



ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛТЕТ „ГОРСКА ПРОМИШЛЕННОСТ“
КАТЕДРА „ПРОИЗВОДСТВО НА МЕБЕЛИ“



маг. инж. РОСТИСЛАВ БОЖИДАРОВ БОЖКОВ

**ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВАТА НА МАТЕРИАЛИТЕ
ВЪРХУ МЕКОСТТА НА ТАПИЦИРАНИТЕ МЕБЕЛИ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна
и научна степен „доктор“

Област на висшето образование: 5. „Технически науки“

Професионално направление: 5.13. „Общо инженерство“

Научна специалност: „Технология, механизация и автоматизация
на дървообработващата и мебелната промишленост“

Научен ръководител: доц. д-р инж. Янчо Генчев Генчев

Рецензенти: проф. д-р инж.-диз. Павлина Минкова Воденова
проф. д-р инж. Панайот Ангелов Панайотов

София, 2025

Дисертационният труд съдържа 116 страници, 16 таблици и 42 фигури в текста. Използваната литература включва 82 източници, от които 25 на кирилица, 57 на латиница.

Настоящата дисертационна работа е разработена по време на задочна форма на докторантско обучение към катедра „Производство на мебели“ на факултет „Горска промишленост“ към Лесотехническия университет в София. Всички изследвания по дисертационния труд са проведени от дисертанта в лабораториите на Лесотехническия университет – София.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 20.10.2025 г. от 13.00 часа в зала „Акад. М. Даков“, сграда А на ЛТУ, София, на открито заседание на научно жури, утвърдено със заповед на ректора на ЛТУ № ЗПС-228/23.04.2025 г. в състав:

Председател: доц. д-р инж. Нели Николова Станева – вътрешен

Членове: д-р инж.-диз. Павлина Минкова Воденова – вътрешен
проф. д-р Веселин Стаменов Брезин – външен
проф. д-р инж. Панайот Ангелов Панайотов – външен
проф. д-тн инж. Ненчо Станев Делийски – външен

Резервни членове: проф. д-р инж. Димитър Христов Ангелски – вътрешен
доц. д-р арх. Пламен Петров Петров – външен

Материалите по защитата на дисертацията (автореферат, рецензии и становища) са на разположение на заинтересованите на интернет страницата на Лесотехническия университет, София – <http://www.ltu.bg/>, както и в деканата на факултет „Горска промишленост“ – кабинет 221, сграда А, бул. „Климент Охридски“ № 10, София.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност. Елементи от конструкцията на мебелите, на които с помощта на еластични материали им е придадена способността да се деформират при натоварване и еластично да възстановяват формата си при прекратяване на натоварването, са тапицирани елементи.

Тапицираните мебели се класифицират като такива, когато структурата им е изградена от преобладаващо количество тапицирани елементи.

През последните две десетилетия у нас в производството на материали за тапицирани мебели се наблюдава голямо развитие.

Все повече приложение при производството на тапицирани мебели намират трудногоримите пенополиуретани, които отговарят на европейските стандарти за опазване здравето на хората и са задължителни при производството на тапицирани мебели за обществени сгради, градски транспорт и други.

Към настоящия момент няма актуални публикувани изследвания на деформационното поведение на тапицерски структури, изградени от трудногорими пенополиуретани (в комбинация с конвенционални пенополиуретани и други материали) и тяхното влияние върху мекостта на тапицираните мебели.

До момента не е изяснено по безспорен начин влиянието на дебелината на материалите върху стойността на критериите, характеризиращи деформационното им поведение в структурата на тапицерията.

Предмет на изследването на настоящия дисертационен труд е изменение показателите на мекост и деформационните характеристики на тапицерията при промяна на физико-механичните и еластичните свойства, дебелината и броя на вложените материали при изграждането на пружиниращата част на тапицерската структура.

Обект на експерименталните изследвания са тапицерски структури с шест различни варианта на изграждане на пружиниращата ѝ част, които се използват при производството на съвременните мебели за седене.

Цел и задачи на дисертационния труд. Целта на настоящия дисертационен труд е изследване на изменението на показателите на мекост и деформационните характеристики на тапицерията при промяна на физико-механичните и еластични свойства, дебелината и броя

на вложените материали при изграждането на пружиниращата част на тапицерската структура.

За постигане на така формулираната цел е необходимо да се изпълнят следните задачи:

1. Да се изследва физико-механичните и еластични свойства на трудногорим полиуретан (СМЕ 3025, СМЕ 3530) и на конвенционален полиуретан (N 3030, N 3540) и да се установи влиянието на дебелината им върху основните показатели на мекост на тапицерската структура – начална мекост (M_n), обща деформация на облегалката ($D_{o.o.}$), обща деформация на седалката ($D_{o.c.}$), коефициент на мекост на облегалката ($K_{m.o.}$) и коефициент на мекост на седалката ($K_{m.c.}$).

2. Да се определи влиянието на броя слоеве полиестерна вата върху основните показатели на мекост на тапицерската структура – начална мекост (M_n), обща деформация на облегалката ($D_{o.o.}$), обща деформация на седалката ($D_{o.c.}$), коефициент на мекост на облегалката ($K_{m.o.}$) и коефициент на мекост на седалката ($K_{m.c.}$).

3. Да се определи влиянието на дебелината на слоя тапицерска вложка върху основните показатели на мекост на тапицерската структура – начална мекост (M_n), обща деформация на облегалката ($D_{o.o.}$), обща деформация на седалката ($D_{o.c.}$), коефициент на мекост на облегалката ($K_{m.o.}$) и коефициент на мекост на седалката ($K_{m.c.}$);

4. Да се изследва деформационното поведение на шест вида тапицерия с различна структура и установяване влиянието на отделните параметри върху мекостта.

5. Да се проведат на многофакторни експериментални изследвания на влиянието на свойствата на материалите, изграждащи тапицерските структури върху мекостта на тапицираните мебели.

Публикации по дисертационния труд

Основните резултати от дисертационния труд са представени в 4 (четири) броя научни публикации, списък на които е приложен в края на автореферата.

Номерацията на използваните в автореферата таблици, фигури и формули е идентичен с тази в дисертационния труд.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА I. СЪСТОЯНИЕ НА ВЪПРОСА

Въз основа на направеното литературно проучване на изследванията на свойствата и материалите, използвани в структурата на тапицираните мебели, може да се направят следните изводи:

1. В голяма част от публикациите, отнасящи се към мекостта на тапицираните мебели, е посочено голямото влияние на параметрите на отделните тапицерски материали, използвани в изграждането на тапицерската структура. Установено е, че едни от най-важните показатели на структурната характеристика на тапицериата са:

- видът на основата;
- видът на пружиниращата част;
- плътността и дебелината на всеки отделен слой материал, използван в изграждането на структурата на тапицериата;
- връзката между пружиниращата част и материалите, използвани за пълнеж и облицовка.

2. В настоящия момент няма публикувани актуални комплексни изследвания на тапицерската структура изградена от съвременни материали, произвеждани и разпространени на пазара в настоящия момент и нейното влияние върху мекостта на тапицираните мебели. От проведените изследвания и до настоящия момент остават недокрай изяснени някои въпроси по отношение на структурата на тапицериата:

- Плътността и дебелина на пенополиуретаните;
- Еластични и деформационни свойства на различните материали;
- Все още липсват ясно очертани критерии при използването на отделните материали, служещи за изграждането на структурата на тапицериата и категоризирането на същата в съответната група (мека, полумека и полутвърда).

3. Няма създадени подходящи математически модели, алгоритми или таблици за определяне на степента на мекост на конкретната тапицирана мебел в зависимост от характеристиката на отделните материали, използвани в изграждането на структурата ѝ.

ГЛАВА II. МЕТОДИ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Прилагане на многофакторни планирани експерименти. В настоящото научно изследване е използвано класическо математическо описание на обектите и процесите чрез построяването на математически модели.

Статистическото представяне на експеримента позволява преми-наването към многофакторен експеримент.

Избор на входящите управляващи фактори. Вземайки предвид съвременното производство на тапицирани мебели и направения анализ на различните видове конструкции и материали, използвани при изграждането на тапицерската структура, на изследване са подложени влиянието на броя на слоевете на полиестерната вата, дебелината на слоя на използваните пенополиуретани, вата и тапицерска вложка (Таблица 2.1) върху деформацията и респективно върху мекостта на тапицерията.

На изследване са подложени структури на тапицери, използвани при производството на съвременните мебели с шест различни варианта на изграждане на пружиниращата им част от пенополиуретан и пружинни пакети върху твърда основа. Размерите им са 600x600 mm и височина от 200 mm до 350 mm в зависимост от конкретния дизайн и дебелина на вложените материали в конструкцията (Фиг. 2.7).

В зависимост от своите физико-механични свойства са избрани основните материали и фактори, използвани в структурата на тапицерията (Таблица 2.1).

