

кучості (T_T) і температури деструкції (T_d). У табл. 1 наведено температури текучості і деструкції деяких термопластів, які можуть використовуватися при виготовленні ДПМ.

Такі високі температури негативно впливають на фізико-механічні властивості деревини. Розклад високомолекулярних компонентів деревини починається при температурах дещо вищих 100 °С, однак до температури 150 °С швидкість розкладу незначна – у межах цих температур з деревини відганяється практично чиста вода. Вище температури 150 °С з помітною швидкістю починають розкладатися геміцелюлози деревини, інтенсивність розкладу яких найбільша у межах 200–270 °С. Також у межах 220–270 °С починається деструкція целюлози. Спочатку спостерігається зменшення ступеня полімеризації, незначна зміна хімічної будови складових ланок і надмолекулярної структури. При температурах 270–280 °С починається швидкий екзотермічний процес розкладу целюлози з інтенсивною втратою маси. При подальшому підвищенні починається розклад лігніну.

Табл. 1. Температури текучості та деструкції

Термопласти	Температура текучості, °С	Температура деструкції, °С
Поліетилен низького тиску (ПЕНТ)	170	300
Поліетилен високого тиску (ПЕВТ)	190	310
Поліпропілен (ПП)	220	300
Полістирол (ПС)	210	320

Отже, використання температур вищих 220–250 °С буде негативно впливати на фізико-механічні властивості деревини і, відповідно, ДПМ. При тривалій дії високої температури спостерігається зміна кольору, а також можливе обуглення деревини, що є негативним фактором.

Література

1. Суберляк О.В., Бе П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. Підручник. – Львів: Вид-во "Растр-7", 2007. – 376 с.
2. Гупало О.П., Тушницький О.П. Хімія деревини. Навч. посібн. / Львів, 1997 – 197 с.
3. Мишак В.Д., Анненков В.Ф., Мельник І.П., Лебедєв Є.В., Мамуня Є.П. Вплив модифікуючих добавок на властивості деревно-полімерних матеріалів // Ліс. госп-во, ліс., пап. і деревооброб. пром-сть. – 1988, №3. - С. 36-37.

УДК 674. 028.1

Магістр Л.І. Коваль - НЛТУ України

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЗУБЧАСТОГО З'ЄДНАННЯ НА СТАТИЧНИЙ ЗГИН

Наведено результати дослідження міцності зубчастих шипових з'єднань при статичному згині та проведено оптимізацію об'єкта досліджень.

Ключові слова: зубчасте з'єднання, міцність на згин, математична модель.

Master's L.I. Koval – NUFWT of Ukraine

Research of durability of toothed connection is on static bend

In the article the results of research of durability of toothed connections of thorns are resulted at a static bend and optimization of object of researches is conducted.

Key words: toothed connection, durability on a bend, mathematical model.

Якісної деревини стає все менше, і розумний шлях в цій ситуації — повніше використання сировини, підвищення якості виробів з допомогою сучасних роботизованих технологій [3-5] та процесів склеювання. Склеювання брускових заготовок на практиці здійснюється для збільшення розмірів заготовок за довжиною, шириною та товщиною. У такий спосіб краще використовується бездефектна частина пиломатеріалів, але міцність склеєної заготовки не повинна поступатися міцності масивної деревини. Сьогодні в деревообробній промисловості для зрощування заготовок використовуються зубчасті шипові з'єднання. Вони застосовуються при виготовленні столярно-будівельних виробів, в виробництві меблів і для виготовлення клеєного щита з масивної деревини [1, 2, 6].

Мета дослідження — експериментально дослідити вплив на міцність зубчастого з'єднання при згині таких технологічних параметрів: витрата клею, торцеве зусилля складання і величина затуплення вершини зубчастого шипа.

