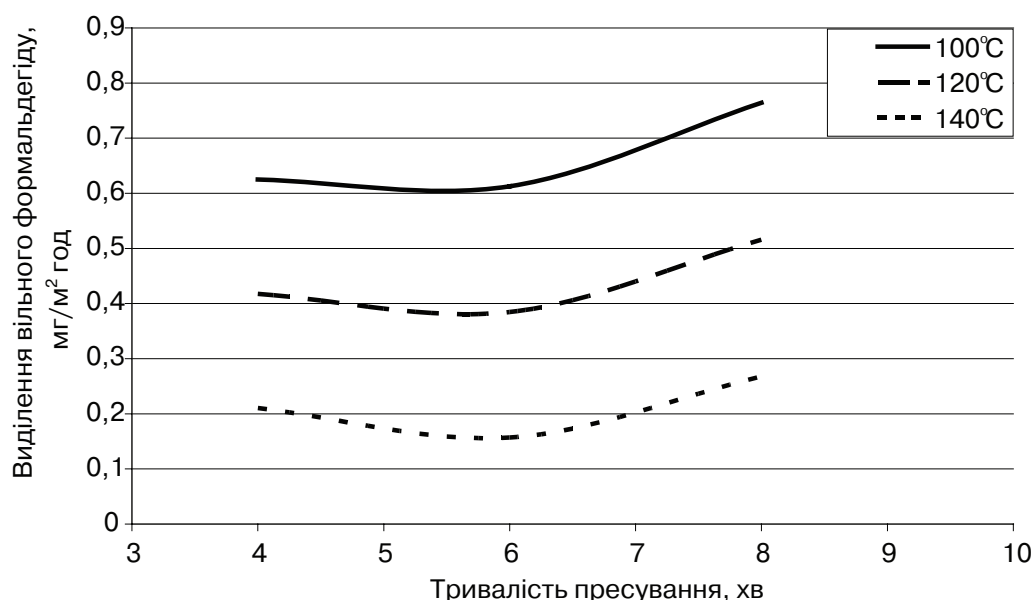


Рис. 1 – Залежність виділення вільного формальдегіду з фанери від тривалості й температури за тиску пресування 1,2 МПа

призводить до деструкційних процесів у смолі, внаслідок чого збільшується частина непрореагованого формальдегіду, що призводить до збільшення виділення формальдегіду з фанери.

Значною мірою на виділення вільного формальдегіду з фанери впливає тиск пресування. З підвищенням тиску пресування від 1,2 до 1,5 МПа виділення вільного формальдегіду з фанери збільшується, а при наступному підвищенні тиску від 1,5 до 1,8 МПа – зменшується. У діапазоні тиску 1,2 – 1,5 МПа приріст збільшення виділення вільного формальдегіду є значно меншим, порівняно із приростом зменшення виділення формальдегіду в діапазоні 1,5 – 1,8 МПа, що свідчить про важкість дифузії вільного формальдегіду із клейового шару.

За тривалості пресування 4 хв. з підвищенням тиску пресування від 1,2 до 1,5 МПа виділення вільного формальдегіду збільшується за температури: 100°C – на 8,1%; 120°C – на 11,9%; 140°C – на 28,6% (рис. 2). Водночас за такої тривалості пресування підвищення тиску пресування від 1,5 до 1,8 МПа призводить до зменшення виділення вільного формальдегіду, а саме за температури: 100°C – на 19,6%; 120°C – на 30,6%; 140°C – на 68,8%. Як можна побачити з наведених значень, збільшення виділення формальдегіду в діапазоні тиску 1,2–1,5 МПа відбувається менш інтенсивно, ніж його зменшення у діапазоні 1,5 – 1,8 МПа.

З підвищенням тиску пресування від 1,2 до 1,5 МПа виділення формальдегіду збільшується, а з наступним підвищенням тиску від 1,5 до 1,8 МПа, навпаки, зменшується. Це відбувається внаслідок того, що в діапазоні тиску 1,2 –

1,5 МПа немає необхідного контакту склеювальних поверхонь і не відбувається достатнього зближення листів шпону одного з одним. Унаслідок цього шляхів виділення вільного формальдегіду є значно більше, порівняно з діапазоном тиску 1,5–1,8 МПа. Окрім того, під час пресування фанери за тиску 1,2–1,5 МПа товщина клейового шару є більша, ніж за тиску 1,5–1,8 МПа, тому в такому шарі є значно більше мікрodefektів, через які виділяється формальдегід.

