

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНН Лісового і садово-паркового господарства

УДК 674.23:684.42

ПОГОДЖЕНО

Директор ІНН

Лісового і садово-паркового
господарства

Роман ВАСИЛИШИН

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технологій та дизайну виробів з
деревини

Андрій СПІРОЧКІН

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення
двоспального ліжка»**

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: «Деревообробні та меблеві технології»

Програма підготовки: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Андрій СПІРОЧКІН

(ПБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сергій МАЗУРЧУК

(ПБ)

Виконав

(підпис)

Петро БЛОНАР

(ПБ студента)

КИЇВ – 2024 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ Лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри технологій та
дизайну виробів з деревини**

к.т.н., доц. _____ Андрій СПРОЧКІН

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Блонару Петру Андрійовичу

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення двоспального ліжка» затверджена наказом ректора НУБіП України від «31» жовтня 2023 р. № 1981 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 15.11.2024 року

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи звіти роботи базового підприємства, звіти з виробничої, переддипломної практики, методики виконання експериментальних досліджень, державні, міждержавні стандарти.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Характеристика двоспального ліжка.
2. Проаналізувати сучасний стан ринку виготовлення двоспальних ліжок.
3. Розробити технологічний процес виготовлення двоспального ліжка, в тому числі конструкторську документацію.
4. Провести експериментальні дослідження з визначення фізико-механічних властивостей матеріалів вибраних за методом аналізу ієрархій.
5. Розробити пропозиції із застосування вибраних матеріалів в технології виготовлення двоспального ліжка.

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Сергій МАЗУРЧУК**

Завдання прийняв до виконання _____ **Петро БЛОНАР**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка МР містить 67 с., 26 рис., 30 табл., 38 джерел, 1 додаток.

У першому розділі розглянуто конструкційні особливості виготовлення двоспального ліжка. Матеріали, що використовуються у виробництві виробу.

У другому розділі застосовано метод аналізу ієрархій для обґрунтування вибору найкращого матеріалу для виробництва двоспального ліжка. Результати показали, плитні матеріали у поєднання з масивом є пріоритетними матеріалами завдяки своїм технічним характеристикам та економічній доступності. Це дозволяє забезпечити баланс між міцністю продукції та її вартістю.

Третій розділ присвячений методиці визначення фізико-механічних властивостей пріоритетних матеріалів, які запропоновані до використання у процесі виготовлення ліжка.

Четвертий розділ акцентує увагу на аспектах впровадження пріоритетних матеріалів у виробництво, конструкції виробу його собівартості та окупності проекту.

Магістерська робота підкреслює питання проведення аналізу та обґрунтованості підходів до вибору сучасних метеріалів та прорахунку конструктивних рішень у виробничому процесі.

ДВОСПАЛЬНЕ ЛІЖКО, МАТЕРІАЛИ, ДСП, МДФ, ШПОН, МАСИВНА ДЕРЕВИНА, КОНСТРУКЦІЯ, МЕЖА МІЦНОСТІ, МЕБЛІ, СПАЛЬНЯ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ЦІНА ВИРОБУ, СОБІВАРТІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РИНКУ ЛІЖОК.....	7
1.1 Аналіз конструкційних особливостей двоспального ліжка	7
1.2 Основні матеріали для виготовлення двоспального ліжка.....	11
РОЗДІЛ II ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИРОБУ	16
2.1 Пріоритетні матеріали, їх опис	16
2.2 Прийняття проектних рішень за методом розставляння пріоритетів.....	21
2.3 Вирішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархії ...	32
РОЗДІЛ III МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	39
3.1 Методи випробування ліжок на міцність, стійкість та довговічність, їх вимоги	39
3.2 Експериментальне дослідження матеріалів для виготовлення двоспального ліжка	40
3.3 Розрахунок межі міцності досліджувальних матеріалів	45
РОЗДІЛ IV АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРІОРИТЕТНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИГОТОВЛЕННІ ВИРОБУ.....	50
4.1 Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення двоспального ліжка	50
4.2 Розрахунок фінансових результатів діяльності підприємства.....	51
4.3 Розрахунок окупності проекту.....	53
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

В сучасному світі, де якість життя і комфорт людини набуває все більш значимого значення, питання вдосконалення конструкцій та технологій виготовлення меблів стає дуже актуальним. Ліжко, особливо двоспальне, є одним із ключових елементів інтер'єру, а також воно відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні такої важливої речі, як зручності під час сну. Покращення та вдосконалення технологій виготовлення двоспального ліжка, дозволяє підвищити його функціональні можливості, підвищити його в плані екологічності, і найголовніше для підприємств, можливе зменшення витрат на його виробництво.

Аналіз технологій виготовлення двоспального ліжка, а також обґрунтування необхідності їх вдосконалення є завжди актуальним процесом. У магістерській кваліфікаційній роботі буде розглянуто різноманітні матеріали та конструкції, які можливо буде застосувати для підвищення функціоналу та якості ліжка. Особлива увага буде приділятися підвищенню якості та довговічності ліжка, зменшення вартості на виробництва, і додання функціоналу для підвищення зручності в використанні.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення двоспального ліжка.

Предмет дослідження: обґрунтування вдосконалення технологічного процесу виготовлення двоспального ліжка шляхом конструктивних змін виробу та застосуванні комбінованих матеріалів.

Мета роботи: обґрунтування конструктивних рішень щодо виготовлення двоспального ліжка

Методи досліджень: експериментальний - дослідження міцнісних показників елементів двоспального ліжка; статистичні обрахунки – для обробки експериментальних даних; методи аналізу ієрархій – для визначення пріоритетного матеріалу для виготовлення ліжкаї.

Завдання дослідження: проаналізувати конструкцію та сучасний стан ринку виготовлення двоспального ліжка; вибір матеріалу для ліжка; провести експериментальні дослідження з визначення фізико-механічних властивостей вибраних матеріалів для ліжка; обґрунтувати застосування визначених матеріалів у виготовленні виробу.

РОЗДІЛ І

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РИНКУ ЛІЖОК

1.1. Аналіз конструкційних особливостей двоспального ліжка

Повноцінний сон є важливим аспектом життя кожної людини, тому ліжко являє собою одним з найважливіших типів меблів у житті людини. Звичайне ліжко має просту конструкцію, а двоспальне ліжко, що вміщає як мінімум двох людей вимагає до себе ще більші вимоги. Аналіз двоспального ліжка буде включати в себе розбір основних елементів з яких воно складається, з'єднань, що поєднують їх між собою, а також можливі індивідуальні особливості конструкцій.

Спочатку буде розглянуто основні елементи конструкції двоспального ліжка. До основних елементів відноситься:

- Каркас двоспального ліжка (основа ліжка чи його скелет) (Рис.1):

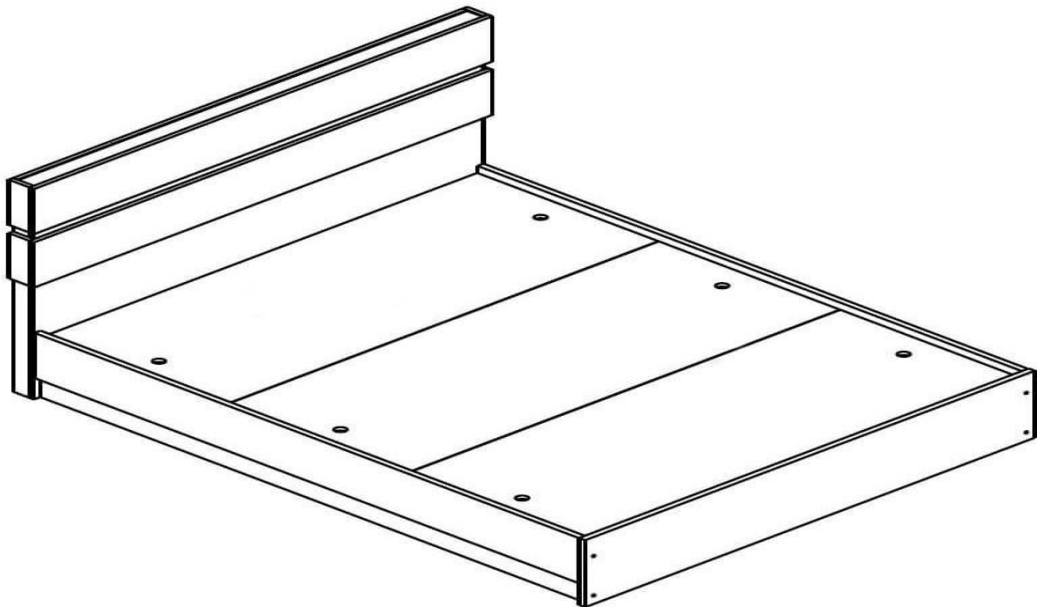


Рис.1. Каркас двоспального ліжка

- Воно формує зовнішній контур ліжка, а також підтримує матрац;
- Склад: бічні та поперечні балки, що формують каркас і центральні опори, що його утримують;
- Ніжки двоспального ліжка (Рис.2):



Рис.2. Ніжки двоспального ліжка [2]

- Їх основними функціями є забезпечення ліжку стабільністю, а також підйом його на зручну висоту;
- Ніжок в основному 4, у ліжок с твердої породи деревини ставлять додаткові ніжки, у ліжок з плитний матеріалів ці функції виконує каркас;
- Спинки (Рис.3):



Рис.3. Спинка двоспального ліжка [3]

- Спинки додає конструкції жорсткості і в дорогих ліжках додає естетичності;
- Спинки поділяють на узголів'я і узніж'я, але вони не завжди присутні;
- Ламелі (Рис.4):



Рис.4. Ламелі [4]

- Основною функцією є утримання матраца;
 - Виготовляють з деревини чи з гнуто клеєної фанери;
- З'єднання двоспального ліжка:
- Стандартними з'єднаннями в дерев'яному двоспальному ліжку є шипові. Їх використовують для поєднання балок та ніжок, забезпечуючи їм надійність;
 - Використовують металеві стяжки та кутники. Ними зміцнюють каркас. Також, додають розбірність конструкції, що є відіграє не останню роль у зручності в використанні;
 - Єврогвинти та різні болтові з'єднання. В основному використовуються в конструкції з плитних матеріалів.

- Планки для підсилення. Використовуються в тих випадках, коли треба додати міцності поперечним елементам конструкції при великих навантаженнях;

До особливостей конструкції можна віднести:

- Індивідуальна ергономіка узголів'я. В деяких випадках узголів'я роблять з нахилом, для зручності сидіння.

- Висота ліжка. Стандартна висота для двоспального ліжка є 45 – 60 см, але в ліжках виготовлених на індивідуальне замовлення вона може відрізнитися.

- Встроєні шухляди. В більшості ліжках встановлені шухляди для зберігання спальної білизни.

Також одним із конструкційних моментів, є матеріал для виготовлення. В основному двоспальне ліжко виготовляють з деревини (найпопулярнішими породами є дуб, бук, ясен, сосна), а в більш дешевих варіантах плитні матеріали:

Деревні масивні матеріали:

- Характеризуються міцністю та довговічністю;
- Внутрішній скелет ліжка майже завжди виготовляють з деревини.

Плитні матеріали:

- Використовується в дешевших варіантах ліжка, характеризується простотою при виготовленні та збиранні;

- Ламелі для ліжка виготовляється з гнучої клеєної фанери;

Також існує варіант виготовлення ліжка з металу. Металевим може бути як ліжка в цілому, чи тільки каркас. Такі ліжка часто виготовляють різних сучасних стилях.

Аналіз повинен враховувати моделювання можливих деформацій а також розрахунок навантажень. Це дозволяє передбачити поведінку та стан ліжка під час його активного експлуатування.

1.2. Основні матеріали для виготовлення двоспального ліжка

Для виготовлення такої звичайної речі як двоспальне ліжко використовується різні матеріали, що відрізняються за своїми характеристиками та властивостями. Основними матеріалами для виготовлення двоспального ліжка є: деревина, плитні деревні матеріали та метал.

Деревина. Деревина це матеріал який використовувався у виготовленні ліжок ще давнину. Найчастішими породами для виготовлення ліжка є дуб (Міцна і важка порода деревини, яка характеризується підвищеною щільністю та твердістю.), бук (Міцна і стійка до навантажень деревина. Баланс ціни і якості.), ясен (Доволі гнучка і міцна деревина. Саме її гнучкість і стійкість до деформації робить її прекрасним кандидатом на виготовлення двоспального ліжка (Рис.5.)), сосна (Дешева і доступна порода деревини. Легка в обробці і доступності дозволяє виготовляти ліжка в масовому виробництві.) Деревина в не залежності від породи має як переваги у порівнянні з іншими матеріалами, так і недоліки.



Рис.5. Дерев'яне двоспальне ліжко з ясена [5]

До переваг відносяться:

Міцність: Тверді породи деревини забезпечують високу міцність при експлуатації деревини.

Довговічність: Правильно виготовлене ліжка з деревини буде служити людині не один рік.

Стійкість до деформацій: Деревина добре справляється з різними деформаціями і пристосовується до різних навантажень

Різноманітність форм при виготовленні: Деревина податливий матеріал, і ця податливість дає майстрам можливість задовольнити будь які естетичні примхи покупця.

Естетична цінність: Деревина має гарну структуру, що може влитися в будь який інтер'єр.

Екологічність: Показник, який почав набувати вартості лише зовсім нещодавно. Так як деревина це натуральний матеріал то вона нешкідлива для людини і тому безпечна.

До явних недоліків відноситься:

Вага: Вага двоспального ліжка особливо з твердих порід дуже велика , і це може ускладнити його транспортування і переміщення, що також вплине на ціну.

Вартість: Двоспальне ліжка з натуральної деревини вельми дороге задоволення. Чим рідкісніша порода і якісніша деревина, тим більша ціна на ліжка.

Виходячи з цих параметрів, зрозуміло, що вибір породи деревини для виготовлення ліжка залежить від потреб клієнта, його бюджету і стилю інтер'єра.

Плитні деревні матеріали.

Деревні плитні матеріали – так звані «замінники натуральної деревини». Їх використовують як матеріал виготовлення двоспального ліжка (Рис.6.) при масовому виробництві. При виготовленні ліжка найчастіше використовують ДСП плити та MDF плити. Також при виготовленні таких деталей як ламелі використовується гнуто клеєна фанера.



Рис.6. Двоспальне ліжка з ДСП плит [6]

Тепер буде розглянуто основні переваги і недоліки ДСП і MDF плит.
ДСП плити.

До переваг відноситься:

Міцність. Міцність ДСП плити менша ніж у натуральної деревини, але достатня для виготовлення двоспального ліжка з урахуванням навантаження на нього.