Задачею дослідження є отримання, в результаті обробки експериментальних даних, математичної моделі, яка буде описувати залежність зміни вихідної величини від зміни вхідних факторів, і проведення оптимізації. На міцність зубчастого шипового з'єднання на згин впливає велика кількість факторів.

Перш за все, міцність зубчастого з'єднання буде залежати від деревини з якої воно виготовлено. Тут слід відмітити такі фактори впливу: порода деревини, вологість заготовок, щільність деревини, напрям річних кілець (спосіб розпилювання), шорсткість поверхні. Другим чинником, який має значний вплив на міцність зубчастого шипового з'єднання, є клей. Міцність з'єднання буде залежати від виду клею, його рецептури і в'язкості, а також від глибини нанесення клею. Також важливий вплив на міцність зубчастого з'єднання мають параметри самого зубчастого шипа: довжина шипа, крок між шипами, величина скосу, величина затуплення вершини шипа, люз в з'єднанні.

Міцність зубчастого шипового з'єднання також залежить від прикладеного торцевого зусилля складання. Вплив на міцність зубчастого з'єднання чинять і кліматичні умови, в яких воно виготовлено, зокрема, температура і вологість повітря в приміщенні лабораторії або цеху.

Дослідження міцності шипового з'єднання проводилося при таких значеннях параметрів:

- змінні фактори: а) витрата клею клею Jowat $q=130...170$ г/м²; б) зусилля складання для заготовок із сосни $P=5...7$ МПа; в) величина затуплення вершини шипа $z=0,8...1,2$ мм;
- незмінні: а) порода — сосна; б) довжина шипа $l=20$ мм; в) крок між шипами $t=6$ мм; г) люз в з'єднанні $K=3$ %; г) переріз ламелі 45×50 мм; д) клей — Jowat; е) в'язкість клею за ВЗ-4 $50...60$ с; є) глибина нанесення клею — не менше $4/5$ довжини шипа; ж) вологість заготовок $W=10$ %; з) щільність деревини $\rho=350...450$ кг/м³; и) шорсткість поверхні $R_{m\ max}=200$ мкм; і) спосіб розпилювання — деревина радіального і напіврадіального розпилювання;
- контрольовані: а) температура повітря в цеху $t=18...20$ °С; б) вологість повітря в цеху $\phi=60...70$ %; в) сортність деревини — для хвойних не нижче 2-го; г) час витримки під навантаженням $t=5$ с.

Опрацювавши результати пошукового експерименту при випробуванні на згин отримали такі результати:

1. Визначено такі основні статистичні показники даних пошукового експерименту: $y_{\max}=47$ МПа; $y_{\min}=40,1$ МПа; $y_{\text{ср}}=43,59$ МПа; $S^2=3,91$; $S=1,98$; $V=4,54$; $S_y=0,18$; $P=0,414$ %.

2. Встановлено (з допомогою критерію Пірсона), що вихідна величина підпадає під закон нормального розподілу, оскільки $\chi^2_{\text{розр}}=6,51 < 9,49=\chi^2_{\text{табл.}}$

3. Визначено, що при проведенні основного експерименту потрібно проводити по п'ять дубльованих спостережень для кожного досліду.

Експериментальні дослідження проводилися згідно В-плану. Для трьох змінних факторів кількість дослідів В-плану дорівнює $N=2^3+2*3=14$. Оскільки на основі пошукового експерименту визначено, що в кожному досліді необхідно провести п'ять спостережень, то загальна кількість спостережень в експерименті дорівнює $14*5=70$. Щоб уникнути систематичних помилок, усі спостереження проводимо у порядку, визначеному на основі генерації випадкових чисел (табл. 1).