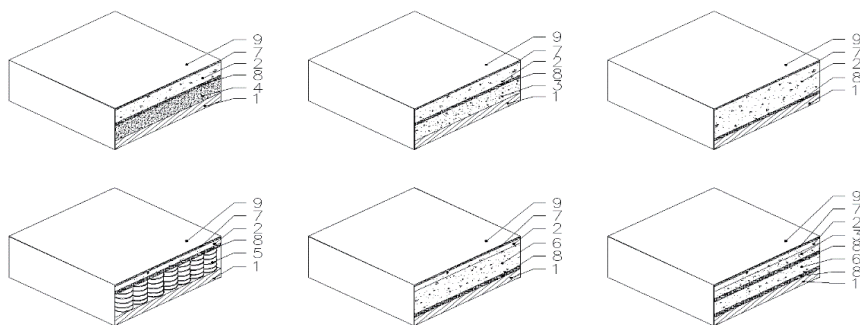
Таблица 2.1. Силните (управляеми) входящи фактори и нивата им на изменение

№	Наименование на факторите	Означение	Мярка	Ниво на изменение		
				-1	0	+1
1.	Дебелина на слоя на ППУ N 3030	$\delta_n 3030$	mm	60	100	140
2.	Дебелина на слоя на ППУ N 3540	$\delta_n 3540$	mm	60	100	140
3.	Дебелина на слоя на ППУ СМЕ 3025	$\delta_{\text{п.сме}} 3025$	mm	60	100	140
4.	Дебелина на слоя на ППУ СМЕ 3530	$\delta_{\text{п.сме}} 3530$	mm	60	100	140
5.	Брой слоеве полиестерна вата	n	бр.	1	2	3
6.	Дебелина на слоя на тапицерска вложка	$\delta_{\text{тв}}$	mm	20	30	40

Исходни материали. Характеристиката на използваните основни тапицерски материали и физико-механичните свойства на използваните полиуретани са посочени в Таблица 2.2, а начинът им на употреба – във Фиг. 2.7.

Таблица 2.2. Използваните изходни (основни) материали, при изграждането на изследваните тапицерски структури

№	Наименование	Отговарящи на	Фирма производител
1.	Иглолистна дървесина смърч (<i>Picea abies</i>) със сечение 40x60 mm	EN 14080-2013 DIN 4074	„ДИ ЕМ МАКС“ ООД – гр. София
2.	Шперплат бреза с дебелина 12 mm	EN 13986-2004 EN 636-3S	„Велде Лесоцентър“ ООД – гр. София
3.	Пружинен пакет тип „Бонел“ – стандарт	EN 1957-2000	„Ред Спрингс“ ЕООД – гр. Пловдив
4.	Пружинен пакет тип „Покет – стандарт	EN 1957-2000	„Ред Спрингс“ ЕООД – гр. Пловдив
5.	Трудногорим пенополиуретан – KOVAFOAM CME 3025	ISO 845; ISO 2439; ISO 1798; ISO 1856; ISO 8307	„Паралел“ ЕАД – гр. Севлиево
6.	Трудногорим пенополиуретан – KOVAFOAM CME 3530	ISO 845; ISO 2439; ISO 1798; ISO 1856; ISO 8307	„Паралел“ ЕАД – гр. Севлиево
7.	Конвенционален пенополиуретан KOVAFOAM N 3540	ISO 845; ISO 2439; ISO 1798; ISO 1856; ISO 8307	„Паралел“ ЕАД – гр. Севлиево
8.	Конвенционален пенополиуретан KOVAFOAM N 3030	ISO 845; ISO 2439; ISO 1798; ISO 1856; ISO 8307	„Паралел“ ЕАД – гр. Севлиево
9.	Тапицерска вложка	БДС 7669-89	„Юта“ АД – гр. Русе
10.	Полиестерна вата	БДС 7669-89	„Юта“ АД – гр. Русе
11.	Американ	БДС 7669-89	„Арбанаси“ АД – гр. Велико Търново
12.	Зебло	БДС 7669-89	„Маркита“ ООД – гр. Пловдив
13.	Мебелен плат		



Фиг. 2.7. Основни схеми на изграждане на структурата на тапицериата:

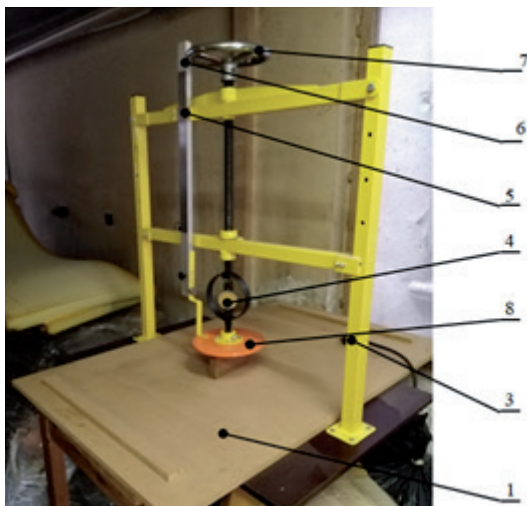
- 1 – основа на тапицериата – твърда; 2 – трудногорим пенополиуретан KOVAFOAM CME 3025; 3 – конвенционален пенополиуретан KOVAFOAM N 3030;
 4 – конвенционален пенополиуретан KOVAFOAM N 3540; 5 – пружинен пакет тип „Покет“ – стандарт; 6 – трудногорим пенополиуретан KOVAFOAM CME 3530;
 7 – полиестерна вата; 8 – тапицерна вложка; 9 – мебелен плат.

МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДЕФОРМАЦИОННОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ОСНОВНИТЕ МАТЕРИАЛИ, ИЗГРАЖДАЩИ СТРУКТУРАТА НА ТАПИЦЕРИЯТА ПРИ НАТОВАРВАНЕ

За провеждане на експериментите е използван стенд за определяне на началната мекост, общата деформация и коефициента на мекост. Принципно устройство на стенда е показано на Фиг. 2.8.

Изпитването се извършва в следната последователност:

- пробното тяло се поставя върху основата;
- ръкохватката и винта се придвижват до повърхнината на пробното тяло и се отчита неговата височина;
- пробното тяло се натоварва постепенно (плавно) и се отчита височината (респективно деформацията) посредством показалеца на скалата на интервал от 50 N (до 200 N), и на интервал от 100 N (от 200 N до 1000 N), като при всяко отчитане натоварването се задържа за 15 секунди. Натоварваният елемент е диск с плоска форма и диаметър 250 mm.



Фиг. 2.8. Принципна схема на стенд за изпитване на мекостта на тапицерските материали:

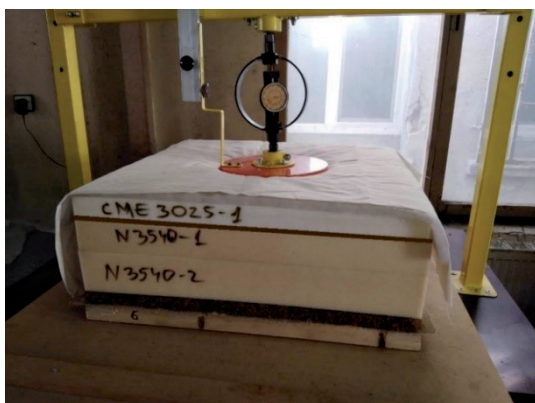
- 1 – основа на стенда; 3 – стойка на стенда; 4 – динамометър с индикатор;
5 – показалец; 6 – скала за измерване на деформацията; 7 – ръкохватка с винт;
8 – натоварващ диск с диаметър 250 mm.

ГЛАВА III. РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

АНАЛИЗ НА УРАВНЕНИЯТА НА РЕГРЕСИЯ, ПОЛУЧЕНИ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТ „А“

На изследване е подложена тапицерска структура тип „А“ (Фиг. 2.7 и Фиг. 3.2), изградена от твърда тапицерска основа, конвенционален пенополиуретан N 3540, тапицерска вложка, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3025, полиестерна вата и мебелен плат, с технически характеристики, описани в Таблица 2.2.

За провеждане на експериментите е използван стенд за определяне на началната мекост, общата деформация и коефициента на мекост (Фиг. 2.8).



Фиг. 3.2. Изследване на тапицерска структура тип „А“

Експеримент „А“ е проведен като трифакторен планиран експеримент. Целта на експеримента е да се установи влиянието на броя слоеве полиестерна вата (X_1), дебелината на слоя тапицерска вложка (X_2) и дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540 (X_3) върху показателите на мекост на тапицерската структура, където:

M_n – е началната мекост (Y_1);

$D_{o.c.}$ – общата деформация на седалката (Y_2);

$K_{m.c.}$ – коефициентът на мекост на седалката (Y_3);

$D_{o.o.}$ – общата деформация на облегалката (Y_4);

$K_{m.o.}$ – коефициентът на мекост на облегалката (Y_5).

Матрицата на експеримента е посочен в Таблица 3.3, коефициентите на корелация – в Таблица 3.4. Избран е план на експеримент с три фактора и петнадесет опита.

Общият вид на уравнението е :

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2 \quad (3.1)$$

Адекватността на математическия модел е проверен по критерия на Фишер (F -критерий) чрез сравняване на изчислената F с табличната му стойност F_T . В Таблица 3.4 е посочено, че за изследваните целеви функции се получават адекватни модели ($F < F_T$).

Таблица 3.3. Матрица на експеримента (експеримент „А“) и експерименталните данни

№	Фактори в кодиран вид			Фактори в явен вид			Y_1 (M_n)	Y_2 ($D_{o.c.}$)	Y_3 ($K_{m.c.}$)	Y_4 ($D_{o.o.}$)	Y_5 ($K_{m.o.}$)
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3					
1	-1	-1	-1	1	20	60	0,60	45,00	0,38	14,00	1,40
2	-1	-1	1	1	20	140	0,82	61,00	0,71	20,00	1,55
3	-1	1	-1	1	40	60	1,15	100,00	1,16	36,00	2,15
4	-1	1	1	1	40	140	1,30	111,00	1,26	39,00	2,20
5	1	-1	-1	3	20	60	1,00	65,00	1,03	24,00	1,60
6	1	-1	1	3	20	140	1,12	93,00	1,15	33,00	2,10
7	1	1	-1	3	40	60	1,35	120,00	1,28	40,00	2,30
8	1	1	1	3	40	140	1,40	150,00	1,40	52,00	2,60
9	1	0	0	3	30	100	1,01	70,00	0,99	26,00	1,65
10	0	1	1	1	30	100	1,00	135,00	1,74	46,00	2,40
11	0	-1	-1	2	20	100	0,70	126,00	1,00	37,00	2,20
12	0	-1	0	2	40	100	0,60	110,00	0,79	33,00	2,00
13	0	0	1	2	30	140	0,88	134,00	1,60	44,00	2,34
14	0	0	-1	2	30	60	1,05	75,00	0,96	30,00	1,70
15	0	0	0	2	30	100	0,72	123,00	1,43	36,00	2,12

X_1 – броят слоеве полиестерна вата (1, 2, 3);

X_2 – дебелината на слоя тапицерска вложка (20, 30, 40 mm);

X_3 – дебелината на слоя конвенционален пенополиуретан N 3540 (60, 100, 140 mm).