Різноманітність дизайну: В наш час облицювка ДСП плити може бути такою якою захоче клієнт. Нема обмежень на її текстуру чи колір.

Економічний фактор: ДСП плити один із найдешевших плитних матеріалів.

Недоліки:

Схильність до деформацій: Все ж міцність менша ніж у натуральної деревини, і через це підвищена схильність до деформації.

MDF плити.

Переваги:

Легкість в обробці: Ці плити легко піддаються обробці, що робить їх простими в обробці.

Економічний фактор: MDF плити мають невелику ціну у порівнянні з натуральною деревиною

Велика щільність: MDF плити мають непогану щільність

Недоліки:

Чутливість до вологи: При великій волозі в повітрі, плита може деформуватися.

Мала міцність: Невелика міцність у порівнянні з натуральною деревиною.

Метал.

Металеві двоспальні ліжка (Рис.7) є чудовим вибором для тих, хто любить простоту, міцність, довговічність.



Рис.7. Металеве двоспальне ліжко [7]

Ці ліжка також мають як ряд переваг, так і ряд недоліків.

Переваги:

Міцність: Металеві каркаси в двоспальних ліжках мають велику міцність і здатні витримувати великі навантаження.

Довговічність: Метал більш стійкий ніж деревина, і тому довговічний.

Стійкий до деформації: Метал не піддається волозі та впливу температур, що робить ліжко стійким до деформації.

Легкість догляду: Металеві ліжка легко чистити, бо вони не бояться контакту з водою, і при цьому не потребують особливого догляду.

Недоліки:

Вага: Вага металевого двоспального ліжка може бути равним чи навіть більшим ніж вага двоспального ліжка с натуральної деревини.

РОЗДІЛ II

ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИРОБУ

2.1. Пріоритетні матеріали, їх опис

Для дослідження вибрано п'ять різних матеріалів, які різні за своїми характеристиками. Отже вибрано такі матеріали: ДСП; фанера; MDF, деревина сосни і берези. Також, основні характеристики, це: твердість; міцність на згин; щільність; товщина і ціна.

Ось коротка характеристика про кожен з цих матеріалів.

ДСП – це скорочена назва від «деревостружкова плита» (рис.2.1.). ДСП - матеріал з широким спектром використання, наприклад: використання при виробництві корпусних меблів, будівельних конструкцій, іноді підлог чи покриттів та інших виробів.



Рис.2.1. ДСП плити [13]

ДСП виготовляють з деревини, яку в першу чергу роздрібнюють на дрібні частинки або стружки. Потім ці частинки змішують з клейовою сумішшю, пресують за високого тиску і високої температури, щоб сформувати плиту. Після виготовлення за бажанням ДСП може бути обшарована декоративними

зовнішніми шарами (ламініат або фанера), що надають їй бажаний зовнішній вигляд і додатковий захист (рис.2.2.).



Рис.1.2. Ламіноване ДСП [14]

ДСП є популярним матеріалом завдяки своїй високій міцності, стабільності та доступності.

Фанера - це деревообробний матеріал, який складається з тонких шарів шпона, зв'язаних між собою клеєм (рис.2.3.). Вона виготовляється з різних порід дерева (наприклад березу, дуб, сосну та інші).



Рис.1.3. Фанера [15]

Основні характеристики на які звертають увагу при виборі фанери:

- Кількість шарів шпона: Фанера складається з кількох шарів тонкого шпону, які зазвичай розташовані перпендикулярно один до одного.
- Вид клею: Шари шпона з'єднуються спеціальним клеєм, який дозволяє створити міцний композитний матеріал.
- Види фанери: Існують різні види фанери, такі як стандартна фанера, ламінована фанера та інші, які відрізняються застосуванням і обробкою.
- Використання: Фанера широко використовується для виробництва меблів, стін, підлог, каркасів для дверей, стільниць для кухонь, а також в будівництві для обробки стін, дахів та інших конструкцій.

Фанера є важливим матеріалом у будівництві та ремонті, а також для виготовлення меблів і різноманітних виробів завдяки своїм корисним властивостям та різноманітним застосуванням.

MDF - це скорочення від «Medium Density Fiberboard» або «Плита з середньою щільністю на основі волокна» (рис.2.4.). MDF - це вид деревообробного матеріалу, який виготовляється з обробленого деревного волокна та спеціальних клеїв під впливом високого тиску і температури.



Рис.1.4. MDF плита [16]

Основними характеристиками при виборі MDF плит є:

- **Склад:** MDF виготовляється з деревного волокна, яке зазвичай отримується з порід дерева, таких як береза, сосна або тополя. Волокно переробляється в порошок або волоконні частинки.
- **Клей:** Деревне волокно з'єднується за допомогою спеціальних клеїв, які ретельно розподіляються по всій масі матеріалу.
- **Види MDF:** Існують різні види MDF, включаючи стандартну MDF, MDF з ламінатом, MDF з меламіновим покриттям та інші, які відрізняються застосуванням і зовнішнім виглядом.
- **Використання:** MDF використовується для виготовлення меблів, обробки стін, підлог, дверей, а також для створення декоративних виробів та різних конструкцій.

MDF є популярним матеріалом у багатьох напрямках завдяки своїй однорідності, гладкій поверхні та здатності добре оброблятися. Він широко використовується в меблевому виробництві та будівництві, особливо там, де важлива однорідність та гладка обробка.

Сосна – хвойна деревина, що відноситься до типу «м'якої деревини», славиться високими експлуатаційними властивостями та неймовірною зовнішньою красою (рис.2.5.).



Рис.1.5. Деревина сосни [17]

Текстура породи груба, з дрібною зернистістю, є яскраво-виражений природний блиск. Пори розташовані рівномірно, присутні рясні смолянисті вкраплення. Колір ядра – жовтий і навіть червонуватий.

Найбільш суттєвими її перевагами у порівнянні з іншими типами деревини є наступні:

- Густина. Деревина сосни має найвищий рівень густини у порівнянні з іншими типами хвойних порід [18].
- Щільність. Деревина сосни – одна з найбільш щільних у порівнянні з іншими хвойними. За рахунок цього стіни менше втягують вологу, а відповідно менше піддаються враженням грибками та комахами [18].
- Міцність. В порівнянні з іншими хвойними володіє високими показниками міцності та ударної в'язкості [18].
- Естетична привабливість. Деревина сосни характеризується ефектним та чітко вираженим малюнком [18].

Береза. Деревина берези (рис.2.6.) - однорідна, середньої щільності, характеризується високою міцністю. Деревина вельми схильна до загнивання і викривлення.



Рис.1.6. Деревина берези [19]

Через свою міцність деревина берези знайшла широке застосування у виробництві дерев'яних деталей для інструментів (держакі лопат, рукоятки

сокир і молотків). Ще одна основна сфера застосування берези — виробництво фанери. Також використовується для виготовлення меблів.

2.2. Прийняття проектних рішень за методом розставляння пріоритетів

Метод розставляння пріоритетів – метод, суть якого полягає в якісному попарному порівнянні протилежних об’єктів відносно заздалегідь обраних характеристик. Далі результат буде переведено в кількісні оцінки, при їх відсутності в експертні оцінки.

Для порівняння обрано 5 різних матеріалів (ДСП, фанера, MDF, деревина сосни і берези) із яких можна виготовляти двоспальне ліжко, а також було обрано 5 різних характеристик (твердість, міцність на згин, щільність, товщина і ціна). Усі ці дані вказані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Обрані характеристики матеріалів

Характеристика Назва матеріалу	Твердість, мПа	Міцність на згин, мПа	Щільність, кг/м ³	Товщина мм	Ціна, грн/м ²
ДСП	25	25	670	20	2253
Фанера	20	20	550	18	1200
MDF	23	25	750	22	2459
Сосна	38,6	70,4	574	25	2700
Береза	82,5	106	665	28	3200

На основі цього було створено квадратні матриці бінарних відношень розміром 5x5. У матрицях «n» це обрані матеріали, «m» - обрані характеристики. Так як є 5 матеріалів і 5 характеристик матриця виходить 5x5. Математичні символи використано для відображення співвідношення характеристик до матеріалів (> - краще; = - дорівнює; < - гірше).

Матриця порівняння матеріалів за твердістю

		X1	X1	X1	X1	X1	К	W
		25	20	23	38,6	82,5		
X1	25	=	>	>	<	<	4,13	0,7
X2	20	<	=	<	<	<		
X3	23	<	>	=	<	<		
X4	38,6	>	>	>	=	<		
X5	82,5	>	>	>	>	=		

Висока твердість, дозволить матеріалам зберігати свою форму і утримувати навантаження без деформації, що є вельми важливою характеристикою для ліжка. Матеріал з більшим показником твердості буде переважним.

Таблиця 2.3

Матриця порівняння матеріалів за міцність на згин

		X1	X1	X1	X1	X1	К	W
		25	20	25	70,4	106		
X1	25	=	>	=	<	<	5,30	0,8
X2	20	<	=	<	<	<		
X3	25	=	>	=	<	<		
X4	70,4	>	>	>	=	<		
X5	106	>	>	>	>	=		

Чим більший показник міцності на згин у матеріала, тим більше навантаження зможе утримувати ліжка. Матеріал з більшим міцності на згин показником буде переважним.

Матриця порівняння матеріалів за щільністю

		X1	X1	X1	X1	X1	К	W
		670	550	750	574	665		
X1	670	=	>	<	>	>	1,36	0,25
X2	550	<	=	<	<	<		
X3	750	>	>	=	>	>		
X4	574	<	>	<	=	<		
X5	665	<	>	<	>	=		

Показник щільності, характеризує відношення маси до об'єму. Чим більша щільність, тим більша міцність. Матеріал з більшою щільністю буде переважним.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння матеріалів за товщиною

		X1	X1	X1	X1	X1	К	W
		20	18	22	25	28		
X1	20	=	>	<	<	<	1,56	0,32
X2	18	<	=	<	<	<		
X3	22	>	>	=	<	<		
X4	25	>	>	>	=	<		
X5	28	>	>	>	>	=		

Товщина матеріалу у двоспальному ліжку впливає на його стійкість і тривалість служби. Матеріал з більшою товщиною буде переважним.

Таблиця 2.6

Матриця порівняння матеріалів за ціною

		X1	X1	X1	X1	X1	К	W
		2253	1200	2459	2700	3200		
X1	2253	=	>	<	<	<	2,67	0,6
X2	1200	<	=	<	<	<		
X3	2459	>	>	=	<	<		
X4	2700	>	>	>	=	<		
X5	3200	>	>	>	>	=		

Ціна матеріалу впливає на доступність. Чим менше ціна матеріалу тим більше він буде привертати уваги до себе.

Для визначення пріоритету кожного матеріалу для кожної характеристики (P_{ij}) і пріоритету самого показника (P_j), вводиться поняття потужності критерію L-го порядку ($P(L)$). Розраховується за формулами (2.2.5 – 2.2.11) [20].

Перша ітерація:

$$P_i(1) = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (2.2.5)$$

$$P_j(1) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.2.6)$$

$$P_{ij}(1) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.2.7)$$

Друга ітерація:

$$P_j(2) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.2.8)$$

$$P_{ij}(2) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.2.9)$$

Третя ітерація:

$$P_j(3) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.2.10)$$

$$P_{ij}(3) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.2.11)$$

Результати занесено у табл. 2.2.7-2.2.11

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за твердістю

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		25	20	23	38,6	82,5								
X1	1,00	1,70	1,70	0,30	0,30	0,30	4,13	0,7	5	0,20	19,12	0,18	76	0,18
X2	0,30	1,00	0,30	0,30	0,30	0,30			2,20	0,09	9,04	0,09	37,95	0,09
X3	0,30	1,70	1,00	0,30	0,30	0,30			3,60	0,14	13,10	0,12	53,45	0,12
X4	1,70	1,70	1,70	1,00	0,30	0,30			6,40	0,26	27,10	0,26	108,35	0,25
X5	1,70	1,70	1,70	1,70	1,00	1,00			7,80	0,31	37,04	0,35	153,25	0,36
Σ									25,00	1,00	105,40	1,00	429,00	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за міцністю на згин

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		25	20	25	70,4	106								
X1	25	1,80	1,00	0,20	0,20	0,30	5,30	0,8	4,20	0,168	14,60	0,15	53,80	0,14
X2	20	1,00	0,20	0,20	0,20	0,30			1,80	0,072	6,44	0,06	25,29	0,07
X3	25	1,80	1,00	0,20	0,20	0,30			4,20	0,168	14,60	0,15	53,80	0,14
X4	70,4	1,80	1,80	1,00	0,20	0,30			6,60	0,264	26,60	0,26	98,44	0,26
X5	106	1,80	1,80	1,80	1,00	1,00			8,20	0,328	38,44	0,38	150,47	0,39
Σ									25,00	1,00	100,68	1,00	381,80	1,00

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		670	550	750	574	665								
X1	1,00	1,25	0,75	1,25	1,25	1,25	1,36	0,25	5,50	0,22	26,88	0,22	131,53	0,22
X2	0,75	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75			4,00	0,16	19,75	0,16	96,81	0,16
X3	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25	1,25			6,00	0,24	29,75	0,24	145,69	0,24
X4	0,75	1,25	0,75	1,00	0,75	0,75			4,50	0,18	21,88	0,18	107,22	0,18
X5	0,75	1,25	0,75	1,25	1,00	1,00			5,00	0,20	24,25	0,20	118,75	0,20
Σ									25,00	1,00	122,50	1,00	600,00	1,00

Таблиця 2.10

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за товщиною

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		20	18	22	25	28								
X1	20	1,00	1,32	0,68	0,68	0,68	1,56	0,32	4,36	0,17	20,78	0,17	100,50	0,17
X2	18	0,68	1,00	0,68	0,68	0,68			3,72	0,15	18,19	0,15	88,04	0,15
X3	22	1,32	1,32	1,00	0,68	0,68			5,00	0,20	23,77	0,20	114,76	0,20
X4	25	1,32	1,32	1,32	1,00	0,68			5,64	0,23	27,18	0,22	131,06	0,22
X5	28	1,32	1,32	1,32	1,32	1,00			6,28	0,25	30,99	0,26	149,68	0,26
Σ									25,00	1,00	120,90	1,00	584,04	1,00

Матриця суміжності для порівняння матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		2253	1200	2459	2700	3200								
X1	2253	1,00	1,60	0,40	0,40	0,40	2,67	0,6	3,80	0,15	15,40	0,14	67,35	0,14
X2	1200	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40			2,60	0,10	11,56	0,10	51,18	0,11
X3	2459	1,60	1,60	1,00	0,40	0,40			5,00	0,20	20,68	0,19	89,00	0,19
X4	2700	1,60	1,60	1,60	1,00	0,40			6,20	0,25	27,40	0,25	117,85	0,25
X5	3200	1,60	1,60	1,60	1,60	1,00			7,40	0,30	35,56	0,32	155,62	0,32
Σ									25,00	1,00	110,60	1,00	481,00	1,00

Метод експертних оцінок використовується для обґрунтування більш вигідних матеріалів, виробів, технологій тощо. Методика аналізу експертних оцінок включає в себе декілька етапів, першим з яких є складання анкети.