За експериментальними даними отримано такі результати:

1. Встановлено, що в одержаних вибірках відсутні грубі промахи, оскільки розрахунковий критерій Стюдента і-тої вибірки менший за його табличне значення $t_{\text{розр } i} < t_{\text{табл}}$

2. Визначено середні значення і дисперсії вибірок, а також встановлено, що дисперсії вибірок є однорідними, оскільки $G_p=0,23 < 0,26=G_{\text{табл.}}$

3. Розраховано коефіцієнти рівняння регресії і отримано такі їх значення:

$$b_0=47,7; b_1=1,54; b_2=2,29; b_3=-1,09; b_{11}=-1,85; \\ b_{22}=-0,86; b_{33}=-1,25; b_{12}=0,72; b_{13}=0,08; b_{23}=0,12.$$

4. Встановлено, що всі коефіцієнти є значущими.

5. Встановлено (за критерієм Фішера), що отримана модель є адекватною, оскільки $F_{\text{розр.}}=2,06 < F_{\text{табл}}=2,546$, і може використовуватись для опису об'єкта досліджень.

7. Отримано рівняння регресії в кодованих і натуральних значеннях:

$$y = 47,7 + 1,54x_1 + 2,29x_2 - 1,09x_3 - 1,85x_1^2 - 0,86x_2^2 - 1,25x_3^2 + 0,72x_1x_2 + \\ + 0,08x_1x_3 + 0,12x_2x_3 \quad (1)$$

$$\sigma = -99,41 + 1,23q + 6,61P + 50,45z - 4,6 \cdot 10^{-3} q^2 - 0,86P^2 - 31,25z^2 + \\ + 0,036qP + 0,02qz + 0,6Pz \quad (2)$$

8. Встановлено, що найбільше на міцність зубчастого з'єднання на згин впливає витрата клею, а найменше величина затуплення вершини шипа. При цьому вплив витрати клею і зусилля пресування на міцність при згині є позитивним (із їх збільшенням збільшується міцність), а при збільшенні величини затуплення міцність на розтяг зменшується.

За отриманою математичною моделлю побудовано графічні залежності зміни міцності зубчастого з'єднання в залежності від зміни вхідних факторів. З графічних залежностей чітко видно, що при збільшенні зусилля пресування міцність з'єднання на згин збільшується (рис. 1). Це пов'язано з тим, що при збільшенні зусилля пресування збільшується контакт між деревиною, що призводить до збільшення ефекту самозаклинювання. При збільшенні величини затуплення міцність на згин не значно збільшується до значення затуплення 1 мм, а далі починає різко зменшуватися (рис. 2). При збільшенні витрати клею міцність на згин спочатку збільшується, а потім починає зменшуватися (рис. 3). Зменшення міцності на згин зубчастого з'єднання при збільшенні витрати клею пов'язано з тим, що наявність більшої кількості клею зменшує контакт між деревиною і, тим самим, погіршує ефект самозаклинювання.

Аналізуючи графічні залежності, встановлено, що максимальної міцності зубчастого з'єднання на згин $\sigma=49,54$ МПа можна досягти при таких значеннях вхідних факторів: $x_1=1$ ($q=170$ г/м²), $x_2=1$ ($P=7$ МПа), $x_3=0$ ($z=1,0$ мм).

Скориставшись функцією „Поиск решения...”, середовище Excel, при початкових наближеннях $x_1=1$; $x_2=1$; $x_3=0$, отримано, що максимальної міцності з'єднання на згин $\sigma=49,99$ МПа можна досягти при таких значеннях вхідних факторів: $x_1=0,6$ ($q=162$ г/м²), $x_2=1$ ($P=7$ МПа), $x_3=-0,37$ ($z=0,93$ мм).