Регресионните уравнения на целевите функции имат следния вид:

$$Y_1 = 1,074 + 0,096X_1 + 0,201X_2 + 0,087X_3 - 0,037X_1X_1 - 0,092X_2X_2 + 0,147X_3X_3 - 0,025X_1X_3 - 0,05X_1X_2 \quad (3.2)$$

$$Y_2 = 8,533 + 10,6X_1 + 27,5X_2 + 14X_3 - 11,666X_1X_1 + 1,833X_2X_2 + 18,333X_3X_3 - 0,375X_2X_3 + 0,875X_1X_2 \quad (3.3)$$

$$Y_3 = 1,028 + 0,138X_1 + 0,218X_2 + 0,102X_3 - 0,051X_1X_1 - 0,041X_2X_2 + 0,108X_3X_3 - 0,103X_1X_2 - 0,023X_1X_3 \quad (3.4)$$

$$Y_4 = 9,956 + 3,6X_1 + 9,4X_2 + 4,1X_3 - 1,444X_1X_1 - 2,444X_2X_2 + 6,055X_3X_3 - 0,75X_1X_2 + 1,5X_1X_3 \quad (3.5)$$

$$Y_5 = 1,824 + 0,125X_1 + 0,325X_2 + 0,17X_3 - 0,110X_1X_1 + 0,264X_3X_3 - 0,025X_1X_2 - 0,037X_2X_3 + 0,075X_1X_3 \quad (3.6)$$

Върху началната мекоост $M_n(Y_1)$ на тапицерската структура тип „А“ влияние оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя тапицерска вложка и дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540.

Влияние върху общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ на изследваната тапицерска структура оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя тапицерска вложка и дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540.

Върху коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ влияние оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя тапицерска вложка и дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540.

Влияние върху общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ на изследваната тапицерска структура оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя тапицерска вложка и дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540.

Върху коефициент на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ влияние оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя тапицерска вложка и дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540.

Получените резултати в Таблица 3.4 на коефициентите на корелация между изследваните параметри при експеримент „А“ показват следните зависимости:

Наблюдава се много силна корелационна ($>0,9$) връзка между:

- Y_1 (началната мекоост M_n) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_1, Y_3) = -0,973$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_1, Y_4) = 0,960$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ със стойност $R(Y_1, Y_2) = 0,934$;

Таблица 3.4. Коефициенти на корелация между изследваните параметри и показатели за оценка на моделите (експеримент „А“)

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	0,359	0,297	0,445	0,305	0,286
X_2	0,325	0,393	0,329	0,347	0,389
X_3	0,490	0,446	0,477	0,491	0,446
Y_1	1	0,934	0,973	0,960	0,929
Y_2		1	0,297	0,372	0,288
Y_3			1	0,326	0,897
Y_4				1	0,686
Y_5					1
Дисперсионно отношение (Разпределение на Фишер) F					
F	4,18	4,61	4,68	4,36	4,74
Табличен коефициент (Критерий на Фишер) F_T					
F_T	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82

- Y_1 (началната мекоост $M_{н.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_1, Y_5) = 0,929$.

Силна корелационна връзка (0,7 – 0,9) има между:

- Y_2 (обща деформация на седалката $D_{о.с.}$) и коефициент на мекоост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_2, Y_3) = 0,897$.

Значителна корелационна връзка (0,5 – 0,7) има между:

- Y_4 (общата деформация на облегалката $D_{о.о.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_4, Y_5) = 0,687$.

Умерените корелационни връзки (0,3 – 0,5) са между:

- X_3 (дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540) и общата деформация на облегалката $D_{о.о.}(Y_4)$ със стойност $R(X_3, Y_4) = 0,491$;

- X_3 (дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540) и началната мекоост $M_{н.}(Y_1)$ със стойност $R(X_3, Y_1) = 0,490$;

- X_3 (дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540) и коефициента на мекоост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$, която е със стойност $R(X_3, Y_2) = 0,477$;

- X_3 (дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540) и общата деформация на седалката $D_{о.с.}(Y_2)$ със стойност $R(X_3, Y_2) = 0,446$;

- X_3 (дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$ със стойност $R(X_3, Y_2) = 0,446$;

- X_1 (броя слоеве полиестерна вата) и коефициента на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}(Y_3)$ със стойност $R(X_1, Y_3) = 0,445$;
- X_2 (дебелината на слоя тапицерска вложка) и общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}(Y_2)$ със стойност $R(X_2, Y_2) = 0,393$;
- X_2 (дебелината на слоя тапицерска вложка) и коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(X_2, Y_5) = 0,383$;
- X_1 (броя слоеве полиестерна вата) и началната мекост $M_{\text{н.}}(Y_1)$ със стойност $R(X_1, Y_1) = 0,359$.

Анализът на резултатите от провеждането на експеримент върху тапицерската структура тип „А“, чрез матрицата на експеримента и конкретните резултати от експерименталната работа показват, че дебелината на слоя от пенополиуретан N 3540 оказва най-силно влияние (от изследваните фактори) върху началната мекост ($R_{x_3y_1} = 0,490$), в почти еднаква степен върху общата деформация на седалката ($R_{x_3y_2} = 0,446$) и облегалката ($R_{x_3y_4} = 0,491$), както и върху коефициента на мекост на седалката ($R_{x_3y_3} = 0,477$) и върху коефициента на мекост на облегалката ($R_{x_3y_5} = 0,446$).

Вторият по влияние фактор върху целевите показатели е дебелината на слоя тапицерска вложка. Той оказва умерено влияние върху началната мекост ($R_{x_2y_1} = 0,325$), върху общата деформация на седалката ($R_{x_2y_2} = 0,393$) и облегалката ($R_{x_2y_4} = 0,347$), както и върху коефициента на мекост на седалката ($R_{x_2y_3} = 0,329$) и върху коефициента на мекост на облегалката ($R_{x_2y_5} = 0,389$).

Силна корелационна връзка има и между началната мекост и общата деформация на седалката ($R_{y_1y_2} = 0,934$) и облегалката ($R_{y_1y_4} = 0,960$), както и между началната мекост и коефициента на мекост на седалката ($R_{y_1y_3} = 0,973$) и на облегалката ($R_{y_1y_5} = 0,929$).

Това показва, че освен при натоварване на тапицерската структура до 150 N.mm, чрез управление на дебелината на слоя от конвенционален пенополиуретан N 3540 и на дебелина на слоя тапицерска вложка, се постига изменение и регулиране на деформационните характеристики и мекостта на изследваната тапицерска структура тип „А“ и при натоварване по-голямо от 300 N.mm.

АНАЛИЗ НА УРАВНЕНИЯТА НА РЕГРЕСИЯ, ПОЛУЧЕНИ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТ „Б“

На изследване е подложена тапицерска структура тип Б (Фиг. 2.7 и Фиг. 3.6), изградена от твърда тапицерска основа, конвенционален пенополиуретан N 3030, тапицерска вложка, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3025, полиестерна вата и мебелен плат, с технически характеристики, описани в Таблица 2.2.



Фиг. 3.6. Изследване на тапицерска структура тип „Б“

Експеримент „Б“ е проведен като трифакторен планиран експеримент.

Матрицата на експеримента и конкретните резултати са посочени в Таблица 3.5.

Регресионните уравнения на целевите функции имат следния вид:

$$Y_1 = 0,822 + 0,066X_1 + 0,137X_2 + 0,08X_3 + 0,045X_2X_2 + 0,120X_3X_3 + 0,0262X_1X_2 + 0,021X_2X_3 + 0,036X_1X_3 \quad (3.7)$$

$$Y_2 = 7,11429 + 3,3X_1 + 7,9X_2 + 3,8X_3 - 4,785X_2X_2 + 6,714X_3X_3 + 0,125X_1X_2 + 0,125X_2X_3 + 0,875X_1X_3 \quad (3.8)$$

$$Y_3 = 2,049 + 0,123X_1 + 0,223X_2 + 0,163X_3 - 0,073X_2X_2 + 0,176X_3X_3 + 0,021X_1X_2 + 0,033X_2X_3 + 0,108X_1X_3 \quad (3.9)$$

$$Y_4 = 4,288 + 3,3X_1 + 8,3X_2 + 4,2X_3 - 1,611X_1X_1 - 2,611X_2X_2 + 6,888X_3X_3 - 0,750X_1X_2 - 0,750X_2X_3 \quad (3.10)$$

$$Y_5 = 2,32 + 0,135X_1 + 0,315X_2 + 0,18X_3 - 0,125X_1X_1 + 0,025X_2X_2 + 0,25X_3X_3 + 0,0625X_1X_3 - 0,025X_2X_3 \quad (3.11)$$

Таблица 3.5. Матрица на експеримента (експеримент „Б“) и експерименталните данни

№	Фактори в кодиран вид			Фактори в явен вид			Y_1 (M_n)	Y_2 ($D_{o.c.}$)	Y_3 ($K_{m.c.}$)	Y_4 ($D_{o.o.}$)	Y_5 ($K_{m.o.}$)
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3					
1	-1	-1	-1	20	60	60	0,65	135,00	1,72	32,00	1,90
2	-1	-1	1	20	60	140	0,72	138,00	1,85	42,00	2,05
3	-1	1	-1	20	140	60	0,90	150,00	2,20	55,00	2,55
4	-1	1	1	20	140	140	0,95	155,00	2,20	58,00	2,70
5	1	-1	-1	40	60	60	0,75	141,00	1,90	44,00	2,10
6	1	-1	1	40	60	140	0,86	149,00	2,20	50,00	2,60
7	1	1	-1	40	140	60	1,00	158,00	2,20	60,00	2,80
8	1	1	1	40	140	140	1,30	165,00	2,90	67,00	3,10
9	1	0	0	40	100	100	0,77	145,00	2,00	46,00	2,15
10	0	1	1	20	100	100	0,93	163,00	2,80	73,00	3,90
11	0	-1	-1	30	140	100	0,83	150,00	2,10	53,00	3,40
12	0	-1	0	30	60	100	0,78	136,00	1,96	45,00	2,90
13	0	0	1	30	100	60	0,86	160,00	2,27	66,00	3,70
14	0	0	-1	30	100	140	0,76	142,00	2,30	55,00	3,20
15	0	0	0	30	100	100	0,82	147,00	2,10	57,00	3,20

X_1 – дебелината на слоя тапицерска вложка (20, 30, 40 mm);

X_2 – дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 (60, 100, 140 mm);

X_3 – дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 (60, 100, 140 mm).