Середнє значення \bar{x}_{ij} та середнє квадратичне відхилення S_{ij} розраховано по кожній з відповідей за формулами (2.12-2.13) [20]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2.2.12)$$

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2}{m-1}}, \quad (2.2.13)$$

де: x_{ij} – оцінка j -го експерта по i -му питанню;

m – кількість експертів.

Розраховано коефіцієнт варіації V_{ij} за формулою (2.2.14) [20]:

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100\%, \quad (2.2.14)$$

Загальний коефіцієнт погодження експертів визначено за формулами (2.2.15 -2.2.16) [20]:

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \quad (2.2.15)$$

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}}, \quad (2.2.16)$$

де: n – кількість характеристик в анкеті;

m_{ij} – кількість оцінок по кожній характеристиці в кожному з вирівняних рядів.

Якщо $0,5 \leq K_E \leq 1$, то думка експертів погоджена [20].

Дані занесено у табл. 2.12

Результати експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Твердість, мПа			Міцність на згин, мПа			Щільність, кг/м ³			Товщина, мм			Ціна, грн./м ²		
	X _i	X _{сер} -X _i	(X _{сер} -X _i) ²	X _i	X _{сер} -X _i	(X _{сер} -X _i) ²	X _i	X _{сер} -X _i	(X _{сер} -X _i) ²	X _i	X _{сер} -X _i	(X _{сер} -X _i) ²	X _i	X _{сер} -X _i	(X _{сер} -X _i) ²
1	5	-1,00	1,00	5	-1,29	1,65	3	-1,14	1,31	2	0,57	0,33	2	0,1429	0,0204
2	1	3,00	9,00	1	2,71	7,37	1	0,86	0,73	1	1,57	2,47	1	1,1429	1,3061
3	5	-1,00	1,00	5	-1,29	1,65	1	0,86	0,73	4	-1,43	2,04	2	0,1429	0,0204
4	5	-1,00	1,00	4	-0,29	0,08	2	-0,14	0,02	4	-1,43	2,04	2	0,1429	0,0204
5	2	2,00	4,00	3	0,71	0,51	1	0,86	0,73	5	-2,43	5,90	3	-0,857	0,7347
6	5	-1,00	1,00	4	-0,29	0,08	3	-1,14	1,31	1	1,57	2,47	2	0,1429	0,0204
7	5	-1,00	1,00	4	-0,29	0,08	2	-0,14	0,02	1	1,57	2,47	3	-0,857	0,7347
Середнє значення балу	4,00			3,71			1,86			2,57			2,14		
Середнє квадратичне відхилення			1,68			1,35			0,83			1,91			0,59
Коефіцієнт варіації / 100%			0,42			0,36			0,45			0,74			0,28
		K _{експ} -1	0,58		K _{експ} -2	0,64		K _{експ} -3	0,55		K _{експ} -4	0,26		K _{експ} -5	0,72
Загальний коефіцієнт погодження експертів	0,55														

Так як думка експертів вважається узгодженою, це дає можливість побудувати квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.13)

Таблиця 2.13

Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W
		4,00	3,71	1,86	2,57	2,14		
Y1	4,00	=	>	>	>	>	2,15	0,47
Y2	3,71	<	=	>	>	>		
Y3	1,86	<	<	=	<	<		
Y4	2,57	<	<	>	=	>		
Y5	2,14	<	<	>	<	=		

Співвідношення між об'єктами виражені математичними символами «>», «=», «<».

Замінено математичні символи, значеннями α_{ij} , і побудовано матрицю суміжності для порівняння показників (табл. 2.14).

Таблиця 2.14

Матриця суміжності

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *
		4,00	3,71	1,86	2,57	2,14						
Y1	4,00	1,00	1,47	1,47	1,47	1,47	2,15	0,47	6,88	0,28	33,52	0,29
Y2	3,71	0,53	1,00	0,74	1,47	1,47			5,94	0,24	27,49	0,24
Y3	1,86	0,53	0,53	1,00	0,53	0,53			3,12	0,12	14,72	0,13
Y4	2,57	0,53	0,53	1,47	1,00	0,74			5,00	0,20	22,35	0,19
Y5	2,14	0,53	0,53	1,47	0,53	1,00			4,06	0,16	18,09	0,16
Σ									25,00	1,00	116,16	1,00

Розрахунок проведено аналогічно минулим таблицям.

На основі результатів побудовано загальну матрицю для обчислення комплексного пріоритету матеріалу (табл. 2.15).

Підсумкова матриця

Матеріал	Пріоритет породи по одиничних показниках					Пріоритет показника		Комплексний пріоритет матеріалу
	1	2	3	4	5	номер	значення	
ДСП	0,18	0,14	0,22	0,17	0,14	3	0,29	0,17
Фанера	0,09	0,07	0,16	0,15	0,11	5	0,24	0,11
MDF	0,12	0,14	0,24	0,20	0,19	4	0,13	0,17
Сосна	0,25	0,26	0,18	0,22	0,25	2	0,19	0,24
Береза	0,36	0,39	0,20	0,26	0,32	1	0,16	0,32

Як можна побачити в підсумковій матриці, найбільший пріоритет припадає на деревину берези. Тому цей матеріал запропоновано при виготовленні двоспального ліжка.

2.3. Вирішення багатокритеріальної задачі методом аналізу ієрархії

МАІ або метод аналізу ієрархії розробив американський вчений Томас Саати (1926-2017) у 70-80 роках 20 століття. Цей метод порівнює об'єкти, які мають різні набори критеріїв та показників, які як кількісні, так і якісні.

МАІ не намагається диктувати «правильне рішення», але надає можливість знайти альтернативу, який найкраще чином рівняється з розумінням суті проблеми та вимоги для її рішення.

Є такі дані:

Мета: вибір найбільш підходящого матеріалу

Кількість альтернатив: 5

Кількість критеріїв: 5

У табл. 3.1. наведено скорочені назви альтернатив і критеріїв

Скорочення назв альтернатив і критеріїв

Кр1	Твердість	A1	ДСП
Кр2	Міцність на згин	A2	Фанера
Кр3	Щільність	A3	MDF
Кр4	Товщина	A4	Сосна
Кр5	Ціна	A5	Береза

Для вирішення цієї задачі використано шкалу відносної важливості (шкала 1-9 чи шкала Сааті).

Побудовано та заповнено матрицю (табл. 3.2), процес вибору пріоритетного матеріалу буде ґрунтуватися на аналізі того, як характеристика буде впливати на досягнення мети.

Розрахунок значення середнього геометричного значення елементів матриці виконується за формулою (2.3.1) [20]:

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}) = (a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{is})^{\frac{1}{s}}, \quad (2.3.1)$$

де: i – номер рядка матриці;

s – кількість елементів в i -му рядку матриці;

$a_{i1} = w1/w1$; $a_{i2} = w2/w2$; $a_{is} = w1/w_s$.

Обчислено значення ЛПр для першого рядка за формулою (2.3.2) [20]:

$$ЛПр_1 = \frac{[(w1/w1) \cdot (w2/w2) \cdot \dots \cdot (wn/wn)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (2.3.2)$$

Для перевірки узгодженості та однорідності експертних оцінок, використано – індекс узгодженості (CI) і відношення узгодженості (CR). Розраховано за формулами (2.3.3-2.3.4) [20]:

$$.CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}, \quad (2.3.3)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (2.3.4)$$

де: n – розмір матриці;

P_n – це індекс узгодженості. Значення знайдено в табл. 2.17 [20] для позитивної зворотної симетричної матриці випадкових оцінок $n \times n$;

λ_{max} – максимальне власне число матриці парних порівнянь або L_{am} обчислюють наступним чином:

1. Підсумовано значення 1-го рядка матриці;
2. Помножено отриманий результат на значення вектору локальних пріоритетів (ЛПр) 1-го рядка матриці
3. Повторено це і для інших рядків матриці. Суму кожного рядка матриці множимо на відповідне значення вектору локальних пріоритетів (ЛПр) 2-го порядку; суму 3-го рядка на ЛПр 3-го рядка і так далі.
4. Підсумовано отримані результати. Це буде \max власне число МПП - λ_{max} , його також позначають як L_{am} [20].

Результати розрахунків внесено до табл. 3.2. Аналогічно заповнено табл. 3.3-3.7.

Таблиця 3.2

Матриця МПП критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	ЛПр1
Кр1	Твердість	1	0,89	2,00	1,33	1,14	1,221	0,235
Кр2	Міцність на згин	1,13	1	2,25	1,50	1,29	1,373	0,265
Кр3	Щільність	0,50	0,44	1	0,67	0,57	0,610	0,118
Кр4	Товщина	0,75	0,67	1,50	1	0,86	0,915	0,176
Кр5	Ціна	0,88	0,78	1,75	1,17	1	1,068	0,206
Сума							5,187	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,757$; $CI=0,189$; $CR=0,169$

Найбільший показник $ЛПр = 0,265$

Таблиця 3.3

Матриця МПП альтернатив по відношення до критерію «Твердість»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр2
A1	ДСП	1	1,50	1,20	0,86	0,67	1,006	0,194
A2	Фанера	0,67	1	0,80	0,57	0,44	0,670	0,129
A3	MDF	0,83	1,25	1	0,71	0,56	0,838	0,161
A4	Сосна	1,17	1,75	1,40	1	0,78	1,173	0,226
A5	Береза	1,50	2,25	1,80	1,29	1	1,508	0,290
Сума							5,196	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,814$; $CI=0,203$; $CR=0,182$

Найбільший показник $ЛПр = 0,290$

Таблиця 3.4

Матриця МПП альтернатив по відношення до критерію «Міцність на згин»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр3
A1	ДСП	1	1,75	1,17	0,88	0,78	1,068	0,206
A2	Фанера	0,57	1	0,67	0,50	0,44	0,610	0,118
A3	MDF	0,86	1,50	1	0,75	0,67	0,915	0,176
A4	Сосна	1,14	2,00	1,33	1	0,89	1,221	0,235
A5	Береза	1,29	2,25	1,50	1,13	1	1,373	0,265
Сума							5,187	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,757$; $CI=0,189$; $CR=0,169$

Найбільший показник $ЛПр = 0,265$

Матриця МПП альтернатив по відношення до критерію «Щільність»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр4
A1	ДСП	1	1,60	0,89	1,33	1,14	1,167	0,229
A2	Фанера	0,63	1	0,56	0,83	0,71	0,730	0,143
A3	MDF	1,13	1,80	1	1,50	1,29	1,313	0,257
A4	Сосна	0,75	1,20	0,67	1	0,86	0,875	0,171
A5	Береза	0,88	1,40	0,78	1,17	1	1,021	0,200
Сума							5,107	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,432$; $CI=0,108$; $CR=0,097$

Найбільший показник ЛПр = 0,257

Матриця МПП альтернатив по відношення до критерію «Товщина»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр5
A1	ДСП	1	1,25	0,83	0,71	0,63	0,858	0,167
A2	Фанера	0,80	1	0,67	0,57	0,50	0,686	0,133
A3	MDF	1,20	1,50	1	0,86	0,75	1,030	0,200
A4	Сосна	1,40	1,75	1,17	1	0,88	1,201	0,233
A5	Береза	1,60	2,00	1,33	1,14	1	1,373	0,267
Сума							5,148	1,00

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,602$; $CI=0,150$; $CR=0,134$

Найбільший показник ЛПр = 0,267

Матриця МПП альтернатив по відношення до критерію «Ціна»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G	ЛПр6
A1	ДСП	1	0,78	1,17	1,40	1,75	1,173	0,226
A2	Фанера	1,29	1	1,50	1,80	2,25	1,508	0,290
A3	MDF	0,86	0,67	1	1,20	1,50	1,006	0,194
A4	Сосна	0,71	0,56	0,83	1	1,25	0,838	0,161
A5	Береза	0,57	0,44	0,67	0,80	1	0,670	0,129
Сума							5,196	1,00

Показники: $N=5$; $\text{Lam}=5,814$; $\text{CI}=0,203$; $\text{CR}=0,182$

Найбільший показник ЛПр = 0,290

Далі побудовано матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно критеріїв (табл. 3.7):

Таблиця 3.8

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно критеріїв

	Назва	ПрКр	A1 ДСП	A2 Фанера	A3 MDF	A4 Сосна	A5 Береза
Кр1	Твердість	0,235	0,194	0,129	0,161	0,226	0,290
Кр2	Міцність на згин	0,265	0,206	0,118	0,176	0,235	0,265
Кр3	Щільність	0,118	0,229	0,143	0,257	0,171	0,200
Кр4	Товщина	0,176	0,167	0,133	0,200	0,233	0,267
Кр5	Ціна	0,206	0,226	0,290	0,194	0,161	0,129

Для розрахунку значення глобального пріоритету (ГлПр), підсумовано добутки значень стовпця «ПрКр» (табл 3.8) на значення у стовпці “A1” для кожного рядка. Аналогічно обчислюють значення ГлПр для усіх інших рядків.

Отримані дані заносимо до табл. 3.9

Таблиця 3.9

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
1	ДСП	0,203
2	Фанера	0,162
3	MDF	0,190
4	Сосна	0,210
5	Береза	0,236

З табл.3.9 видно, що А5 (Береза) має найбільше значення глобального пріоритету – 0,236. Тобто, цей матеріал є найкращим варіантом для виконання поставленої

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методи випробування ліжок на міцність, стійкість та довговічність, їх вимоги

Для перевірки ліжок на стійкість, міцність та довговічність використовують стандарт ДСТУ ISO 19833:2019.

Стандарт ДСТУ ISO 19833:2019 – це стандарт, що визначає методи випробування для визначення стійкості, міцності та довговічності ліжка. Він заключає в себе тестування на вертикальні та горизонтальні статичні навантаження, випробування на довговічність, а також вертикальні ударні випробування [8].

Також використовують стандарт ASTM F2723-08.

ASTM F2723-08 – це стандарт який описує методи випробування для оцінки стійкості опорної пластини або матраца до динамічного відокремлення колінної гомілки мобільного ліжка. Він включає у себе використання статичних і втомних умов зсуву та згинальної сили для оцінки механізму утримання підшипника [9].