Табл.1. Матриця В-плану для трьох змінних факторів

№ дослідів		Значення вхідних факторів у досліді						Порядковий номер i -того спостереження в j -тому досліді				
		У натуральному позначенні			У кодованому позначенні							
		q	P	z	x_1	x_2	x_3	1	2	3	4	5
ПФП 2^k	1	130	5	0,8	-1	-1	-1	7	26	36	8	25
	2	170	5	0,8	+1	-1	-1	32	9	35	16	6
	3	130	7	0,8	-1	+1	-1	13	23	20	5	2
	4	170	7	0,8	+1	+1	-1	18	29	14	27	17
	5	130	5	1,2	-1	-1	+1	21	30	37	3	39
	6	170	5	1,2	+1	-1	+1	4	12	33	24	1
	7	130	7	1,2	-1	+1	+1	10	11	28	22	19
	8	170	7	1,2	+1	+1	+1	31	38	15	34	40
Зіркові точки	9	130	6	1,0	-1	0	0	12	25	24	5	14
	10	170	6	1,0	+1	0	0	28	17	4	22	1
	11	150	5	1,0	0	-1	0	15	10	21	6	27
	12	150	7	1,0	0	+1	0	8	29	13	2	18
	13	150	6	0,8	0	0	-1	9	23	11	30	26
	14	150	6	1,2	0	0	+1	20	3	19	16	7