У діапазоні тиску 1,2–1,5 МПа приріст збільшення виділення вільного формальдегіду є значно меншим, порівняно із приростом зменшення виділення формальдегіду у діапазоні 1,5–1,8 МПа, що свідчить про важкість дифузії вільного формальдегіду із клейового шару. Під час тиску 1,8 МПа сили пресування є значно більшими, порівняно із тиском 1,2 та 1,5 МПа, тому збільшується площа склеювальних поверхонь, підвищується адгезійна взаємодія між клеєм і деревиною, частина формальдегіду виділяється під дією сил пресування. Окрім того, зменшується товщина клейового шару, а внаслідок зменшення надлишку клею зменшується виділення вільного формальдегіду.

Подібний характер зміни виділення вільного формальдегіду з фанери спостерігається й під час пресування за тиску 1,5 та 1,8 МПа та тривалості 6 і 8 хв.

У роботі [2] за результатами реалізації ВЗ плану отримано адекватне та відтворюване рівняння регресії межі міцності під час сколювання фанери, виготовленої на основі карбамідформальдегідної смоли, модифікованої амоній персульфатом:

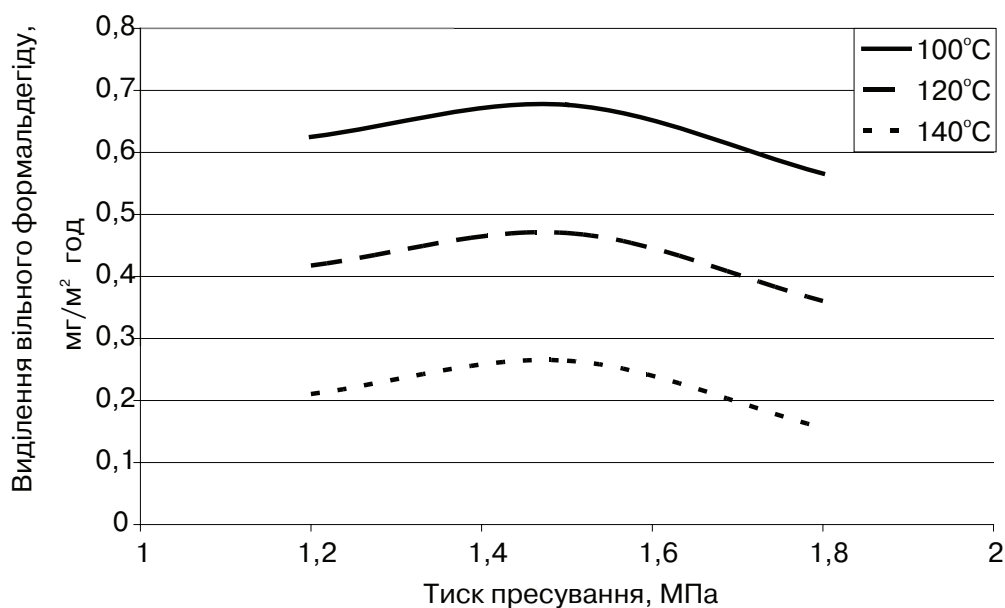


Рис. 2 – Залежності виділення вільного формальдегіду з фанери від тиску й температури за тривалості пресування 4 хв.

$$\sigma_{\text{ск}} = -11,586 + 4,02 P + 0,141 T + 0,919 \tau - 1,182 P^2 - 0,001 T^2 - 0,0775 \tau^2 - 0,001 PT - 0,048 P\tau - 0,00001 T\tau \quad (2)$$

На основі отриманих рівнянь регресії (1), (2) проведено пошук раціональних параметрів пресування фанери, за яких спостерігаються задовільні показники межі міцності під час сколювання та мінімальні показники виділення формальдегіду. Для цього основним критерієм пошуку раціональних параметрів було обрано виділення вільного формальдегіду, значення якого прямувало до мінімуму, а для межі міцності під час сколювання фанери встановлювалося обмеження:

$$\sigma_{\text{ск}} \geq 2,2 \text{ МПа} \quad (3)$$

Отже, для виготовлення фанери на основі карбамідоформальдегідної смоли, модифікованої амоній персульфатом, з мінімальним виділенням вільного формальдегіду (0,1 мг/м²·год) і задовільною межею міцності під час сколювання (3,01 МПа) можна рекомендувати такі режимні параметри пресування: тиск – 1,8 МПа, температуру – 140°C, тривалість – 5,7 хв.