Також існують такі стандарти для перевірки:

EN 1725:1988 – це європейський стандарт, що визначає вимоги до безпеки, міцності і довговічності ліжок та матраців. Він включає в себе випробування на статичні та динамічні навантаження, а також стійкість до перекидання [10].

ANSI/BIFMA X5.5-2021 – це американський стандарт, що встановлює вимоги до міцності і довговічності ліжок, включає випробування на статичні навантаження, ударні випробування та випробування на знос [11].

GB/T 3327-1997 – це китайський стандарт, що визначає методи випробування для оцінки міцності та довговічності ліжок, включаючи випробування на статичні та динамічні навантаження, а також на стійкості на перекидання [12].

3.2. Експериментальне дослідження матеріалів для виготовлення двоспального ліжка

Обрані матеріали будуть досліджені на стиск та згин. Для цього будуть відібрані зразки обраних матеріалів, які будуть досліджені на розривній машині Р-5, після чого буде проведено розрахунок. Суть методу полягає у визначенні зміні лінійних розмірів зразків, які буде виникати під час згину, що виникає при дії навантаження.

Як приклад будуть обрані соснові зразки (Рис.3.1 і Рис.3.2) і зразки ДСП.



Рис.3.1. Соснові зразки на стиск



Рис.3.2. Соснові зразки на згин

Спочатку буде проведено досліди на стиск.

Ми закріплюємо зразок розміром 20x20x20 в розрив-машину (Рис.3.3). Зразок розміщується на спеціальній поверхні.



Рис.3.3. Кріплення соснових зразків на стиск

Після закріплення зразку, ми запускаємо разрив-машину після чого, на зразок діє навантаження (Рис.3.4). Навантаження буде відображатися як діаграма в програмі на комп'ютері (Рис.3.5).



Рис.3.4. Дія навантаження на зразок

Навантаження на зразок буде впливати до того, як на діаграмі буде видно, що воно іде рівномірно чи йде на спад. Інформацію показників с діаграми в подальших розрахунках.

Деформація при стиску вздовж волокон відбувається з деяким скороченням зразка. Руйнування зазвичай починається з поздовжнього згину окремих волокон; у вологій деревині або у м'яких і в'язких порід спостерігається зминання біля торців із випинанням боків, а в сухій деревині, або деревині твердих порід – зсув одної частини зразка відносно іншої по лінії, яка проходить на тангентальній поверхні під кутом біля 60 градусів до осі зразка (Рис.3.10) [21].

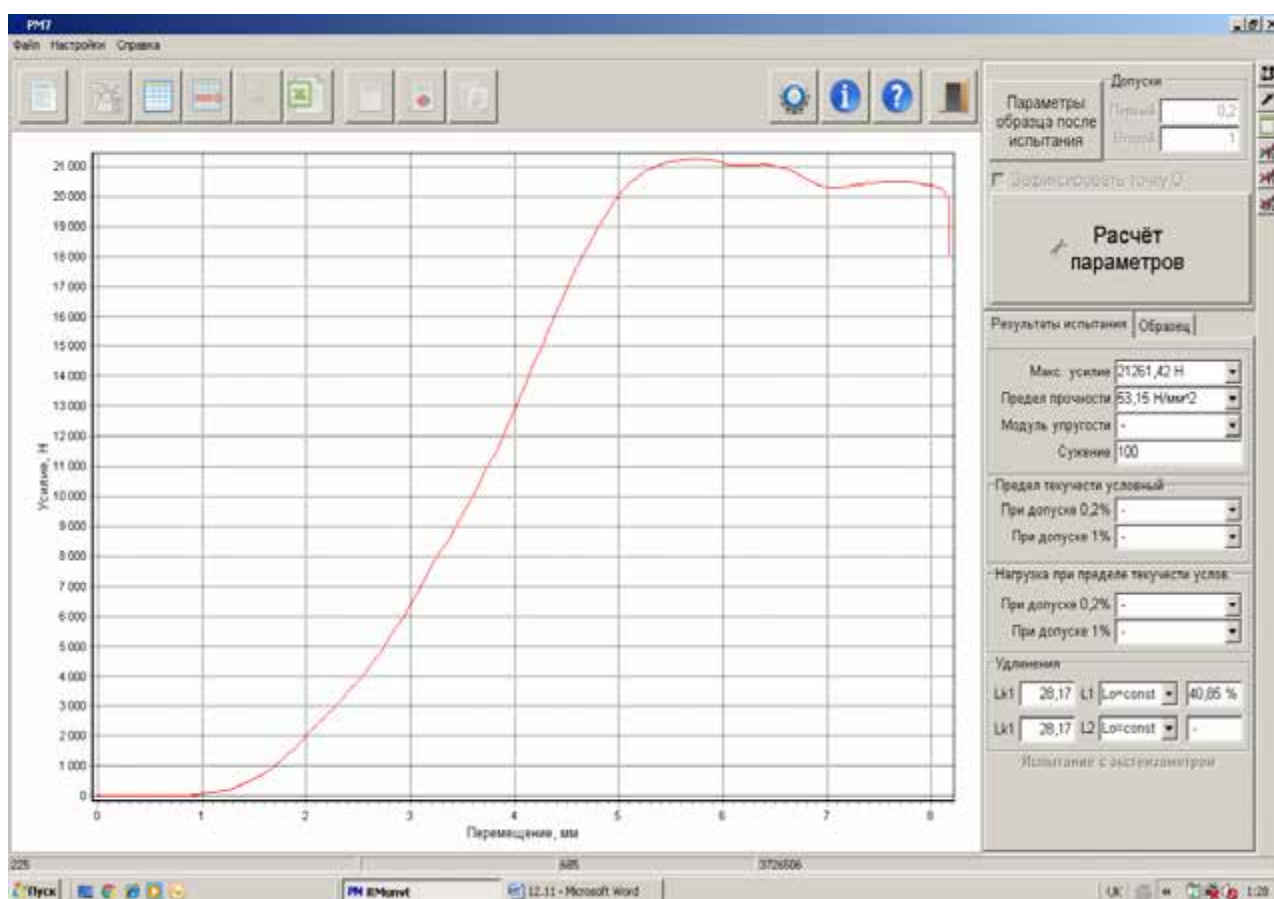


Рис.3.5. Діаграма навантаження на зразок.

Досліди на згин для соснових зразків (Рис.3.6) і зразків ДСП (Рис.3.7) проводимо за таким же порядком.



Рис. 3.6. Соснові зразки на згин

ДСП зразки розміром 25x60x300 на будуть перевірятися на згин як горизонталі так і по вертикалі.



Рис.3.7. ДСП зразок на згин

Зразок розміщується на спеціальні опори. Між цими опорами відстань становить 240 мм. Навантаження на зразок буде прикладатися по середині, тобто 120 мм від кожної з опор.

Після проведення дослідів буде отримано діаграми навантаження, інформація з яких буде використана в подальших розрахунках.

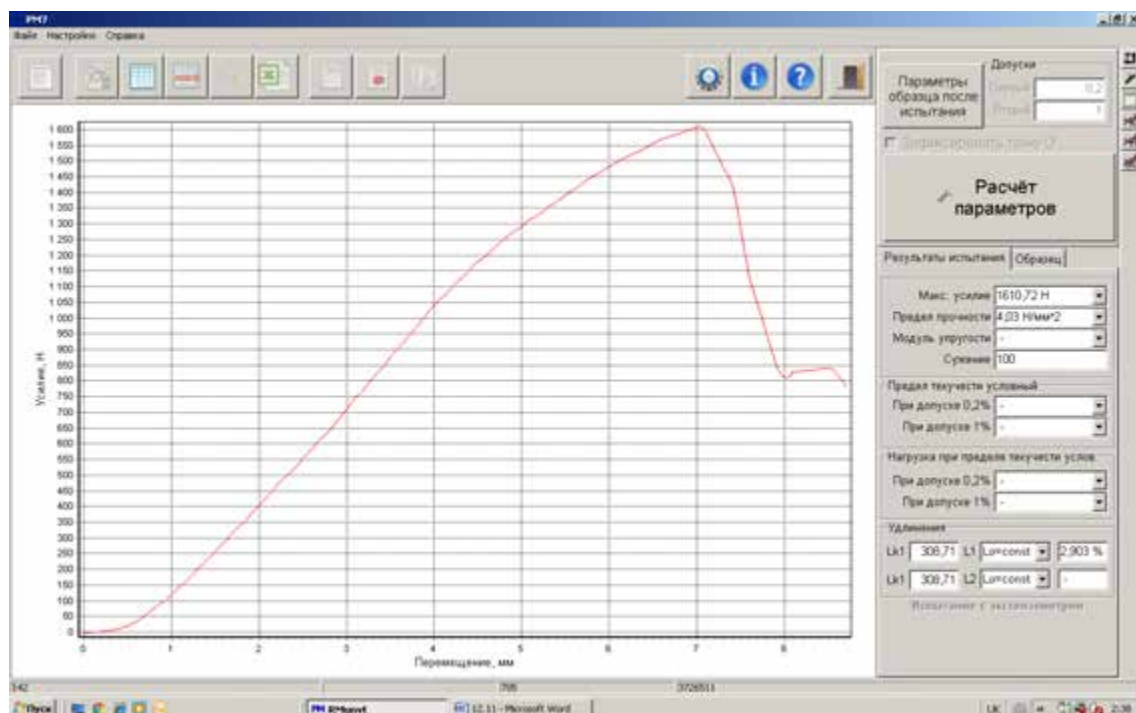


Рис.3.8. Діаграма навантаження на сосновий зразок на згин

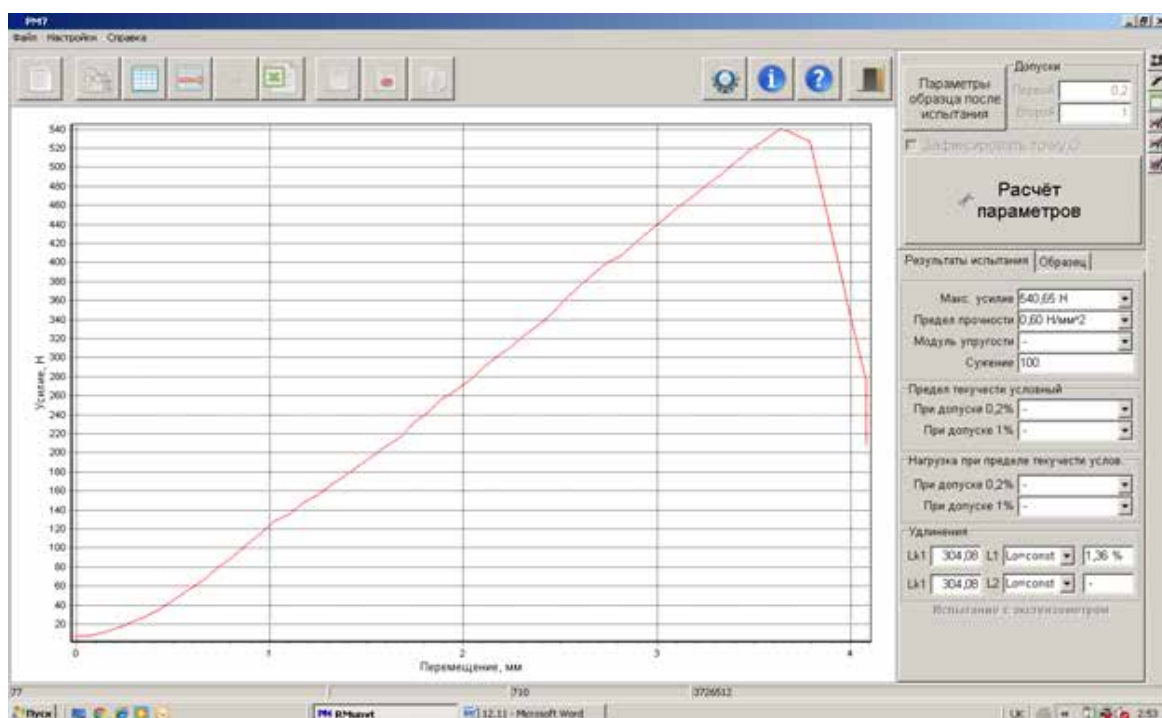


Рис.3.9. Діаграма навантаження на ДСП зразок на згин

Після проведення дослідів і отримання експериментальних даних, буде проведено розрахунки.

3.3. Розрахунок межі міцності досліджувальних матеріалів

Перед початком розрахунків ми перевіряємо розміри зразків. Після чого починаємо розраховувати модуль пружності при статичному згині. Модуль пружності при статичному згині визначається за формулою 3.1.

$$E_w = \frac{3P \times l^3}{64bh^3f} \quad (3.1)$$

де: P – навантаження, що діє на зразки, Н;

l – відстань між центрами опор, мм;

b, h - ширина і висота зразків, мм;

f – прогин у межах навантаження, мм.

Приклад розрахунку модуля пружності соснового зразку №3 вертикального:

$$E_w = \frac{3P \times l^3}{64bh^3f} = \frac{3 * 1610,72 * 240^3}{64 * 20 * 20^3 * 3} = 2174,47$$

Розрахунки інших зразків буде наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

№	Зразок	Навантаження	Відстань між центрами опор	Ширина	Висота	Прогин у межах навантаження	Модуль пружності
1	Сосновий зразок №3 Вертикаль	1610,72	240	20	20	3	2174,47
2	Сосновий зразок №5 Горизонталь	1749,94	240	20	20	2	3543,63
3	Сосновий зразок №9	1998	240	20	20	3	2697,30
4	Зразок ДСП Горизонталь	540,65	240	60	25	4	93,42
5	Зразок ДСП Вертикаль	906,66	240	60	25	2	313,34

Отриманий модуль пружності перераховується на вологість (15%) в ГПа за формулою 3.2.

$$E_{12} = \frac{E_w}{K_{12}^w} \quad (3.2)$$

де: K_{12}^w - це коефіцієнт перерахунку, що визначається за таблицею 3.2.