Върху началната мекоост $M_n(Y_1)$ влияние оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Влияние върху общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ на изследваната тапицерска структура оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Върху коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ на изследваната тапицерска структура влияние оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Влияние върху общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ на изследваната тапицерска структура оказват дебелината на слоя тапицер-

ска вложка, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Върху коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ влияние оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Получените резултати в Таблица 3.6 относно коефициентите на корелация между изследваните параметри при експеримент „Б“ (направени при изследването на тапицерската структура тип „Б“), показват следните определящи корелационни зависимости:

Наблюдава се много силна корелационна ($>0,9$) връзка между:

- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и коефициента на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}(Y_3)$ със стойност $R(Y_1, Y_3) = -0,982$;
- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}(Y_2)$ със стойност $R(Y_1, Y_2) = 0,961$;
- Y_4 (общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}$) и коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(Y_4, Y_5) = 0,958$.
- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}(Y_4)$ със стойност $R(Y_1, Y_4) = 0,958$;
- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(Y_1, Y_5) = 0,948$.
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}$) и коефициента на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}(Y_3)$ със стойност $R(Y_2, Y_3) = 0,932$.

Силна корелационна ($0,7 - 0,9$) връзка има между:

- X_2 (дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030) и общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}(Y_4)$ със стойност $R(X_2, Y_4) = 0,756$;
- X_2 (дебелина на слоя от пенополиуретан N 3030) и общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}(Y_2)$ със стойност $R(X_2, Y_2) = 0,749$;
- X_2 (дебелина на слоя от пенополиуретан N 3030) и коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(X_2, Y_5) = 0,728$.

Значителните корелационни връзки ($0,5 - 0,7$) са между:

- X_2 (дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030) и началната мекост $M_{\text{н.}}(Y_1)$ със стойност $R(X_2, Y_1) = 0,690$;
- X_2 (дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030) и коефициента на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}(Y_3)$ със стойност $R(X_2, Y_3) = 0,641$.

Умерените корелационни връзки (0,3 – 0,5) са между:

- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$, която е със стойност $R(X_3, Y_3) = 0,353$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и началната мекост $M_{н.}(Y_1)$, която е със стойност $R(X_3, Y_1) = 0,332$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на седалката $D_{о.с.}(Y_2)$, която е със стойност $R(X_3, Y_2) = 0,313$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$, която е със стойност $R(X_3, Y_5) = 0,312$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на облегалката $D_{о.о.}(Y_4)$, която е със стойност $R(X_3, Y_4) = 0,300$.

Таблица 3.6. Коефициенти на корелация между изследваните параметри и показатели за оценка на моделите (експеримент „Б“)

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	0,131	0,076	0,181	0,091	0,092
X_2	0,690	0,749	0,641	0,756	0,728
X_3	0,332	0,313	0,353	0,300	0,312
Y_1	1	0,961	0,982	0,951	0,948
Y_2		1	0,932	0,277	0,248
Y_3			1	0,221	0,934
Y_4				1	0,958
Y_5					1
Дисперсионно отношение (Разпределение на Фишер) F					
F	3,87	3,64	4,06	3,26	3,51
Табличен коефициент (Критерий на Фишер) F_T					
F_T	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15

Анализът на резултатите от провеждането на експеримент върху тапицерската структура тип „Б“ показват, че дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 оказва най-силно влияние (от изследваните фактори) и в почти еднаква степен върху общата деформация на облегалката ($R_{x_2y_4} = 0,756$) и на седалката ($R_{x_2y_2} = 0,749$), както и върху коефициента на мекост на облегалката ($R_{x_2y_5} = 0,728$). Дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 оказва значително влияние върху

началната мекоост ($R_{x_2y_1} = 0,690$) и върху коефициента на мекоост на седалката ($R_{x_2y_3} = 0,641$).

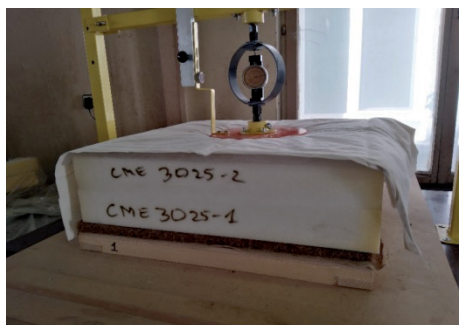
Вторият по влияние фактор върху целевите показатели е дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025. Той оказва умерено влияние върху коефициента на мекоост на седалката ($R_{x_3y_3} = 0,353$), началната мекоост ($R_{x_3y_1} = 0,332$), общата деформация на седалката ($R_{x_3y_2} = 0,313$) и облегалката ($R_{x_3y_4} = 0,300$), както и върху коефициента на мекоост на облегалката ($R_{x_3y_5} = 0,312$).

Силна корелационна връзка има и между началната мекоост и общата деформация на седалката ($R_{y_1y_2} = 0,961$) и облегалката ($R_{y_1y_4} = 0,977$), както и между началната мекоост и коефициента на мекоост на седалката ($R_{y_1y_3} = 0,982$) и на облегалката ($R_{y_1y_5} = 0,948$).

Анализът показва, че чрез промяна на дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и на дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 се постига изменение и регулиране на деформационните характеристики и мекоостта на изследваната тапицерска структура тип „Б“ при натоварване по-голямо от 300 N.mm.

АНАЛИЗ НА УРАВНЕНИЯТА НА РЕГРЕСИЯ, ПОЛУЧЕНИ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТ „В“

На изследване е подложена тапицерска структура тип „В“ (Фиг. 2.7 и Фиг. 3.10), изградена от твърда тапицерска основа, тапицерска вложка, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3025, полиестерна вата и мебелирен плат, с технически характеристики, описани в Таблица 2.2.



Фиг. 3.10. Изследване на тапицерска структура тип „В“

Експеримент „В“ е проведен като трифакторен планиран експеримент. Матрицата на експеримента е посочена в Таблица 3.7.

Таблица 3.7. Матрица на експеримента (експеримент „В“) и експерименталните данни

№	Фактори в кодиран вид			Фактори в явен вид			Y_1 (M_n)	Y_2 ($D_{o.c.}$)	Y_3 ($K_{m.c.}$)	Y_4 ($D_{o.o.}$)	Y_5 ($K_{m.o.}$)
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3					
1	-1	-1	-1	20	1	60	0,30	60,00	0,40	25,00	1,50
2	-1	-1	1	20	1	140	0,40	85,00	0,50	36,00	1,66
3	-1	1	-1	20	3	60	1,10	110,00	0,90	46,00	1,97
4	-1	1	1	20	3	140	1,40	113,00	1,10	47,00	1,98
5	1	-1	-1	40	1	60	0,40	90,00	0,55	40,00	1,73
6	1	-1	1	40	1	140	0,80	108,00	0,85	45,00	1,96
7	1	1	-1	40	3	60	1,60	115,00	1,20	48,00	2,00
8	1	1	1	40	3	140	2,00	130,00	1,40	50,00	2,08
9	1	0	0	40	2	100	0,45	95,00	0,60	41,00	1,81
10	0	1	1	20	2	100	0,93	145,00	1,50	108,00	2,23
11	0	-1	-1	30	3	100	0,84	115,00	1,25	58,00	2,06
12	0	-1	0	30	1	100	0,75	105,00	1,00	50,00	1,97
13	0	0	1	30	2	140	0,92	135,00	1,33	80,00	2,11
14	0	0	-1	30	2	60	0,83	112,00	1,06	72,00	2,00
15	0	0	0	30	2	100	0,83	123,00	1,12	67,00	1,98

X_1 – дебелината на слоя тапицерска вложка (20, 30, 40 mm);

X_2 – броят слоеве полиестерна вата (1, 2, 3 бр.);

X_3 – дебелината на слоя полиуретанова пяна СМЕ 3025 (60, 100, 140 mm).