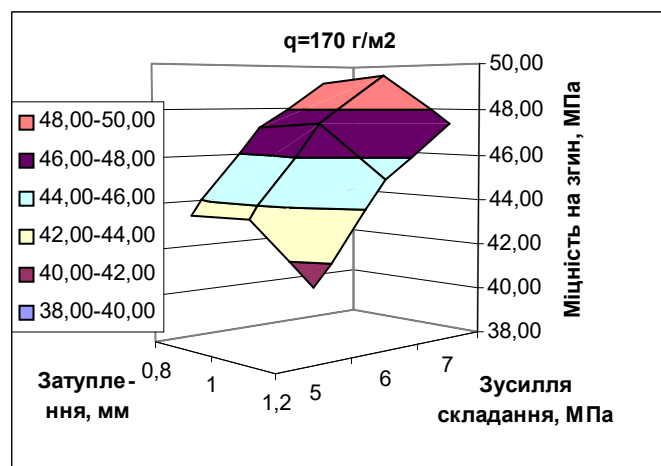
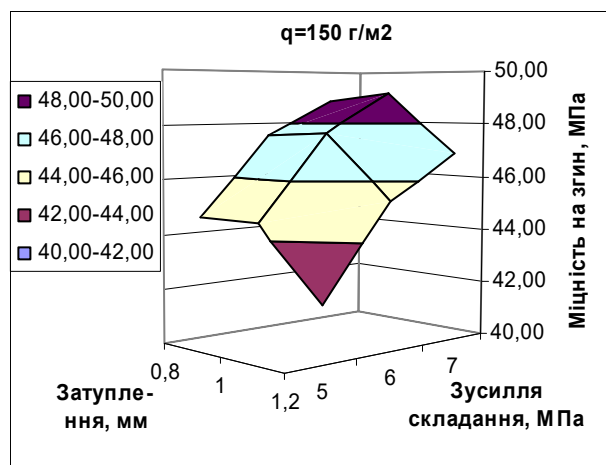
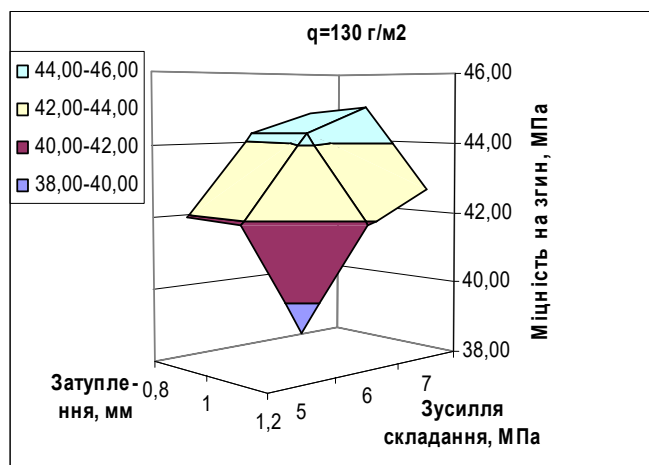
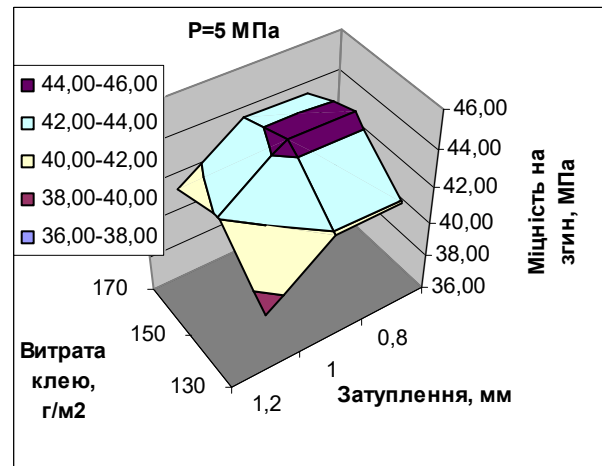
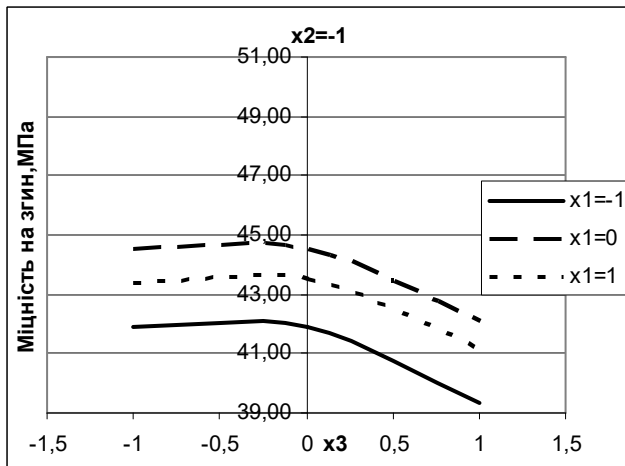
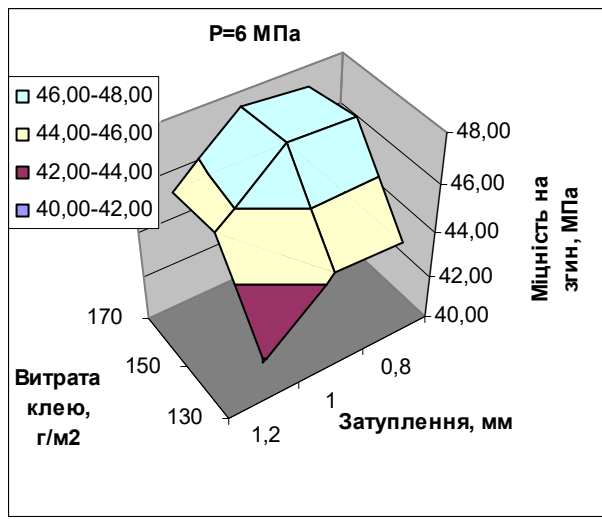
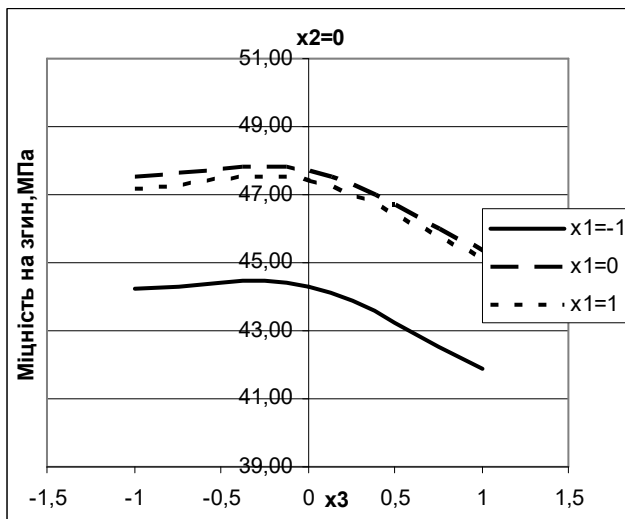