Таблиця 3.2

Вол. W, %	Коефіцієнт перерахунку K_{12}^w за щільності ρ_{12} , кг/м ³										
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
5	1,095	1,090	1,080	1,075	1,069	1,061	1,055	1,049	1,044	1,037	1,032
6	1,085	1,080	1,072	1,066	1,061	1,055	1,049	1,044	1,039	1,034	1,029
7	1,075	1,070	1,065	1,057	1,052	1,048	1,042	1,036	1,033	1,029	1,025
8	1,060	1,058	1,055	1,050	1,044	1,039	1,035	1,031	1,027	1,024	1,020
9	1,047	1,046	1,040	1,038	1,035	1,030	1,027	1,025	1,021	1,019	1,015
10	1,034	1,030	1,028	1,025	1,022	1,020	1,018	1,016	1,014	1,012	1,010
11	1,017	1,015	1,014	1,013	1,012	1,011	1,010	1,009	1,007	1,005	1,004
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,985	0,986	0,987	0,988	0,989	0,990	0,991	0,991	0,992	0,993	0,994
14	0,965	0,968	0,971	0,974	0,977	0,979	0,981	0,982	0,983	0,985	0,987
15	0,948	0,950	0,955	0,959	0,963	0,967	0,970	0,973	0,975	0,978	0,981
16	0,930	0,935	0,940	0,945	0,950	0,955	0,960	0,963	0,967	0,971	0,975
17	0,910	0,918	0,925	0,931	0,937	0,945	0,950	0,954	0,960	0,964	0,969
18	0,895	0,900	0,910	0,916	0,925	0,932	0,939	0,945	0,951	0,957	0,962
19	0,875	0,885	0,894	0,901	0,912	0,920	0,927	0,935	0,942	0,950	0,955
20	0,858	0,870	0,880	0,890	0,900	0,910	0,917	0,925	0,934	0,942	0,950
21	0,840	0,850	0,865	0,876	0,889	0,899	0,907	0,915	0,926	0,934	0,943
22	0,825	0,840	0,851	0,864	0,877	0,890	0,900	0,909	0,918	0,928	0,937
23	0,810	0,823	0,838	0,851	0,867	0,880	0,891	0,901	0,912	0,922	0,932
24	0,794	0,810	0,825	0,840	0,856	0,870	0,881	0,892	0,904	0,915	0,926
25	0,780	0,796	0,812	0,829	0,846	0,861	0,872	0,887	0,900	0,911	0,921
26	0,765	0,782	0,800	0,816	0,836	0,851	0,865	0,880	0,892	0,904	0,915
27	0,750	0,770	0,789	0,806	0,826	0,842	0,857	0,872	0,887	0,900	0,911
28	0,740	0,760	0,777	0,798	0,817	0,835	0,851	0,866	0,881	0,895	0,908
29	0,730	0,750	0,767	0,786	0,809	0,827	0,844	0,861	0,877	0,891	0,904
≥30	0,715	0,735	0,756	0,776	0,800	0,820	0,839	0,854	0,871	0,885	0,900

Приклад розрахунку соснового зразку №3 вертикального:

$$E_{12} = \frac{2174,47}{0,959} = 2267,44$$

Інші розрахунки наведено у таблиці 3.3:

Фізико-механічні параметри досліджувальних матеріалів

№	Назва	Модуль пружності	Щільність	Коефіцієнт перерахунку	
1	Сосновий зразок №3 Вертикальний	2174,47	574	0,959	2267,44
2	Сосновий зразок №5 Горизонтальний	3543,63	574	0,959	3695,13
3	Сосновий зразок №9	2697,30	574	0,959	2812,62
4	Зразок ДСП Горизонталь	93,42	670	0,967	96,61
5	Зразок ДСП Вертикаль	313,34	670	0,967	324,03

Розрахунки стиску:

Для дослідів використано соснові зразки 20x20x20 (Рис.3.9).



Рис.3.10. Соснові зразки № 3,7,9 - 20x20x20

Межу міцності буде розраховано з точністю до 0,5 МПа. Для цього використовується формула 3.3 [21].

$$6\sigma_3 = \frac{F_{max}}{ab} \quad (3.2)$$

Приклад розрахунку межі міцності соснового зразку №3 за даними діаграми (Рис.3.11):

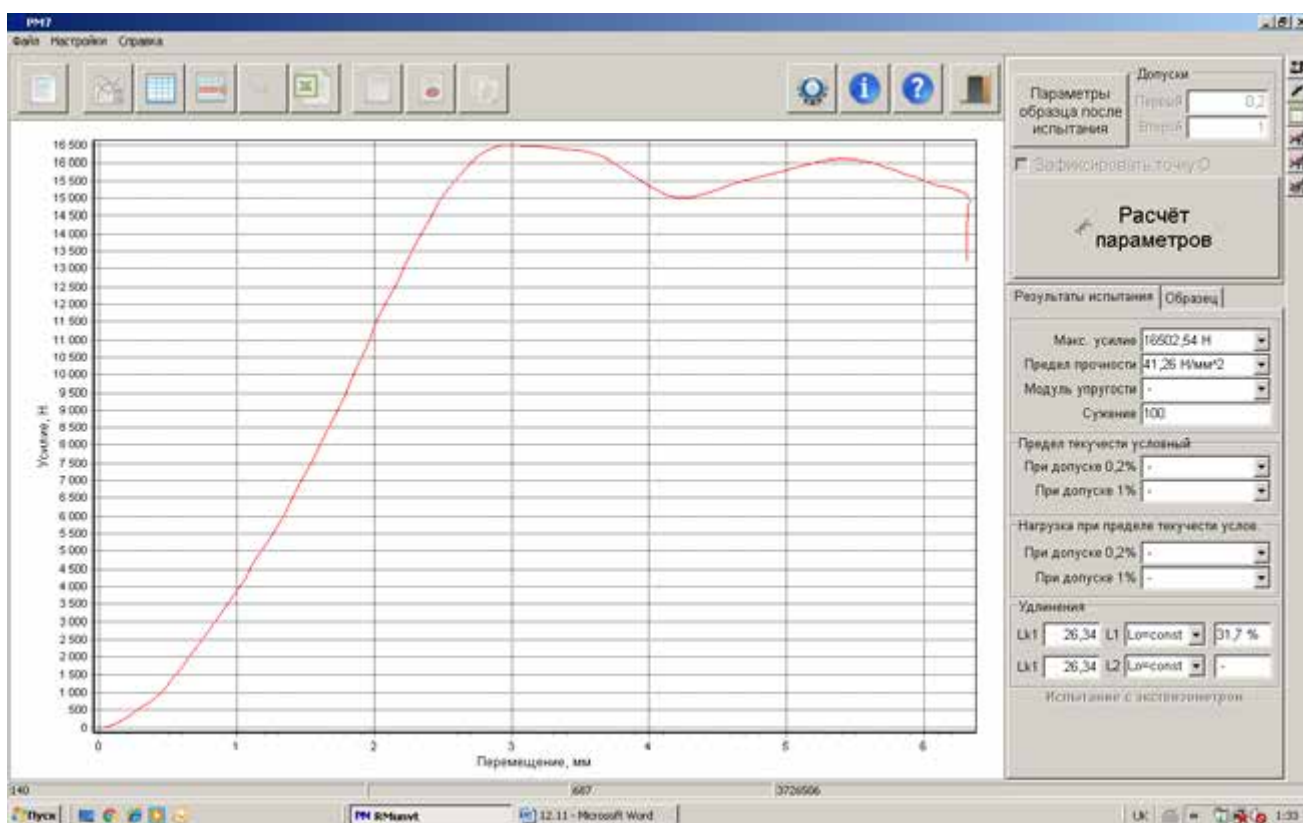


Рис.3.11. Діаграми навантаження соснового зразку №3

$$\sigma_3 = \frac{16502,54}{20 * 20} = 41,26$$

Розрахунки інших зразків представлені у таблиці 3.4

Таблиця 3.4

Результати масиву експериментальних досліджень

№	Зразок	Ширна	Висота	Навантаження	Межа міцності
1	Сосновий зразок №3	20	20	16502,54	41,26
2	Сосновий зразок №7	20	20	20941,68	52,35
3	Сосновий зразок №9	20	20	21261,42	53,15

Величина межі міцності при стиску вздовж волокон істотно зменшується при збільшенні вологості до межі гігроскопічності [21].

Розрахунок навантаження, що буде відповідати межі пропорційності $F_{\text{пц}}$ і навантаження $F_{\text{мц}}$, що відповідає умовній межі пропорційності межі міцності $\sigma_{\text{мц}}$, що розраховується за формулою 3.4 і 3.5 [21].

$$\sigma_{\text{мц}} = \frac{F_{\text{мц}}}{al} \quad (3.2)$$

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{F_{\text{пц}}}{al} \quad (3.3)$$

Межа міцності деревини $\sigma_{\text{пц}}$ в Па вздовж і поперек волокон перераховують на вологість 12% за формулою 3.4 [21].

$$\sigma_{12} = \sigma_w * (1 + \alpha(W - 12)) \quad (3.3)$$

де: α - поправочний коефіцієнт, рівний 0,04 на 1% вологості;

σ_w - межа міцності зразка в момент випробування;

W - вологість в момент випробування зразка;

Приклад розрахунку соснового зразку №3:

$$\sigma_{12} = 41,26 * (1 + 0,04(15 - 12)) = 46,21$$

Розрахунки інших зразків представлені у таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Масив експериментальних досліджень

№	Зразок	Межа міцності	Поправочний коефіцієнт	Вологість	
1	Сосновий зразок №3	41,26	0,04	15	46,21
2	Сосновий зразок №7	52,35	0,04	15	58,64
3	Сосновий зразок №9	53,15	0,04	15	59,53

РОЗДІЛ IV

АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРІОРИТЕТНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИГОТОВЛЕННІ ВИРОБУ

4.1. Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення двоспального ліжка

Двоспальне ліжко є основним елементом у спальні будь якої людини. Основними завданнями в покращенні технології виготовлення є підвищення у ліжка міцності, функціональності і при цьому залишити естетичність. Рішення цієї задачі є доволі актуальним завданням для сучасних меблевих підприємств.

На сьогоднішній день існує декілька основних технологій виготовлення двоспальних ліжок, які включають використання різних матеріалів та методів обробки. Найпоширенішими матеріалами є дерево, метал та ДСП (деревно-стружкові плити). Кожен з цих матеріалів має свої переваги та недоліки.

Дерев'яні ліжка відрізняються високою міцністю та екологічністю. Вони можуть бути виготовлені з різних порід деревини, таких як дуб, сосна, ясен тощо. Основними перевагами дерев'яних ліжок є їхня природна краса та довговічність. Однак, вони можуть бути досить дорогими у виробництві та потребують спеціального догляду.

Металеві ліжка є більш доступними за ціною та мають високу міцність. Вони можуть бути виготовлені з різних металів, таких як сталь або алюміній. Металеві ліжка часто використовуються в сучасних інтер'єрах завдяки їхній мінімалістичній естетиці. Проте, вони можуть бути менш комфортними через холодну поверхню та можливість появи скрипів.

Ліжка з ДСП є найбільш економічним варіантом. Вони легкі у виробництві та можуть мати різні дизайни завдяки можливості ламінування. Однак, ДСП має меншу міцність порівняно з деревом та металом, а також може виділяти шкідливі речовини при нагріванні.

Основними проблемами існуючих технологій виготовлення двоспальних ліжок є висока вартість матеріалів, складність обробки та недостатня

екологічність деяких матеріалів. Крім того, важливим аспектом є забезпечення комфортності та ергономічності ліжка, що впливає на якість сну користувачів.

Для вдосконалення технології виготовлення двоспальних ліжок пропонується використовувати комбіновані матеріали, такі як металевий каркас з дерев'яними елементами. Це дозволить поєднати міцність металу з естетичністю та екологічністю дерева. Також доцільно використовувати новітні методи обробки матеріалів, такі як лазерне різання та 3D-друк, що дозволить підвищити точність та швидкість виробництва.

4.2. Розрахунок фінансових результатів діяльності підприємства

Для визначення планової величини обсягу виробництва та продажу, що відповідає беззбитковому (рис. 4.1.) стану підприємства, необхідно знати три величини [32-34]:

- ❖ гуртову ціну продажу товарів;
- ❖ обсяг постійних (фіксованих) витрат, тобто таких витрат, величина на яких у короткому періоді часу не пов'язана з обсягом виробництва і реалізації та їх змінами (витрати на устаткування, його утримання й експлуатацію, амортизаційні відрахування, адміністративні витрати тощо);
- ❖ обсяг змінних витрат, тобто таких витрат, які змінюють свою величину у зв'язку із зміною обсягу виробництва та реалізацію продукції (витрати на сировину та матеріали, заробітну плату основного виробничого персоналу, електроенергію, транспортування тощо) [32].

Валові витрати - це сума всього витрат, тобто повна собівартість виробу для всього обсягу.

$$BB = 7407421;$$

В свою чергу валові витрати поділяються на змінні і постійні витрати:

$$BB = ПВ + ЗВ, грн \quad (4.1)$$

До постійних витрат входять витрати, які не залежать від зміни обсягів виробництва, хоча при значній зміні обсягів - також можуть змінюватись. Сюди

слід віднести витрати на утримання адміністративного і цехового персоналу, і амортизаційні відрахування обладнання [35]:

$$ПВ = Адм + Цех + Ам.відр, грн \quad (4.2)$$

Амортизаційні відрахування беремо з таблиці, як суму амортизацій всього обладнання та множимо її на кількість робочих змін в рік.

$$ПВ = 256223 + 196819 + 154642 = 607684;$$

До змінних витрат відносять витрати, що змінюються із зміною обсягів виробництва [34-36].

$$ЗВ = ВВ - ПВ \quad (4.3)$$

4.2.1 Розрахунок ціни одиниці продукції

Розраховуємо собівартість одиниці продукції:

$$C_{од.п} = \text{Всього витрат/річна програма, грн.}$$

$$C_{од.п} = 7407421/500 = 14814,8 \text{ грн/ліжка}$$

Прибуток – це частина заново створеної вартості й водночас показник результату фінансово-господарської діяльності підприємства [32-34].

Визначаємо прибуток:

$$П = \frac{P \times C_{од.прод}}{100\%}, грн. \quad (4.3)$$

де P – рентабельність, %

Приймаємо: P = 35 %;

$$П = \frac{35 \times 14814,8}{100} = 4741 \text{ грн}$$

Визначаємо ціну за 1 шт:

$$Ц = C_{од.прод} + П, грн \quad (4.5)$$

$$Ц = 14814,8 + 4741 = 19555,8 \text{ грн}$$

Потрібно порівняти двоспальне ліdko згідно ринкової ціни. На даний момент ринкова ціна подібного двоспального ліжка становить в середньому 21413 грн. Розрахункова ціна є нижчою за ринкову, тому для подальших розрахунків береться розрахункова ціна.

4.3. Розрахунок окупності проекту

Прибуток – це та частина виручки, що залишається в підприємства після покриття всіх витрат на виробництво і комерційну діяльність [35-37].