Регресионите уравнения на целевите функции имат следния вид:

$$Y_1 = 9,733 + 6,000X_1 + 14,9X_2 + 5,6X_3 - 0,666X_1X_1 - 6,166X_2X_2 + 9,333X_3X_3 + 2,625X_1X_2 + 1,875X_1X_3 \quad (3.12)$$

$$Y_2 = 7,11429 + 3,3X_1 + 7,9X_2 + 3,8X_3 - 4,785X_2X_2 + 6,714X_3X_3 + 0,125X_1X_2 + 0,125X_2X_3 + 0,875X_1X_3 \quad (3.13)$$

$$Y_3 = 0,768 + 0,095X_1 + 0,275X_2 + 0,135X_3 - 0,086X_1X_1 - 0,086X_2X_2 + 0,263X_3X_3 + 0,012X_1X_2 + 0,025X_1X_3 \quad (3.14)$$

$$Y_4 = 4,244 + 2,8X_1 + 5,9X_2 + 2,6X_3 - 0,555X_1X_1 - 3,055X_2X_2 + 3,444X_3X_3 - 2,375X_1X_2 - 0,625X_1X_3 \quad (3.15)$$

$$Y_5 = 1,886 + 0,062X_1 + 0,155X_2 + 0,063X_3 - 0,043X_1X_1 - 0,088X_2X_2 + 0,101X_3X_3 - 0,05X_1X_2 + 0,0175X_1X_3 \quad (3.16)$$

Върху началната мекоост $M_n(Y_1)$ влияние оказват броят слоеве полиестерна вата и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Влияние върху общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ на изследваната тапицерска структура оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, броят слоеве полиестерна вата и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Върху коефициента на мекоост на седалката (Y_3) на изследваната тапицерска структура влияние оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, броят слоеве полиестерна вата и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Влияние върху общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ на изследваната тапицерска структура оказва дебелината на слоя тапицерска вложка, броят слоеве полиестерна вата и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Върху коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ влияние оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, броят слоеве полиестерна вата и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Получените резултати в Таблица 3.8 относно коефициентите на корелация между изследваните параметри при експеримент „В“ (направени при изследването на тапицерската структура тип „В“) показват следните определящи корелационни зависимости:

Наблюдава се много силна корелационна ($>0,9$) връзка между:

- Y_4 (общата деформация на облегалката $D_{o.o.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_4, Y_5) = 0,976$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_1, Y_3) = 0,976$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{o.c.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_2, Y_5) = 0,795$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{o.c.}$) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_2, Y_4) = 0,973$;
- Y_3 (коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_3, Y_5) = 0,906$.

Силна корелационна (0,7 – 0,9) връзка има между:

- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{o.c.}$) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_2, Y_3) = 0,888$;
- Y_3 (коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}$) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_3, Y_4) = 0,877$;
- Y_1 (началната мекоост $M_n.$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_1, Y_5) = 0,814$;
- Y_1 (началната мекоост $M_n.$) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ със стойност $R(Y_1, Y_2) = 0,807$;
- Y_1 (началната мекоост $M_n.$) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_1, Y_4) = 0,790$;
- X_3 (дебелина на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$, която е със стойност $R(X_3, Y_2) = 0,770$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$, която е със стойност $R(X_3, Y_5) = 0,759$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$, която е със стойност $R(X_3, Y_3) = 0,749$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$, която е със стойност $R(X_3, Y_4) = 0,734$;
- X_3 (дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025) и началната мекоост $M_n.(Y_1)$, която е със стойност $R(X_3, Y_1) = 0,725$.

Умерените корелационни връзки (0,3 – 0,5) са между:

- X_2 (броя слоеве полиестерна вата) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(X_2, Y_3) = 0,368$;
- X_2 (броя слоеве полиестерна вата) и началната мекоост $M_n.(Y_1)$ със стойност $R(X_2, Y_1) = 0,351$;
- X_1 (дебелината на слоя тапицерска вложка) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(X_2, Y_4) = 0,348$;
- X_1 (дебелината на слоя тапицерска вложка) и началната мекоост $M_n.(Y_1)$ със стойност $R(X_2, Y_1) = 0,339$;
- X_2 (броя слоеве полиестерна вата) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(X_2, Y_4) = 0,325$;

- X_2 (броя слоеве полиестерна вата) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ със стойност $R(X_2, Y_2) = 0,320$;
- X_2 (броя слоеве полиестерна вата) и коефициента на мекост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(X_2, Y_5) = 0,309$;
- X_1 (дебелината на слоя тапицерска вложка) и коефициента на мекост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(X_2, Y_1) = 0,304$.

Таблица 3.8. Коефициенти на корелация между изследваните параметри и показатели за оценка на моделите (експеримент „В“)

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	0,237	0,339	0,259	0,348	0,304
X_2	0,351	0,320	0,368	0,324	0,309
X_3	0,725	0,770	0,749	0,734	0,759
Y_1	1	0,807	0,976	0,790	0,814
Y_2		1	0,888	0,973	0,975
Y_3			1	0,877	0,906
Y_4				1	0,976
Y_5					1
Дисперсионно отношение (Разпределение на Фишер) F					
F	3,38	3,85	3,81	4,08	3,26
Табличен коефициент (Критерий на Фишер) F_T					
F_T	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15

Анализът на резултатите от провеждането на експеримент върху тапицерската структура тип „В“, чрез матрицата на експеримента и конкретните резултати от експерименталната работа показват, че дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 оказва най-силно влияние (от изследваните фактори) в почти еднаква степен върху общата деформация на облегалката ($R_{x_3y_4} = 0,734$) и на седалката ($R_{x_3y_2} = 0,770$), както и върху коефициента на мекост на седалката ($R_{x_3y_3} = 0,749$) и облегалката ($R_{x_3y_5} = 0,759$).

Вторият по влияние фактор върху целевите показатели е броят слоеве полиестерна вата. Той оказва умерено влияние върху коефициента на мекост на седалката ($R_{x_2y_3} = 0,368$), началната мекост ($R_{x_2y_1} = 0,351$), върху общата деформация на седалката ($R_{x_2y_2} = 0,320$) и облегалката ($R_{x_2y_4} = 0,348$), както и върху коефициента на мекост на облегалката ($R_{x_2y_5} = 0,309$).

Анализът на получените резултати показва, че чрез управление на дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 и на броя слоеве

полиестерна вата се постига изменение и регулиране на деформационните характеристики и мекостта на изследваната тапицерска структура тип „В“ при натоварване.

АНАЛИЗ НА УРАВНЕНИЯТА НА РЕГРЕСИЯ, ПОЛУЧЕНИ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТ „Г“

На изследване е подложена тапицерска структура тип „Г“ (Фиг. 2.7 и Фиг. 3.14), изградена от твърда тапицерска основа, пружинен пакет „Покет“ – стандарт, тапицерска вложка, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3025, полиестерна вата и мебелен плат.



Фиг. 3.14. Изследване на тапицерска структура тип „Г“

Матрицата на експеримента и конкретните резултати от експерименталната работа са посочени в Таблица 3.9.

Регресионите уравнения на целевите функции имат следния вид:

$$Y_1 = 1,899 + 0,1X_1 + 0,255X_2 + 0,11X_3 - 0,113X_2X_2 + 0,161X_3X_3 - 0,018X_1X_3 - 0,056X_2X_3 - 0,068X_1X_2 \quad (3.17)$$

$$Y_2 = 9,8 + 7,2X_1 + 17,3X_2 + 9,1X_3 - 4,5X_2X_2 + 14,5X_3X_3 + 1,375X_1X_2 - 0,125X_2X_3 - 0,625X_1X_3 \quad (3.18)$$

$$Y_3 = 0,912 + 0,06X_1 + 0,17X_2 + 0,075X_3 - 0,057X_2X_2 + 0,117X_3X_3 - 0,018X_1X_2 - 0,018X_2X_3 + 0,018X_1X_3 \quad (3.19)$$

$$Y_4 = 7,542 + 5,4X_1 + 3,4X_2 + 6,5X_3 - 2,857X_2X_2 + 9,642X_3X_3 + 0,5X_1X_2 + 0,5X_2X_3 + 3X_1X_3 \quad (3.20)$$

$$Y_5 = 1,856 + 0,069X_1 + 0,157X_2 + 0,085X_3 - 0,072X_2X_2 + 0,127X_3X_3 - 0,006X_1X_2 - 0,003X_2X_3 + 0,028X_1X_3 \quad (3.21)$$

Таблица 3.9. Матрица на експеримента (експеримент „Г“) и експерименталните данни

№	Фактори в кодиран вид			Фактори в явен вид			Y_1 (M_n)	Y_2 ($D_{o.c.}$)	Y_3 ($K_{m.c.}$)	Y_4 ($D_{o.o.}$)	Y_5 ($K_{m.o.}$)
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3					
1	-1	-1	-1	1	40	20	1,30	70,00	0,65	31,00	1,60
2	-1	-1	1	1	40	40	1,70	80,00	0,75	36,00	1,70
3	-1	1	-1	1	80	20	2,10	105,00	1,05	58,00	1,96
4	-1	1	1	1	80	40	2,15	111,00	1,10	62,00	2,00
5	1	-1	-1	3	40	20	1,80	83,00	0,80	40,00	1,76
6	1	-1	1	3	40	40	2,00	100,00	1,00	54,00	1,93
7	1	1	-1	3	80	20	2,20	120,00	1,15	66,00	2,05
8	1	1	1	3	80	40	2,30	140,00	1,25	85,00	2,25
9	1	0	0	3	60	30	1,85	85,00	0,85	43,00	1,80
10	0	1	1	1	60	30	2,90	137,00	1,65	88,00	2,40
11	0	-1	-1	2	80	30	2,00	123,00	1,20	75,00	2,25
12	0	-1	0	2	40	30	1,90	117,00	1,10	65,00	1,95
13	0	0	1	2	60	20	2,33	133,00	1,55	86,00	2,35
14	0	0	-1	2	60	40	2,07	126,00	1,32	75,00	1,89
15	0	0	0	2	60	30	2,06	127,00	1,35	77,00	2,10

X_1 е броят слоеве полиестерна вата (1, 2, 3 бр.);

X_2 – дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025 (40, 60, 80 mm);

X_3 – дебелината на слоя тапицерска вложка (20, 30, 40 mm).