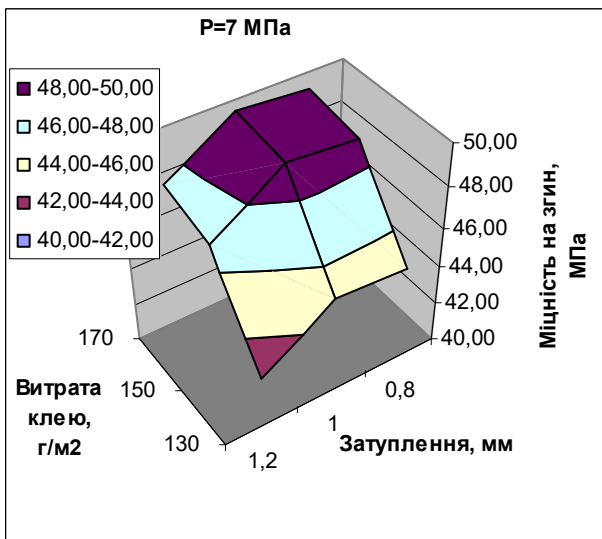
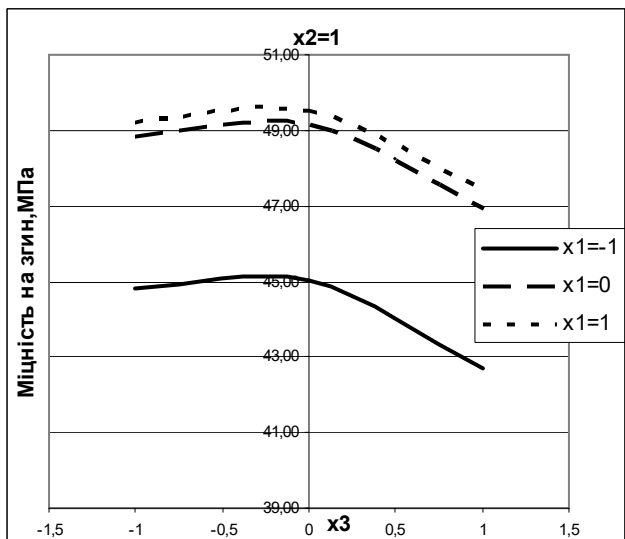
Рис. 1. Графічні залежності в натуральних значеннях:
а) при $q=130$ г/м²;
б) при $q=150$ г/м²;
в) при $q=170$ г/м².



а)