Термін виходу цеху на максимальну виробничу потужність становить 2 місяці (табл. 4.1), (рис. 4.2). Отже, два місяці 2025-го року цех буде вводиться в експлуатацію.

Всі інвестиції здійснюються в 2025 році, інвестиціями вважаються кошти на придбання обладнання. При початку роботи цеху наявний лише показник всього витрат – на два місяці 2025 року. Прибуток визначається, як різниця між доходом і валовими витратами. Чистий прибуток визначається з врахуванням податку на прибуток та податку на оподаткування, тобто відповідно діленням на 1,20 та 1,05 [36-38].

Коефіцієнт дисконтування визначається з врахуванням ставки дисконту, який приймаємо 0,2, тобто 20 %. Коефіцієнт визначається за формулою [35]:

$$K_d = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (4.6)$$

де r – ставка дисконту;

n – порядковий номер періоду.

Коефіцієнт дисконтування зменшується з кожним роком, і використовується для врахування зменшення купівельної здатності коштів в майбутньому, для цього отриманий для кожного року коефіцієнт множимо на чистий прибуток відповідного року. Далі результат першого року переноситься в наступну графу, а результати наступних років додаються до нього, і так до тих пір поки не отримаємо «0» – термін окупності проекту, а далі до виходу на задану рентабельність проекту – 35 %.

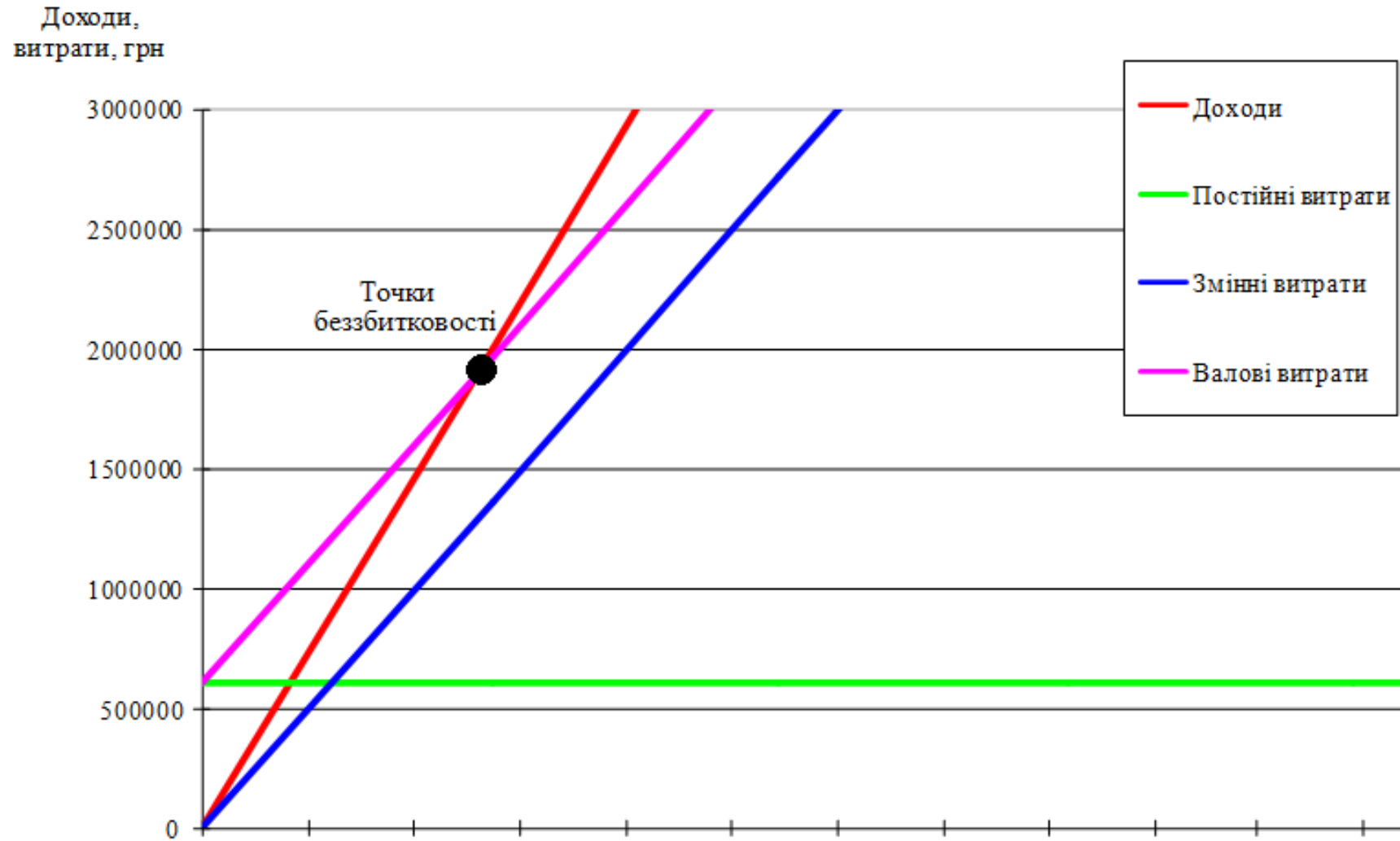


Рис. 4.1. Графік точки безбитковості

Показники окупності проекту

Роки	Валові витрати, тис. грн	Дохід тис. грн	Прибуток		Коеф. Дисконт $r = 20\%$	Дисконтований прибуток, тис. грн	Визначення окупності, тис. грн
			валовий, тис. грн	чистий, тис. грн			
2024	23,7	0	-23,7	-23,7	1	-23,7	-23,7
2025 (1міс)	308,643	416,812	108,170	81,127	0,833	67,579	43,879
2025 (2міс)	617,285	833,625	216,340	162,255	0,833	135,158	179,038
2025 (3міс)	617,285	833,625	216,340	162,255	0,833	135,158	314,196
2025 (4міс)	617,285	833,625	216,340	162,255	0,833	135,158	449,354
2025 (5міс)	617,285	833,625	216,340	162,255	0,833	135,158	584,513

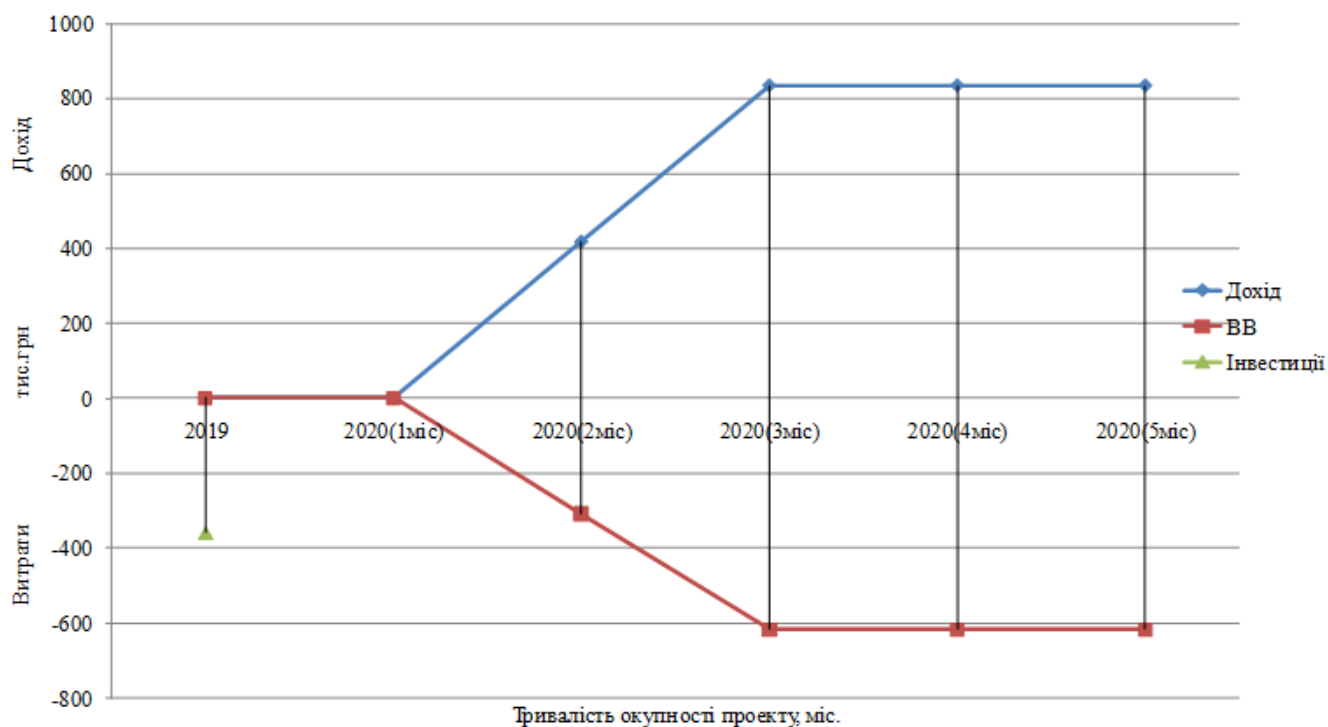


Рис. 4.2. Графік окупності проекту

Як видно при випуску продукції в обсязі 500 виробів у рік проект досягне точку безбитковості, і обсяг виробництва в точці безбитковості складатиме приблизно 124 виробів за рік (рис 4.2), а доходи при цьому становитимуть 1.9 млн. грн. Відповідно прибуток в цій точці становитиме 0 грн. Для того, щоб наш проект окупився при запланованій рентабельності, нам потрібно менше

місяця з моменту введення в експлуатацію. Тобто після вкладення інвестицій пройде менше місяця до повної окупності проекту, це визначається через знаходження суми окупності при заданій рентабельності, за формулою, тис. грн.:

$$O = \frac{P \times I}{100\%} \quad (4.7)$$

$$O = \frac{35 \times 23700}{100\%} = 8,295(\text{тис.грн})$$

де P – планова рентабельність виробництва;

I – інвестиційні витрати.

На основі аналізу технологічного процесу виготовлення двоспального ліжка з'ясовано, що показником якості виготовленого ліжка є жорсткість та міцність, яка при інших постійних факторах залежить від довжини, ширини ліжка та опор. Максимальний прогин днище ліжка становить: 5,6 мм. Крім цього, за розрахунками максимального напруження та максимального прогину було визначено, що консоль достатньо жорстка, щоб витримати навантаження в 250 кг.

На основі аналізу технологічного процесу виготовлення двоспального ліжка розраховано, що оптимальна програма складає 500 виробі на рік.

Встановлено, що при виконанні оптимальної річної програми технологічне обладнання завантажене понад 80 %.

Економічними розрахунками підтверджено доцільність зміни конструктивних рішень, в тому числі використання комбінування матеріалів для двоспального ліжка. Термін окупності даного впровадження становить менше одного місяця. Розрахункова ціна запропонованого двоспально ліжка є нижчою за ринкову у середньому на 1800 грн., і становить 19555,8 грн.

ВИСНОВКИ

Вдосконалення конструкції двоспального ліжка є невід'ємною складовою сучасного дизайну інтер'єру, яка відповідає потребам споживачів у зручності та функціональності. Сучасні спальні все частіше обирають рішення, що поєднують стиль, комфорт і практичність. Згідно з дослідженнями, якісне сну сприяє не лише правильний вибір матраца, але й конструкція самого ліжка. Завдяки використанню нових технологій і матеріалів, розробка ліжок зі збільшеною жорсткістю або регульованими основами дозволяє покращити ортопедичні властивості, що важливо для здоров'я.

Крім того, вдосконалена конструкція двоспального ліжка враховує потребу в багатоцільовості та економії простору, що стає все більш актуальним у сучасних умовах. Наприклад, ліжка з вбудованими системами зберігання або трансформерами, які можуть легко перетворюватися на інші меблі, дозволяють максимально використовувати площу спальні. Такі рішення не лише підвищують функціональність, але й надають можливість створити індивідуальний стиль, підкреслюючи естетику інтер'єра. Таким чином, вдосконалення конструкції ліжка відповідає сучасним вимогам, продовжуючи підвищувати якість життя споживачів.

Розроблена та розрахована конструкцію двоспального. Розглянуто різноманітні матеріали та конструкції, які було застосовано для підвищення функціоналу та якості ліжка. Приділена увага підвищенню якості та довговічності ліжка, зменшення вартості на виробництва, і додання функціоналу для підвищення зручності у використанні.

Проведено експериментальні дослідження встановлення фізико-механічних властивостей пріоритетних матеріалів, що вибрані за методом аналізу ієрархій для двоспального ліжка.

Проведено розрахунок окупності та економічної доцільності проекту. Проаналізовано можливі та потенційні ринки збуту майбутньої продукції. Відповідно до проведених розрахунків встановлено, що термін окупності

даного впровадження становить один місяць 2025 р., тобто після цього терміну при успішному збуті продукції підприємство почне отримувати дохід. Таким чином розрахункова ціна запропонованого двоспального ліжка, яка становить 19555,8 грн., що у середньому на 1800 грн. є нижчою ринкової на аналогічно подібну продукцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Приклад двоспального ліжка: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/mkaolr> (дата звернення 12.09.2024).
2. Дерев'яне двоспальне ліжко: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/stdnvv> (дата звернення 15.09.2024).
3. Узголів'я ліжка: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/oqnfmo> (дата звернення 23.09.2024).
4. Ламелі: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/tqzefm> (дата звернення 20.09.2024).
5. Ліжка з ясеня: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/bvzkkkr> (дата звернення 24.09.2024).
6. Ліжка з плитних матеріалів: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/oxlmrg> (дата звернення 24.09.2024).
7. Ліжка з металу: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/euzmto> (дата звернення 26.09.2024).
8. Стандарти перевірки: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/bydsho> (дата звернення 26.09.2024).
9. Стандарти перевірки опорної пластини: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/veujvl> (дата звернення 27.09.2024).
10. Вимоги до ліжка: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/gkqyva> (дата звернення 27.09.2024).
11. Америкаський стандарт: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/truhux> (дата звернення 28.09.2024).
12. Китайський стандарт: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/fyzzqt> (дата звернення 05.10.2024).
13. Технічна характеристика ДСП плит. Веб-сайт. URL: <https://artkone.com.ua/ru/svoystva-i-tehnicheskie-harakteristiki-dsp-plit/> (дата звернення 09.10.2024).

14. Особливості ламінованих ДСП плит. Веб-сайт. URL: <https://prom.ua/p60895715-dsp-laminirovannoe-2800h2070.htm> (дата звернення 10.10.2024).

15. Технічна характеристика фанерних плит. Веб-сайт. URL: <https://kronas.com.ua/plitnye-materialy-i-uslugi-77/fanera-1539/fanera-kleennaya-4mm-23084> (дата звернення 10.10.2024).