Върху началната мекоост M_n (Y_1) влияние оказват броя слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 и дебелината на слоя тапицерска вложка.

Влияние върху общата деформация на седалката $D_{o.c.}$ (Y_2) на изследваната тапицерска структура оказват дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 и дебелината на слоя тапицерска вложка.

Върху коефициента на мекоост на седалката (Y_3) на изследваната тапицерска структура влияние оказват дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 и дебелината на слоя тапицерска вложка.

Влияние върху общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ на изследваната тапицерска структура оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 и дебелината на слоя тапицерска вложка.

Върху коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ влияние оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 и дебелината на слоя тапицерска вложка.

Получените резултати в Таблица 3.10, относно коефициентите на корелация между изследваните параметри при експеримент „Г“ (направени при изследването на тапицерската структура тип „Г“) показват следните определящи корелационни зависимости:

Много силна корелационна ($>0,9$) връзка има между:

- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{o.c.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_2, Y_5) = 0,992$;
- Y_4 (общата деформация на облегалката $D_{o.o.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_4, Y_5) = 0,990$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{o.c.}$) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_2, Y_4) = 0,990$;
- Y_3 (коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_3, Y_5) = 0,988$;
- Y_3 (коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}$) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_3, Y_4) = 0,980$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{o.c.}$) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_2, Y_3) = 0,979$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_1, Y_3) = 0,968$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ със стойност $R(Y_1, Y_2) = 0,947$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_1, Y_4) = 0,923$.

Силна корелационна ($0,7 - 0,9$) връзка има между:

- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(X_2, Y_3) = 0,786$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и началната мекоост $M_n(Y_1)$ със стойност $R(X_2, Y_1) = 0,775$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(X_2, Y_4) = 0,763$;

- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ със стойност $R(X_2, Y_2) = 0,732$;
 - X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(X_2, Y_5) = 0,727$.
- Умерените корелационни връзки (0,3 – 0,5) са между:
- X_1 (броя слоеве полиестерна вата) и коефициента на мекост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(X_1, Y_5) = 0,320$;
 - X_1 (броя слоеве полиестерна вата) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(X_1, Y_4) = 0,307$;
 - X_1 (броя слоеве полиестерна вата) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ със стойност $R(X_1, Y_2) = 0,305$;

Таблица 3.10. Коефициенти на корелация между изследваните параметри и показатели за оценка на моделите (експеримент „Г“)

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	0,304	0,305	0,278	0,307	0,320
X_2	0,775	0,732	0,786	0,763	0,727
X_3	0,122	0,063	0,069	0,108	0,079
Y_1	1	0,921	0,968	0,923	0,947
Y_2		1	0,979	0,990	0,992
Y_3			1	0,980	0,988
Y_4				1	0,990
Y_5					1
Дисперсионно отношение (Разпределение на Фишер) F					
F	4,75	5,48	5,77	5,07	5,99
Табличен коефициент (Критерий на Фишер) F_T					
F_T	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04

Анализът на резултатите показва, че дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 оказва най-силно влияние (от изследваните фактори) върху началната мекост ($R_{x_2y_1} = 0,775$), общата деформация на облегалката ($R_{x_2y_4} = 0,763$) и на седалката ($R_{x_2y_2} = 0,732$), върху коефициента на мекост на седалката ($R_{x_2y_3} = 0,786$) и на облегалката ($R_{x_2y_5} = 0,727$).

Вторият по влияние фактор върху целевите показатели е броят слоеве полиестерна вата. Той оказва умерено влияние върху началната мекост ($R_{x_1y_1} = 0,304$), общата деформация на седалката ($R_{x_1y_2} = 0,305$) и облегалката ($R_{x_1y_4} = 0,307$) и върху коефициента на мекост на облегалката ($R_{x_1y_5} = 0,320$).

Анализът показва, че чрез промяна на дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 и броя слоеве полиестерна вата се постига изменение на деформационните характеристики и мекостта на изследваната тапицерска структура тип „Г“ при натоварването ѝ.

АНАЛИЗ НА УРАВНЕНИЯТА НА РЕГРЕСИЯ, ПОЛУЧЕНИ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТ „Д“

На изследване е подложена тапицерска структура тип „Д“ (Фиг. 2.7 и Фиг. 3.18), изградена от твърда тапицерска основа, тапицерска вложка, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3530, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3025, полиестерна вата и мебелен плат.



Фиг. 3.18. Изследване на тапицерска структура тип „Д“

Експеримент „Д“ е проведен като трифакторен планиран експеримент. Матрицата на експеримента и конкретните резултати от експерименталната работа са посочени в Таблица 3.11. Регресионните уравнения на целевите функции имат следния вид:

$$Y_1 = 1,451 + 0,12X_1 + 0,335X_2 + 0,15X_3 - 0,088X_1X_1 - 0,063X_2X_2 + 0,261X_3X_3 - 0,0125X_1X_2 - 0,012X_2X_3 \quad (3.22)$$

$$Y_2 = 8,666 + 8,5X_1 + 20,5X_2 + 10,5X_3 - 5,833X_1X_1 - 5,833X_2X_2 + 19,166X_3X_3 + 1,25X_1X_2 + 2,5X_2X_3 \quad (3.23)$$

$$Y_3 = 1,094 + 0,069X_1 + 0,156X_2 + 0,073X_3 - 0,042X_1X_1 - 0,037X_2X_2 + 0,137X_3X_3 + 0,001X_1X_2 - 0,013X_2X_3 \quad (3.24)$$

$$Y_4 = 1,222 + 4,3X_1 + 12,5X_2 + 6,1X_3 - 4,277X_1X_1 - 1,277X_2X_2 + 10,722X_3X_3 + 2X_1X_2 - 0,5X_2X_3 \quad (3.25)$$

$$Y_5 = 2,163 + 0,062X_1 + 0,206X_2 + 0,082X_3 - 0,074X_1X_1 - 0,074X_2X_2 + 0,165X_3X_3 - 0,031X_1X_2 - 0,033X_2X_3 \quad (3.26)$$

Таблица 3.11. Матрица на експеримента (експеримент „Д“) и експерименталните данни

№	Фактори в кодиран вид			Фактори в явен вид			Y ₁ (M _{н.})	Y ₂ (D _{о.с.})	Y ₃ (K _{м.с.})	Y ₄ (D _{о.о.})	Y ₅ (K _{м.о.})
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃					
1	-1	-1	-1	20	60	40	1,00	60,00	0,86	16,00	1,80
2	-1	-1	1	20	60	80	1,10	70,00	0,95	20,00	1,91
3	-1	1	-1	20	140	40	1,70	100,00	1,20	41,00	2,30
4	-1	1	1	20	140	80	1,80	110,00	1,24	46,00	2,34
5	1	-1	-1	40	60	40	1,20	75,00	1,00	22,00	1,96
6	1	-1	1	40	60	80	1,60	95,00	1,16	37,00	2,26
7	1	1	-1	40	140	40	1,90	120,00	1,35	50,00	2,40
8	1	1	1	40	140	80	2,20	140,00	1,45	60,00	2,50
9	1	0	0	40	100	60	1,30	80,00	1,04	25,00	2,00
10	0	1	1	20	100	60	2,30	228,00	2,6	66,00	3,60
11	0	-1	-1	30	60	60	1,85	160,00	1,50	57,00	2,80
12	0	-1	0	30	140	60	1,56	155,00	1,56	47,00	2,42
13	0	0	1	30	100	80	1,92	191,00	2,30	58,00	2,90
14	0	0	-1	30	100	40	1,86	164,00	1,63	53,00	2,52
15	0	0	0	30	100	60	1,76	166,00	1,82	53,00	2,66

X₁ е дебелината на слоя тапицерска вложка (20, 30, 40 mm);

X₂ – дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3530 (60, 100, 140 mm);

X₃ – дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025 (40, 60, 80 mm).

Върху началната мекоост M_{н.}(Y₁) влияние оказват дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Влияние върху общата деформация на седалката D_{о.с.}(Y₂) на изследваната тапицерска структура оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Върху коефициента на мекоост на седалката (Y₃) на изследваната тапицерска структура влияние оказват дебелината на слоя тапицерска вложка, дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Влияние върху общата деформация на облегалката D_{о.о.}(Y₄) на изследваната тапицерска структура оказват дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Върху коефициент на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ влияние оказват дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025.

Анализът на получените резултати в Таблица 3.12 относно коефициентите на корелация между изследваните параметри при експеримент „Д“ (направени при изследването на тапицерската структура тип „Д“) показва следните определящи корелационни зависимости:

Много силна корелационна ($>0,9$) връзка има между:

- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}(Y_4)$ със стойност $R(Y_1, Y_4) = 0,996$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}$) и коефициента на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}(Y_3)$ със стойност $R(Y_2, Y_3) = 0,996$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}$) и общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}(Y_4)$ със стойност $R(Y_2, Y_4) = 0,993$;
- Y_3 (коефициента на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}$) и общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}(Y_4)$ със стойност $R(Y_3, Y_4) = 0,993$;
- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и коефициент на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}(Y_3)$ със стойност $R(Y_1, Y_3) = 0,992$;
- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}(Y_2)$ със стойност $R(Y_1, Y_2) = 0,991$;
- Y_1 (началната мекост $M_{\text{н.}}$) и коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(Y_1, Y_5) = 0,977$;
- Y_4 (общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}$) и коефициент на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(Y_4, Y_5) = 0,965$;
- Y_3 (коефициента на мекост на седалката $K_{\text{м.с.}}$) и коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(Y_3, Y_5) = 0,964$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}$) и коефициента на мекост на облегалката $K_{\text{м.о.}}(Y_5)$ със стойност $R(Y_2, Y_5) = 0,956$.