ВИСНОВКИ

Виділення вільного формальдегіду з фанери, виготовленої на основі карбамідоформальдегідної смоли, модифікованої амоній персульфатом, суттєво залежить від умов пресування. З підвищенням тиску пресування від 1,2 до 1,5 МПа, температури – від 100 до 140°C і тривалості – від 4 до 6 хв. виділення вільного формальдегіду з фанери спочатку зменшується, а при підвищенні тиску від 1,5 до 1,8 МПа і тривалості від 6 до 8 хв – збільшується. Фанера з мінімальним виділенням вільного формальдегіду та задовільним показником межі міцності під час сколювання утворюється за таких режимів пресування: тиск – 1,8 МПа, температура – 140°C, тривалість – 5,7 хв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. **Бехта П. А.** Аналіз методів визначення токсичності фанери. / П. А. Бехта, Р. Й. Салдан // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України, 2010. – Вип. 20.5 – С. 106 – 109.
2. **Бехта П. А.** Розроблення режимів пресування фанери, виготовленої на основі малотоксичних клейових композицій / П. А. Бехта, Р. Й. Салдан // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України, 2010. – Вип. 20.10. – С. 63 – 67.
3. **Бехта П. А.** Щодо впливу різного типу застверджувачів на властивості карбамідоформальдегідних клеїв і фанери на їх основі / П. А. Бехта, Р. Й. Салдан // Науковий вісник Нац. аграрн. ун-ту

/ Лісівництво. Декоративне садівництво/ Редкол.: Д. О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К.: НАУ, 2007. – Вип. 113. – С. 328 – 331.

4. **Bekhta P.** Hardeners of UF glues for manufacturing low-toxic plywood / P. Bekhta, R. Saldan // Adhesives in woodworking industry: Proceedings of XIX Symposium. – Slovakia, Zvolen, 2009. – Pp. 74 – 78.

MODES OF FABRICATION OF LOW-TOXIC PLYWOOD ON THE BASIS OF AMINO-FORMALDEHYDE RESIN, MODIFIED BY AMMONIUM PERSULPHATE

SALDAN R. J., BEKHTA P. A., Dr Habil
National Forest Technical University of Ukraine

Results of experimental researches of influence of pressing mode parameters on release of free formaldehyde from plywood, made on the basis of amino-formaldehyde resin, modified by ammonium persulphate, are presented. Adequate and reproduced regressive dependence of free formaldehyde release from plywood from pressure, temperature and pressing duration is obtained. Parameters of rational regime of plywood pressing are recommended. Their use will provide the minimum release of free formaldehyde and satisfactory limit of strength during splitting off: pressure – 1,8 Mpa, temperature – 140 °s, duration – 5,7 minutes.

Keywords: plywood, amino-formaldehyde resin, pressure, temperature, pressing duration, formaldehyde.

РЕЖИМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
МАЛОТОКСИЧНОЙ ФАНЕРЫ НА ОСНОВЕ
КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ,
МОДИФИЦИРОВАННОЙ АММОНИЙ
ПЕРСУЛЬФАТОМ

Р. И. САЛДАН, П. А. БЕХТА, д-р техн. наук
Национальный лесотехнический университет
Украины

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния параметров режима прессования на выделение свободного формальдегида из фанеры, изготовленной на основе карбамидоформальдегидной смолы, модифицированной амоний персульфатом. Получена адекватная и воспроизводимая регрессионная зависимость выделения свободного формальдегида из фанеры от давления, температуры и продолжительности прессования. Рекомендованы рациональные режимные параметры прессования фанеры, применение которых обеспечит минимальное выделение свободного формальдегида и удовлетворительный предел прочности при сколе: давление – 1,8 МПа, температура – 140°C, продолжительность – 5,7 минут.

Ключевые слова: фанера, карбамидоформальдегидная смола, давление, температура, продолжительность прессования, формальдегид.