16. Переваги MDF плит. Веб-сайт. URL: <https://www.addicted2decorating.com/mdf-vs-plywood-differences-pros-and-cons-and-when-to-use-what.html> (дата звернення 13.10.2024).

17. Характеристика і сфера застосування деревини сосни. Веб-сайт. URL: <https://estrade.com.ua/ru/drevesyna-sosna/> (дата звернення 14.10.2024).

18. Переваги сосни у порівнянні з іншими хвойними породами. Веб-сайт. URL: <https://derevodim.com.ua/blog/osoblyvosti-ta-perevahy-sosny-yak-budi/> (дата звернення 14.10.2024).

19. Властивості деревини. Веб-сайт. URL: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/9022> (дата звернення 15.10.2024).

20. Пінчевська О.О., Головач В.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни: «Інноваційні технології з оброблення деревини» / Пінчевська О.О., Головач В.М. – Київ: НУБіП України. 2021.

21. Розрахунок деревини на стиск: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/yuczsl> (дата звернення 17.10.2024).

22. Особливості двоспального ліжка: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/ybisez> (дата звернення 17.10.2024).

23. Переваги і недоліки: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/ukqdch> (дата звернення 17.10.2024).

24. Розробка двоспального ліжка, вимоги, стандарти: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/cnlqkc> (дата звернення 18.10.2024).

25. Правила вибору ліжка: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/vslvjx> (дата звернення 18.10.2024).

26. М'які двоспальні ліжка: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/vjajye> (дата звернення 18.10.2024).
27. Новітнє виробництво ліжок: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/dihzio> (дата звернення 18.10.2024).
28. Основні матеріали для ліжок: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/fnptcf> (дата звернення 19.10.2024).
29. Меблі з дерева: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/yjzbsj> (дата звернення 19.10.2024).
30. Вибір ліжка з дерева: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/ionfzn> (дата звернення 20.10.2024).
31. Деревина в сучасному виробництві: Веб-сайт. URL: <http://surl.li/etoqcn> (дата звернення 20.10.2024).
32. Рахуємо собівартість продукції. Веб-сайт. URL: <https://buduysvov.com/publications/rahuyemo-sobivartist-produkciyi> (дата звернення 20.10.2024).
33. Поняття собівартості продукції та її види Веб-сайт. URL: https://pidruchniki.com/82241/ekonomika/ponyattya_sobivartosti_produktsiyi_vidi (дата звернення 21.10.2024).
34. Собівартість продукції підприємства [Електронний-ресурс] – Режим доступу URL: <https://library.if.ua/book/20/1630.html> (дата звернення 21.10.2024).
35. Виробнича програма підприємства показники Веб-сайт. URL: https://pidruchniki.com/15021119/ekonomika/virobnicha_programa_pidpriyemstva (дата звернення 21.10.2024).
36. Виробнича програма підприємства та її показники Веб-сайт. URL: <https://buklib.net/books/37299/> (дата звернення 21.10.2024).
37. Розрахунок окупності проекту Веб-сайт. URL: <http://studentbooks.com.ua/content/view/1308/42/1/3/> (дата звернення 21.10.2024).
38. Метод розрахунку періоду окупності інвестицій Веб-сайт. URL: https://pidruchniki.com/11650503/ekonomika/metod_rozrahunku_periodu_okupnosti_investitsiy (дата звернення 22.10.2024).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Конструкція вдосконаленого ліжка

Ліжко двоспальне

Имя	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масши	Масши
Розроб.	Проб.	Бланар П.А.			Лист	Листов	Листов
Нконтр.	Чтв.						

Ліжко двоспальне

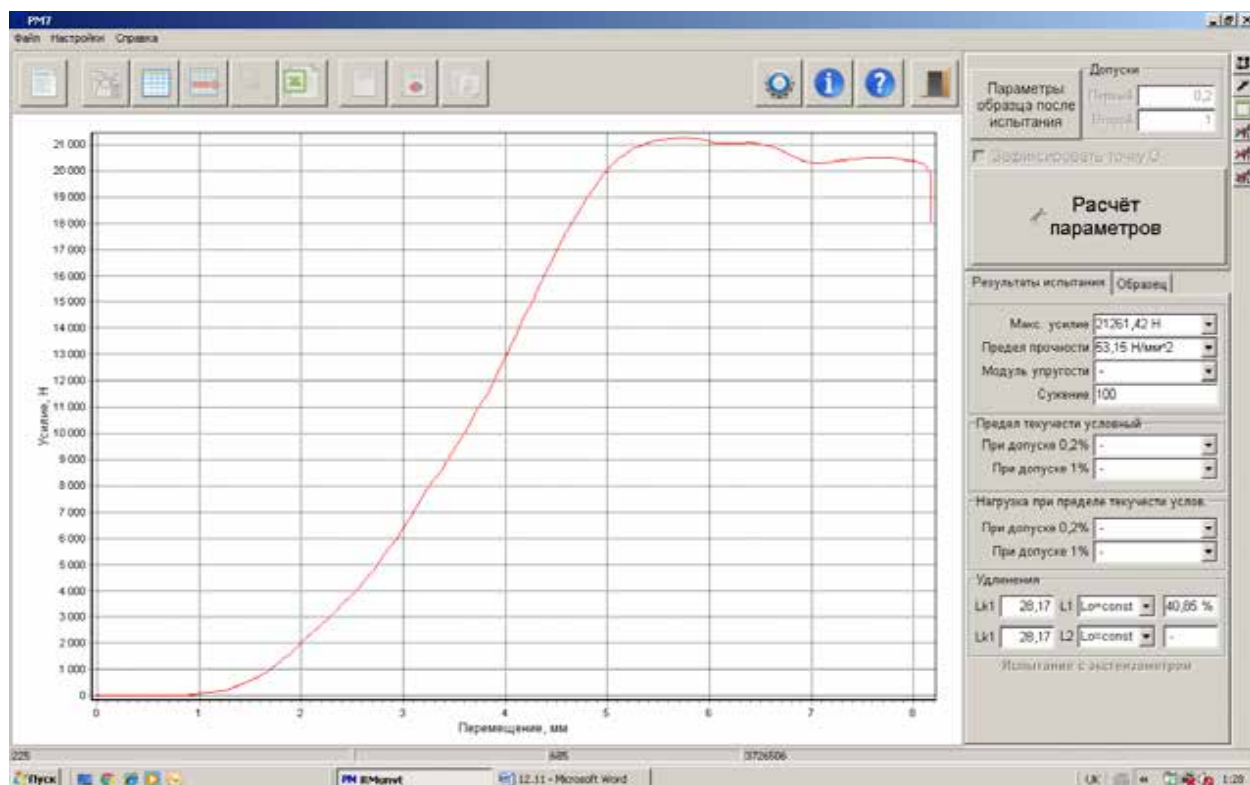
Копирайт

Формат А3

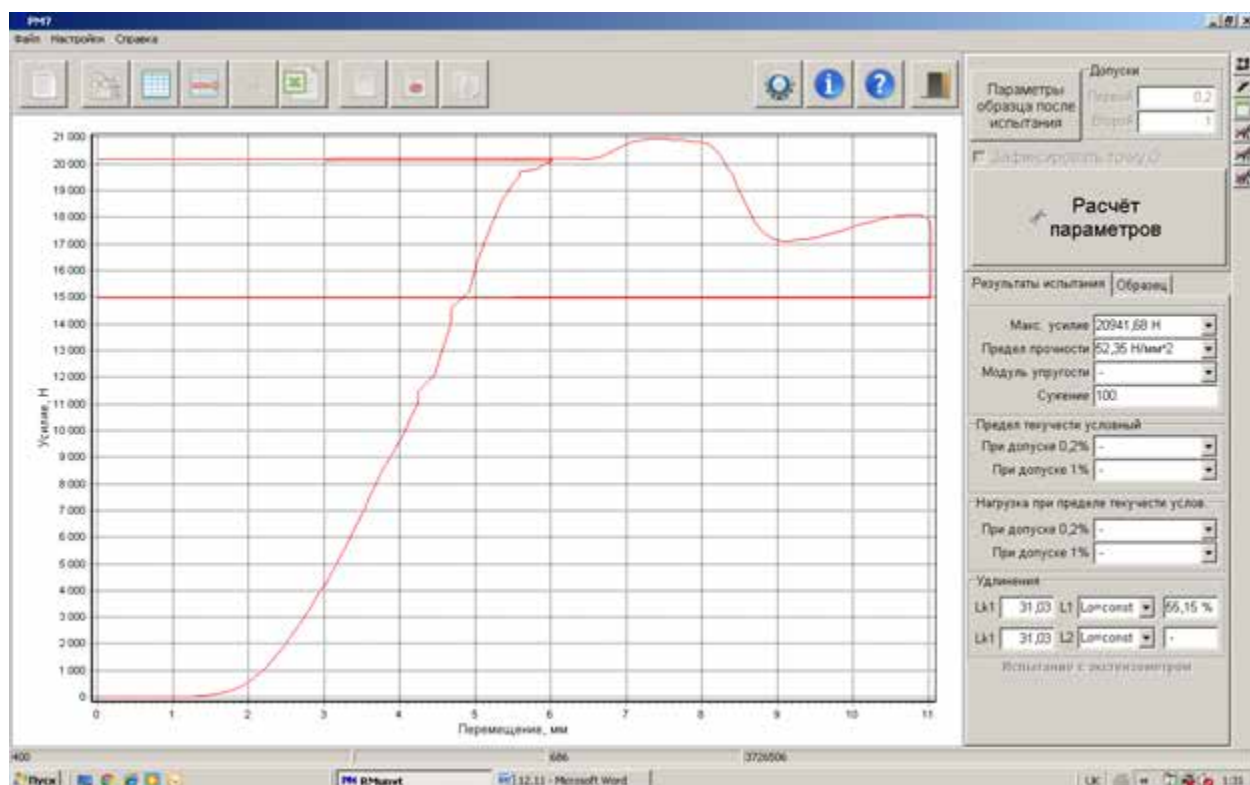
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дѣл.
--------------	--------------	--------------	-------------