Умерените корелационни връзки ($0,3 - 0,5$) са между:

- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3530) и общата деформация на седалката $D_{\text{о.с.}}(Y_2)$, която е със стойност $R(X_2, Y_2) = 0,486$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3530) и общата деформация на облегалката $D_{\text{о.о.}}(Y_4)$, която е със стойност $R(X_2, Y_4) = 0,482$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3530) и началната мекост $M_{\text{н.}}(Y_1)$, която е със стойност $R(X_2, Y_1) = 0,479$;

- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3530) и коефициента на мекост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$, която е със стойност $R(X_2, Y_3) = 0,469$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3530) и коефициента на мекост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$, която е със стойност $R(X_2, Y_5) = 0,440$;
- X_3 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на седалката $D_{о.с.}(Y_2)$, която е със стойност $R(X_3, Y_2) = 0,378$;
- X_3 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и общата деформация на облегалката $D_{о.о.}(Y_4)$, която е със стойност $R(X_3, Y_4) = 0,372$;
- X_3 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и началната мекост $M_{н.}(Y_1)$, която е със стойност $R(X_3, Y_1) = 0,350$;
- X_3 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$, която е със стойност $R(X_3, Y_3) = 0,350$;
- X_3 (дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025) и коефициента на мекост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$, която е със стойност $R(X_3, Y_5) = 0,311$;
- X_1 (дебелината на слоя тапицерска вложка) и коефициента на мекост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$, която е със стойност $R(X_1, Y_3) = 0,331$;

Таблица 3.12. Коефициенти на корелация между изследваните параметри и показатели за оценка на моделите (експеримент „Д“)

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	0,280	0,306	0,331	0,262	0,235
X_2	0,479	0,486	0,469	0,482	0,440
X_3	0,350	0,378	0,350	0,372	0,311
Y_1	1	0,991	0,992	0,996	0,979
Y_2		1	0,996	0,993	0,956
Y_3			1	0,993	0,964
Y_4				1	0,965
Y_5					1
Дисперсионно отношение (Разпределение на Фишер) F					
F	4,61	3,67	4,11	4,63	3,76
Табличен коефициент (Критерий на Фишер) F_T					
F_T	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82

Анализът на резултатите от провеждането на експеримент върху тапицерската структура тип „Д“, чрез матрицата на експеримента и конкретните резултати от експерименталната работа показват, че дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 оказва най-силно влияние (от изследваните фактори) върху началната мекост ($R_{x_2y_1} = 0,479$), общата деформация на облегалката ($R_{x_2y_4} = 0,372$), на седалката ($R_{x_2y_2} = 0,486$) и върху коефициента на мекост на седалката ($R_{x_2y_3} = 0,469$) и облегалката ($R_{x_2y_5} = 0,440$).

Вторият по влияние фактор върху целевите показатели е дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025. Той оказва умерено влияние върху началната мекост ($R_{x_3y_1} = 0,350$), общата деформация на седалката ($R_{x_3y_2} = 0,378$) и облегалката ($R_{x_3y_4} = 0,372$) и върху коефициента на мекост седалката ($R_{x_3y_3} = 0,350$) и на облегалката ($R_{x_3y_5} = 0,311$).

Анализът показва, че чрез промяна на дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 се постига изменение на деформационните характеристики и мекостта на изследваната тапицерска структура тип „Д“ при натоварването ѝ.

АНАЛИЗ НА УРАВНЕНИЯТА НА РЕГРЕСИЯ, ПОЛУЧЕНИ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТ „Е“

На изследване е подложена тапицерска структура тип „Е“ (Фиг. 2.7 и Фиг. 3.22), изградена от твърда тапицерска основа, тапицерска вложка, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3530, тапицерска вложка, пенополиуретан N 3030, трудногорим пенополиуретан СМЕ 3025, полиестерна вата и мебелен плат.



Фиг. 3.22. Изследване на тапицерска структура тип „Е“

Експеримент „Е“ е проведен като трифакторен планиран експеримент. Матрицата на експеримента е посочен в Таблица 3.13.

Таблица 3.13. Матрица на експеримента (Експеримент „Е“) и експерименталните данни

№	Фактори в кодиран вид			Фактори в явен вид			Y_1 (M_n)	Y_2 ($D_{o.c.}$)	Y_3 ($K_{m.c.}$)	Y_4 ($D_{o.o.}$)	Y_5 ($K_{m.o.}$)
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3					
1	-1	-1	-1	1	40	60	0,50	48,00	1,60	22,00	1,30
2	-1	-1	1	1	40	140	0,60	56,00	1,80	28,00	1,50
3	-1	1	-1	1	80	60	1,20	85,00	2,35	52,00	2,10
4	-1	1	1	1	80	140	1,30	92,00	2,43	56,00	2,20
5	1	-1	-1	3	40	60	0,70	60,00	1,90	32,00	1,60
6	1	-1	1	3	40	140	1,10	77,00	2,28	48,00	2,00
7	1	1	-1	3	80	60	1,40	100,00	2,55	62,00	2,30
8	1	1	1	3	80	140	1,65	120,00	2,80	80,00	2,50
9	1	0	0	3	60	100	0,80	65,00	2,00	36,00	1,70
10	0	1	1	1	60	100	3,10	160,00	1,70	80,00	2,55
11	0	-1	-1	2	80	100	1,30	96,00	0,70	53,00	2,10
12	0	-1	0	2	40	100	1,10	91,00	0,60	45,00	1,95
13	0	0	1	2	60	60	2,60	148,00	1,42	60,00	2,42
14	0	0	-1	2	60	140	2,3	112,00	1,80	52,00	2,12
15	0	0	0	2	60	100	2,30	126,00	1,18	51,00	2,25

X_1 – броят слоеве полиестерна вата (1, 2, 3);

X_2 – дебелината на слоя полиуретанова пяна N 3030 (40, 60, 80 mm);

X_3 – дебелината на слоя полиуретанова пяна CME 3530 (60, 100, 140 mm).

Регресионните уравнения на целевите функции имат следния вид:

$$Y_1 = 0,953 + 0,115X_1 + 0,33X_2 + 0,145X_3 - 0,091X_1X_1 - 0,066X_2X_2 + 0,258X_3X_3 - 0,018X_1X_2 - 0,018X_2X_3 \quad (3.27)$$

$$Y_2 = 7,088 + 7,3X_1 + 18,9X_2 + 9,4X_3 - 5,611X_1X_1 - 3,611X_2X_2 + 16,888X_3X_3 + 1,25X_1X_2 + 0,25X_2X_3 \quad (3.28)$$

$$Y_3 = 2,142 + 0,125X_1 + 0,32X_2 + 0,146X_3 - 0,077X_1X_1 - 0,102X_2X_2 + 0,247X_3X_3 - 0,026X_1X_2 - 0,031X_2X_3 \quad (3.29)$$

$$Y_4 = 4,288 + 6X_1 + 14,7X_2 + 7,4X_3 - 4,111X_1X_1 - 3,611X_2X_2 + 12,888X_3X_3 + 0,5X_1X_2 + 3X_1X_3 \quad (3.30)$$

$$Y_5 = 1,851 + 0,12X_1 + 0,34X_2 + 0,15X_3 - 0,088X_1X_1 - 0,088X_2X_2 + 0,261X_3X_3 - 0,037X_1X_2 - 0,037X_2X_3 \quad (3.31)$$

Върху началната мекоост $M_n(Y_1)$ влияние оказват дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530.

Влияние върху общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ на изследваната тапицерска структура оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530.

Върху коефициента на мекоост на седалката (Y_3) на изследваната тапицерска структура влияние оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и ВЗ дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530.

Влияние върху общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ на изследваната тапицерска структура оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530.

Върху коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ влияние оказват броят слоеве полиестерна вата, дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530.

Анализът на получените резултати в Таблица 3.14 показват следните определящи корелационни зависимости:

Много силна корелационна ($>0,9$) връзка има между:

- Y_3 (коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}$) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_3, Y_5) = 0,98$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{o.c.}$) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_2, Y_4) = 0,997$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и коефициента на мекоост на облегалката $K_{m.o.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_1, Y_5) = 0,997$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и коефициента на мекоост на седалката $K_{m.c.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_1, Y_3) = 0,996$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и общата деформация на облегалката $D_{o.o.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_1, Y_4) = 0,992$;
- Y_1 (началната мекоост M_n) и общата деформация на седалката $D_{o.c.}(Y_2)$ със стойност $R(Y_1, Y_2) = 0,989$;

- Y_3 (коэффициента на мекост на седалката $K_{м.с.}$) и общата деформация на облегалката $D_{о.о.}(Y_4)$ със стойност $R(Y_3, Y_4) = 0,989$;
- Y_4 (общата деформация на облегалката $D_{о.о.}$) и коэффициента на мекост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_4, Y_5) = 0,85$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{о.с.}$) и коэффициента на мекост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$ със стойност $R(Y_2, Y_3) = 0,982$;
- Y_2 (общата деформация на седалката $D_{о.с.}$) и коэффициента на мекост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$ със стойност $R(Y_2, Y_5) = 0,980$.