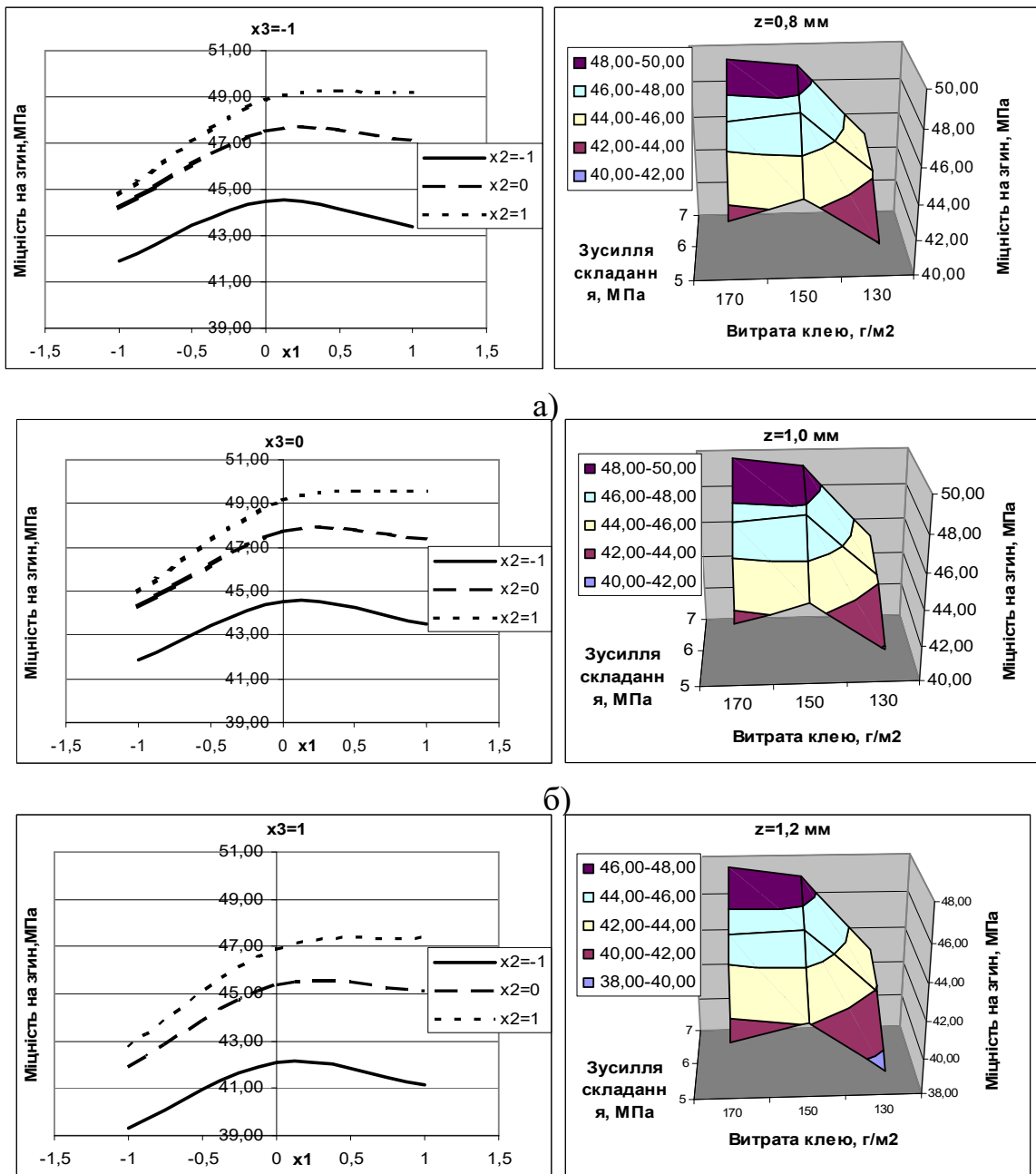


б)



в)

Рис. 2. Графічні залежності в кодованих і натуральних значеннях:
 а) при $x_2 = -1$ ($P = 5$ МПа); б) при $x_2 = 0$ ($P = 6$ МПа); в) при $x_2 = 1$ ($P = 7$ МПа)



В

Рис. 3. Графічні залежності в кодованих і натуральних значеннях:

а) при $x_3 = -1$ ($z = 0,8$ мм); б) при $x_3 = 0$ ($z = 1,0$ мм); в) при $x_3 = 1$ ($z = 1,2$ мм)

Література

1. Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г. Прокопович Б.В. Тлумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 р.
2. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи створення ГАВ. – Львів: ВМС. – 1998, – 149 с.
3. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи робототехніки. – Львів: ВМС. – 1998, – 145 с.
4. Гайда С.В. Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України / Науковий вісник УкрДЛТУ / наук.-зб. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5 – С. 38-40.
5. Gayda S.V. (2001): Раціональне конструювання виробів з деревини / Rational constructing of wood Productss. Lviv: BMC. – 93 p. (in Ukr.).
6. Gayda S.V. (2000): Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Production of wood Productss. Lviv: BMC. – 160 p. (in Ukr.).