ДОДАТОК Б

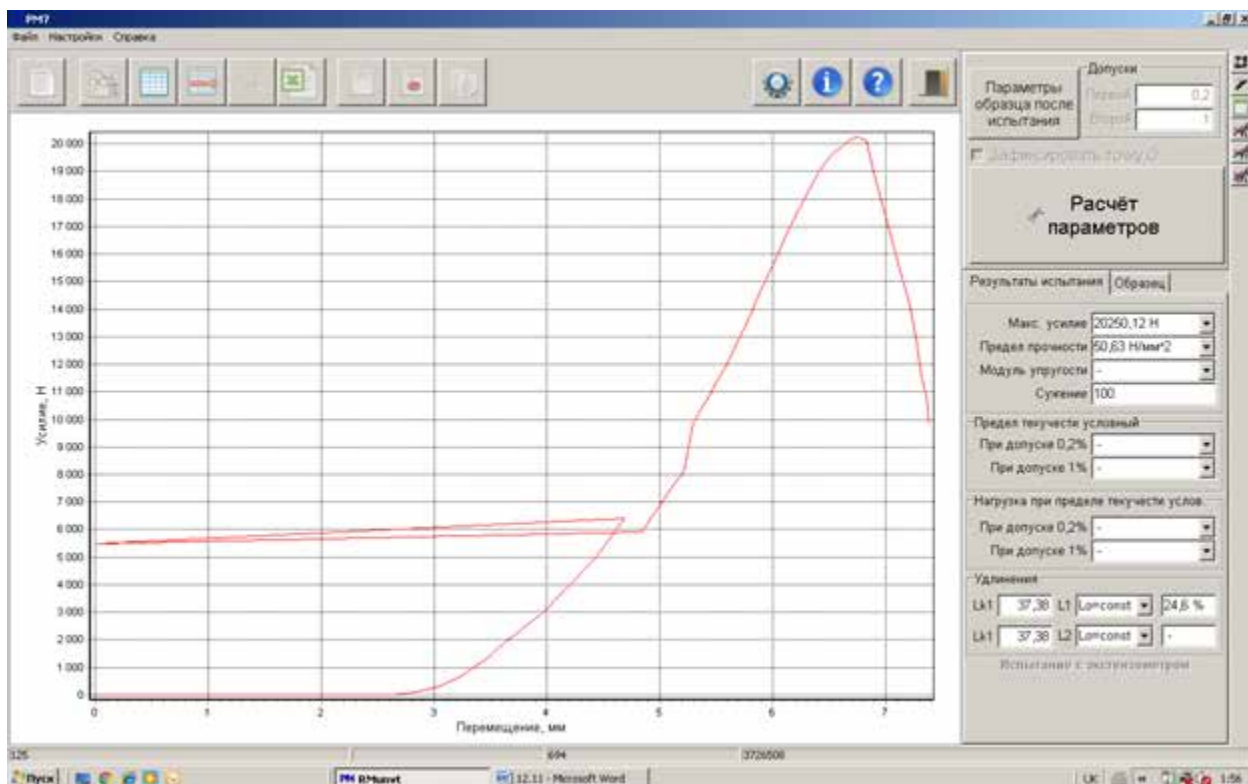
Діаграми навантаження на зразки



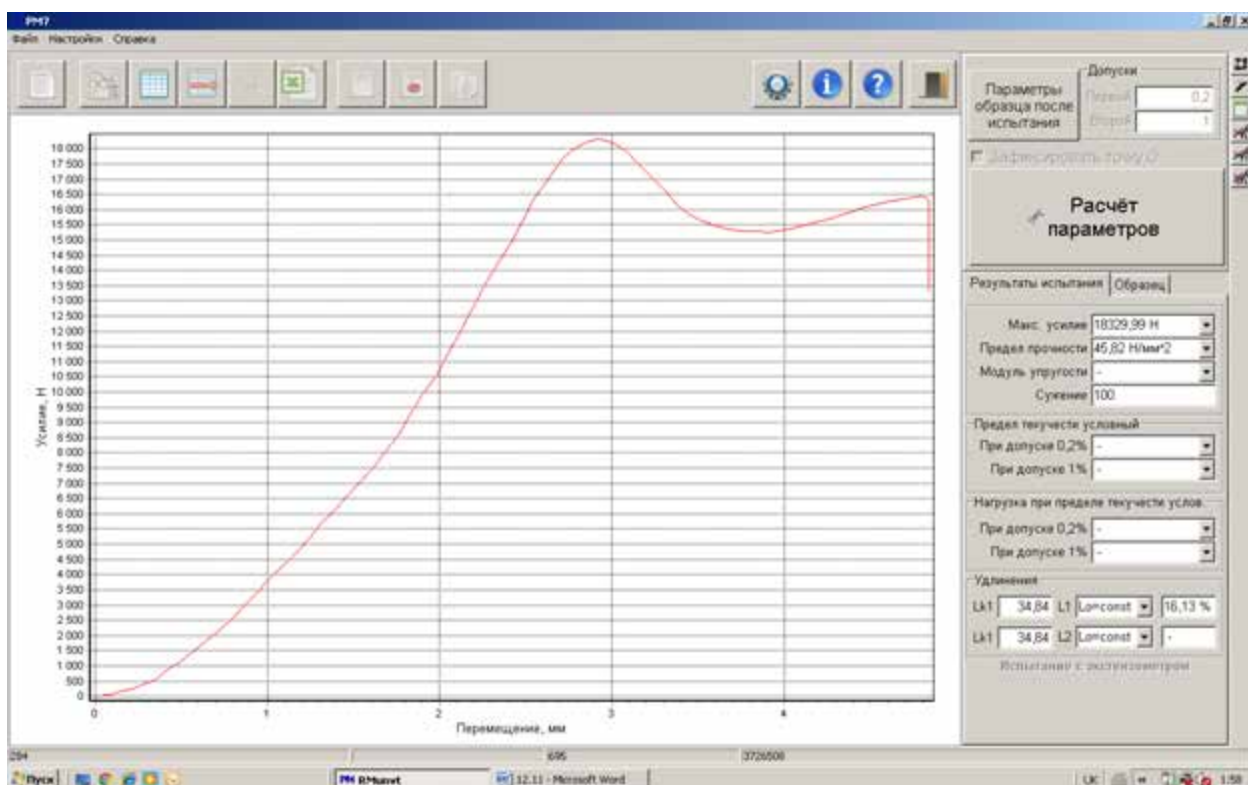
Діаграма соснового зразку №9



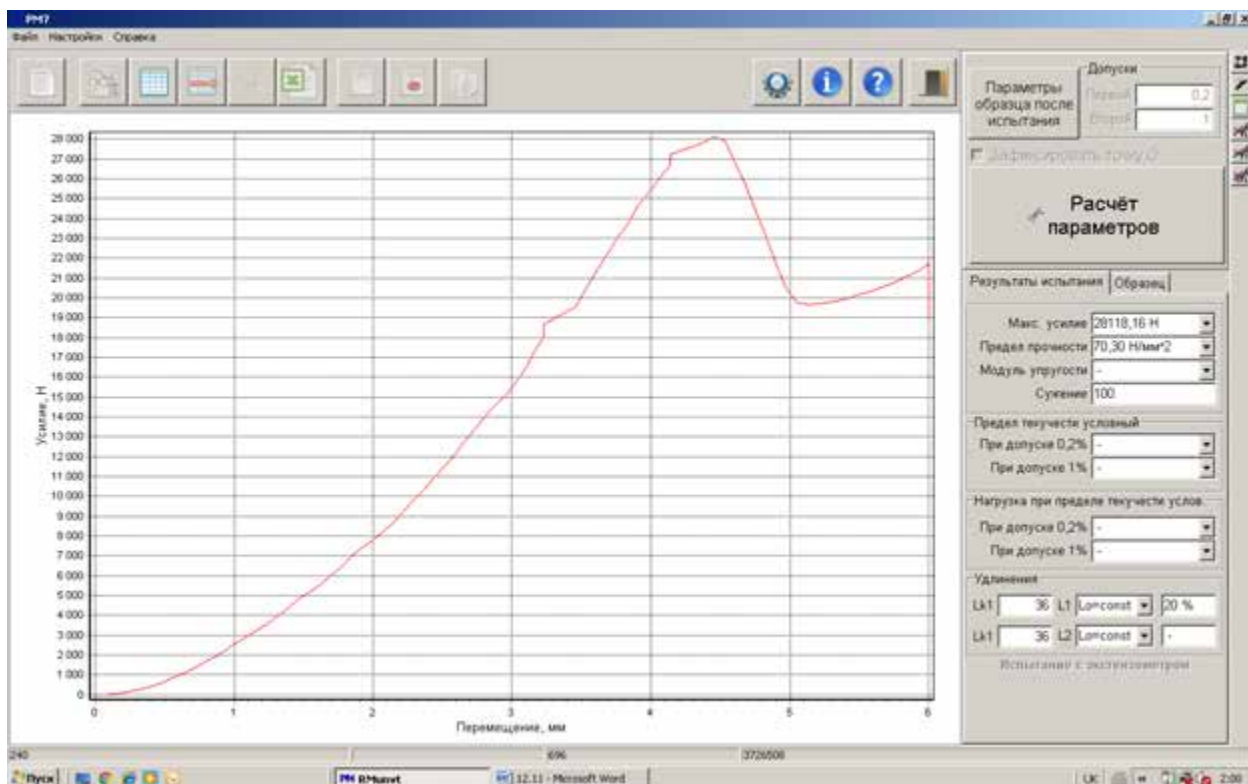
Діаграма соснового зразку №7



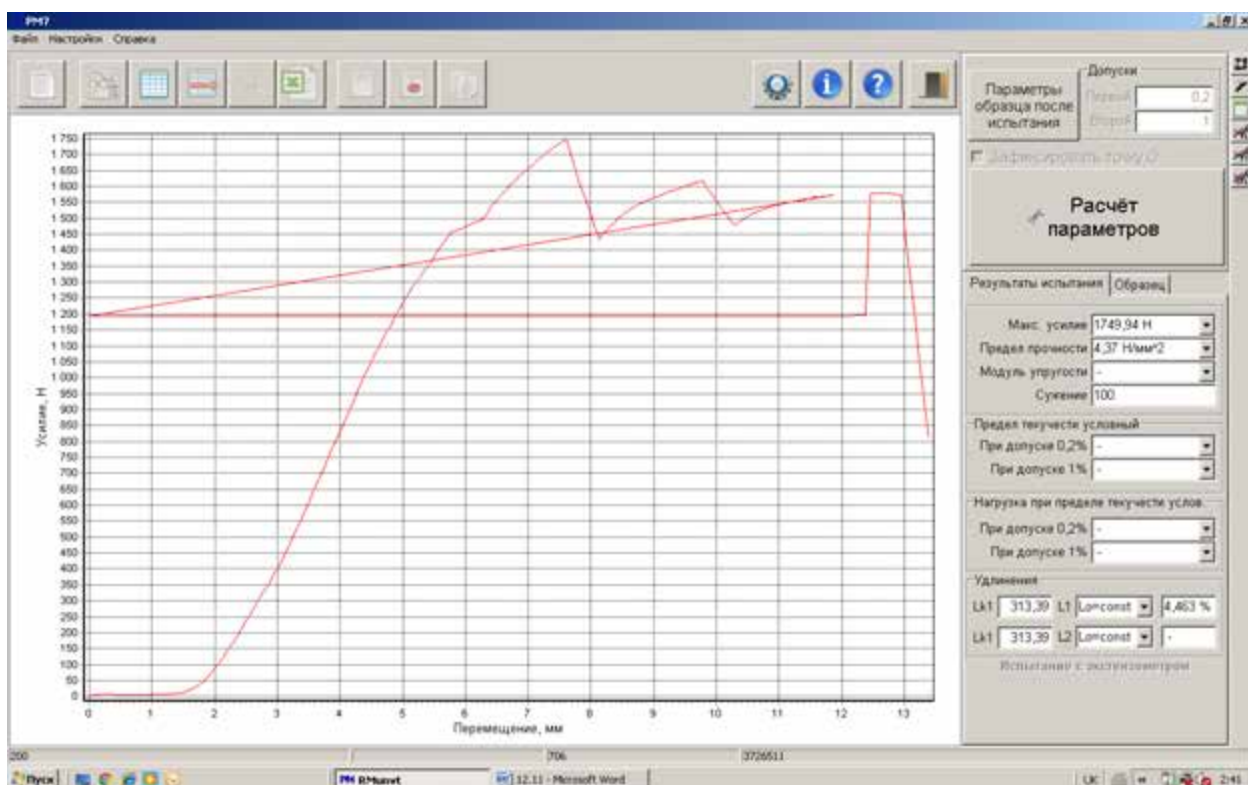
Діаграма березового зразку №3



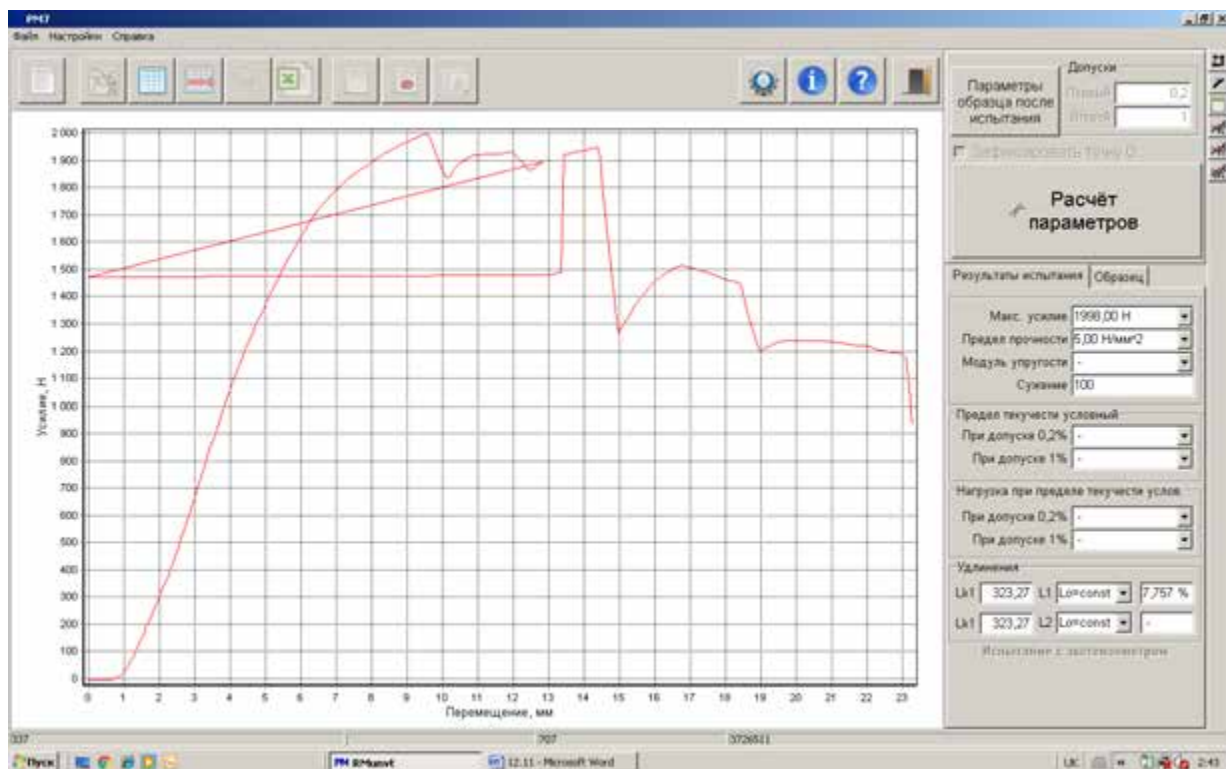
Діаграма березового зразку №7



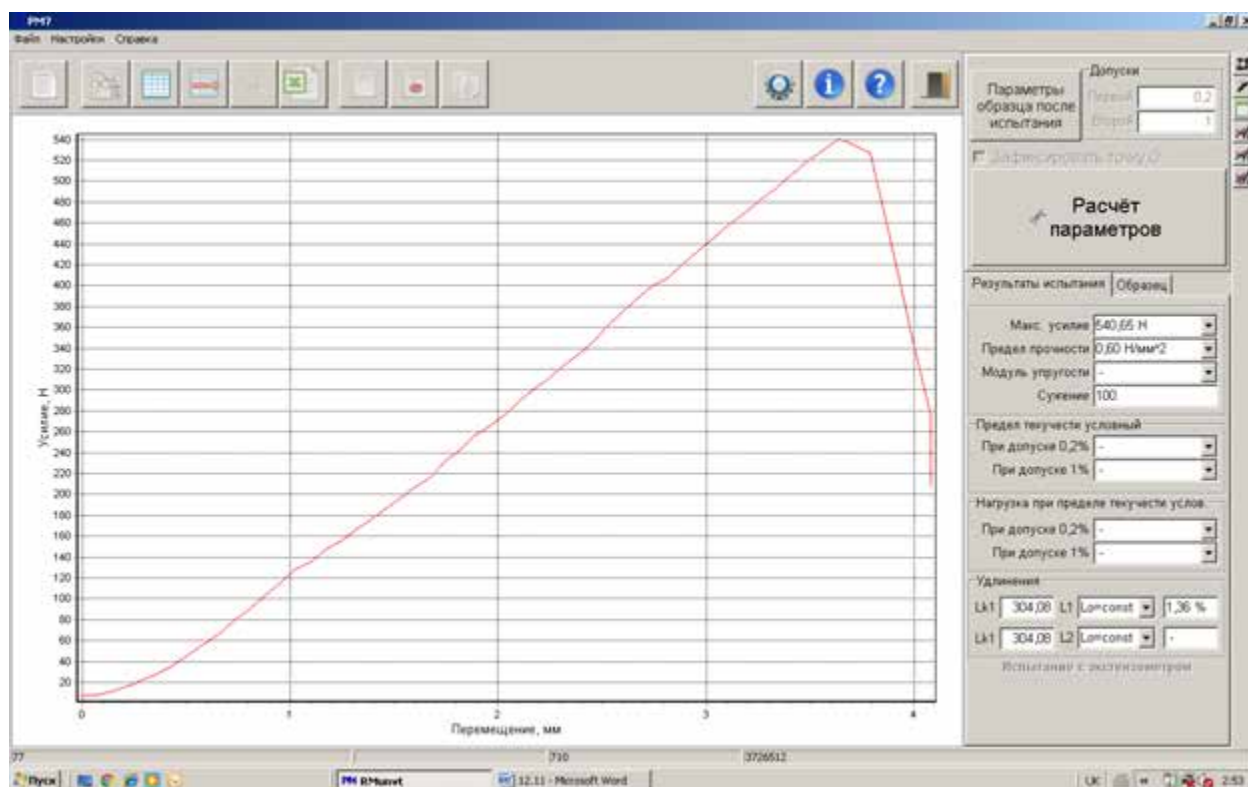
Діаграма березового зразку №9



Діаграма соснового зразку на згин №5



Діаграма соснового зразку на згин №9



Діаграма зразку з ДСП горизонталь