Силна корелационна (0,7 – 0,9) връзка има между:

- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан N 3030) и коэффициента на мекост на облегалката $K_{м.о.}(Y_5)$, която е със стойност $R(X_2, Y_5) = 0,786$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан N 3030) и началната мекост $M_{н.}(Y_1)$, която е със стойност $R(X_2, Y_1) = 0,785$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан N 3030) и коэффициента на мекост на седалката $K_{м.с.}(Y_3)$, която е със стойност $R(X_2, Y_3) = 0,775$;
- X_2 (дебелината на слоя пенополиуретан N 3030) и общата деформация на седалката $D_{о.с.}(Y_2)$, която е със стойност $R(X_2, Y_2) = 0,750$;

Таблица 3.14. Коэффициенти на корелация между изследваните параметри и показатели за оценка на моделите (експеримент „Е“)

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	0,059	0,040	0,087	0,071	0,069
X_2	0,785	0,750	0,775	0,746	0,786
X_3	0,273	0,290	0,303	0,305	0,278
Y_1	1	0,989	0,996	0,992	0,997
Y_2		1	0,982	0,997	0,980
Y_3			1	0,989	0,998
Y_4				1	0,985
Y_5					1
Дисперсионно отношение (Разпределение на Фишер) F					
F	3,58	4,09	3,51	3,62	3,95
Табличен коэффициент (Критерий на Фишер) F_T					
F_T	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15

Дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 оказва най-силно влияние върху началната мекоост ($R_{x_2y_1} = 0,785$), общата деформация на облегалката ($R_{x_2y_4} = 0,746$), на седалката ($R_{x_2y_2} = 0,750$) и върху коефициента на мекоост на седалката ($R_{x_2y_3} = 0,775$) и облегалката ($R_{x_2y_5} = 0,786$). Дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 оказва умерено влияние върху общата деформация на облегалката ($R_{x_3y_4} = 0,305$) и върху коефициента на мекоост на седалката ($R_{x_3y_3} = 0,303$).

Резултатите показват, че чрез промяна на дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 и дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 се постига изменение на деформационните характеристики и мекоостта на изследваната тапицерска структура тип „Е“ при натоварването ѝ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия дисертационен труд е представено изследване на изменението на показателите на мекоост и деформационните характеристики на тапицерията при промяна на физико-механичните и еластичните свойства, дебелината и броя на вложените материали при изграждането на пружиниращата част на шест варианта на тапицерската структура.

Актуалността на темата се заключава главно в изясняването на някои въпроси, свързани с влиянието на плътността и дебелината на пенополиуретаните, използвани в изграждането на изследваните тапицерски структури върху мекоостта им.

От проведените изследвания могат да се направят някои по-съществени изводи и заключения:

1. При тапицерска структура тип „А“ дебелината на слоя от пенополиуретан N 3540 оказва влияние върху началната ѝ мекоост (50%), общата деформация на седалката (45%) и общата деформация на облегалката (45%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (48%) и коефициента на мекоост на облегалката (45%). Зависимост има и между дебелината на слоя тапицерска вложка и началната ѝ мекоост (33%), общата деформация на седалката (40%) и общата деформация на облегалката (35%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (33%) и коефициента на мекоост на облегалката (39%).

2. При тапицерска структура тип „Б“ дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 оказва влияние върху началната ѝ мекоост (70%), общата деформация на седалката (75%) и общата деформация на облегалката (75%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (70%) и коефициента на мекоост на облегалката (70%). Дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3025 оказва влияние върху началната ѝ мекоост (33%), общата деформация на седалката (31%) и общата деформация на облегалката (30%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (31%) и коефициента на мекоост на облегалката (30%).

3. При тапицерска структура тип „В“ дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025 оказва влияние върху началната ѝ мекоост (71%), общата деформация на седалката (30%) и общата деформация на облегалката (77%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (75%) и коефициента на мекоост на облегалката (76%). Броят слоеве полиестерна вата оказват влияние върху началната ѝ мекоост (35%), общата деформация на седалката (32%) и общата деформация на облегалката (35%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (37%) и коефициента на мекоост на облегалката (35%).

4. При тапицерска структура тип „Г“ дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025 оказва влияние върху началната ѝ мекоост (78%), общата деформация на седалката (77%) и общата деформация на облегалката (73%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (79%) и коефициента на мекоост на облегалката (73%). Броят на слоеве полиестерна вата оказва влияние върху началната ѝ мекоост (30%), общата деформация на седалката (30%) и общата деформация на облегалката (31%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (32%) и коефициента на мекоост на облегалката (31%).

5. При тапицерска структура тип „Д“ дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3530 оказва влияние върху началната ѝ мекоост (50%), общата деформация на седалката (37%) и общата деформация на облегалката (49%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (47%) и коефициента на мекоост на облегалката (44%). Дебелината на слоя пенополиуретан СМЕ 3025 оказва влияние върху началната ѝ мекоост (35%), общата деформация на седалката (38%) и общата деформация на облегалката (37%), както и върху коефициента на мекоост на седалката (35%) и коефициента на мекоост на облегалката (31%).

6. При тапицерска структура тип „Е“ дебелината на слоя от пенополиуретан N 3030 оказва влияние върху началната ѝ мекост (79%), общата деформация на седалката (75%) и общата деформация на облегалката (75%), както и върху коефициента на мекост на седалката (78%) и коефициента на мекост на облегалката (78%). Дебелината на слоя от пенополиуретан СМЕ 3530 оказва влияние върху общата деформация на облегалката (30%), както и върху коефициента на мекост на седалката (31%).

7. Установените свойства и степен на влияние на отделните материали върху показателите на мекост на тапицерията може да се използват като база за определяне на оптималния вариант при изграждането на конкретен тип тапицерска структура, според функционалното ѝ предназначение и модел тапицирана мебел.

8. Изследваните тапицерски структури може да бъдат използвани успешно за производството на седалките и облегалките на съвременни тапицирани мебели.

ПРИНОСИ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

В резултат от проведените експериментални и теоретични изследвания на влиянието свойствата на материалите, използвани при изграждането на тапицерската структура върху мекостта на тапицираните мебели, могат да бъдат обобщени следните основни приноси на дисертационния труд:

1. Научно-приложни приноси:

1.1. Установени са стойностите на основните показатели на мекост на тапицерската структура – начална мекост (M_n), обща деформация на облегалката ($D_{o.o.}$), обща деформация на седалката ($D_{o.c.}$), коефициент на мекост на облегалката ($K_{m.o.}$) и коефициент на мекост на седалката ($K_{m.c.}$) за шест различни вида тапицерска структура, пружиниращата част на които е изградена от пружинен пакет „Покет“, конвенционални пенополиуретани – N 3030, N 3540, трудногорими пенополиуретани – СМЕ 3025, СМЕ 3530, тапицерска вложка и полиестерна вата.

1.2. На базата на експерименталните резултати са изведени графични зависимости между натоварващата сила и деформационното поведение на изследваните тапицерски структури.

1.3. Установените стойности и степента на влияние на изследваните материали върху показателите на мекост на тапицерията, може да се използват като база за определяне на оптималния вариант при изграждането на конкретен тип тапицерска структура, според функционалното ѝ предназначение.

2. Приложни приноси:

2.1. Изследваните тапицерски структури може да бъдат внедрени в единично, серийно и масово производство на седалките и облегалките на съвременни тапицирани мебели, отговарящи на БДС 8962:1990 Мебел за седене и лежане. Метод на изпитване на мекост и БДС 7669:1989 Мебел. Тапицерия. Технически изисквания.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Генчев, Я., Р. Божков. Деформационно поведение на пенополиуретаните, изграждащи структурата на тапицерията. – В: Управление и устойчиво развитие, 2021, 91(6), 82 – 87.
2. Божков, Р. Деформационно поведение на материалите, използвани при изграждането на пружиниращата част от структурата на тапицерията. – In: XIX INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS, SUMMER SESSION, 07 – 10.09.2022, VARNA, BULGARIA. Machines, Technologies, Materials, 2022, Proceedings, Volume III. 222 – 225. ISSN 2535-0021 (Print), ISSN 2535-003X (Online).
3. Божков, Р. Влияние на вида тапицерска основа върху деформационното поведение на седалката на тапицираните мебели. – In: XX JUBILEE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS, WINTER SESSION, 08 – 11.03.2023, BOROVETS, BULGARIA. Machines, Technologies, Materials, 2023, Proceedings, Volume II, 86 – 89. ISSN 2535-0021 (Print), ISSN 2535-003X (Online).
4. Божков, Р. Деформационно поведение на трудногоримите полиуретанови пени СМЕ 3025 и СМЕ 3530 и приложението им в изграждането на структурата на тапицерията. – In: XX JUBILEE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS, SUMMER SESSION, 06 – 9.09.2023, VARNA, BULGARIA. Machines, Technologies, Materials, 2023, Proceedings, Volume III, 214 – 216. ISSN 2535-0021 (Print), ISSN 2535-003X (Online).

INFLUENCE OF MATERIAL PROPERTIES ON THE SOFTNESS OF UPHOLSTERED FURNITURE

Rostislav Bozhkov

University of Forestry, Sofia, Bulgaria

ABSTRACT OF THE PhD DISSERTATION

The objective of the PhD thesis is to examine the change in the softness indicators and the deformation characteristics of the upholstery when the physico-mechanical and elastic properties, the thickness and the amount of the inserted materials are changed during the construction of the spring part of the upholstery structure. They have been researched the physical-mechanical and elastic properties of fire-resistant polyurethane – CME 3025, CME 3530 and conventional polyurethane N 3030, N 3540, polyester wadding and upholstery insert and the influence of their thickness on the main indicators of softness of the upholstery structure.

Has been researched the deformation behavior of six types of upholstery with different structure and the influence of individual parameters on the softness has been established.

The values of the main indicators of softness of the upholstery structure – initial softness; general deformation of the backrest; general deformation of the seat; backrest softness coefficient and seat softness coefficient of the six types of upholstery structure studied, the spring part of which is made up of a “pocket” spring, conventional polyurethane foams – N 3030, N 3540, flame retardant polyurethane foams – CME 3025, CME 3530, upholstery insert and polyester wadding.

The established values and the degree of influence of the researched materials on the softness indicators of the upholstery, can be used as a basis for determining the optimal option in the construction of a specific type of upholstery structure, according to its functional purpose.