

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ Лісового і садово-паркового господарства

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ

Лісового і садово-паркового
господарства

_____ Роман ВАСИЛИШИН

(підпис)

«___» _____ 20__ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технологій та дизайну виробів з
деревини

_____ Андрій СПИРОЧКІН

(підпис)

«___» _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Обґрунтування можливості використання різних порід деревини
для виготовлення іграшок»**

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Спеціалізація: «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: Деревообробні та меблеві технології

Програма підготовки: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

канд. техн. наук, доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Андрій СПИРОЧКІН

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор техн. наук, проф.

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Олена ПІНЧЕВСЬКА

(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Сергій ПРИХОДЬКО

(ПІБ)

КИЇВ – 2025 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ Лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технологій
та дизайну виробів з деревини
к.т.н., доцент, Спірочкін А.К.

«___» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Приходько Сергію Дмитровичу

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: Сучасні деревооброблювальні технології

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи **«Обґрунтування можливості використання різних порід деревини для виготовлення іграшок»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «5» 11. 2024 р. № 1978 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедрі: 10.11.2025 року

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

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати конструкції матеріали та конструкції іграшок з деревини
2. Визначити за допомогою методів нечіткої логіки пріоритетних порід деревини для виготовлення дитячих іграшок
3. Провести експериментальні дослідження з визначення щільності, межі міцності на стиск уздовж волокон за вигин обраних порід деревини
4. Розробити план ділянки для використання у приміщенні, де раніше виготовлялися іграшки та розрахувати витрати матеріалів на її облаштування.

Дата видачі завдання «___» _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Пінчевська О.О.

Завдання прийняв до виконання _____ Приходько С.Д.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка МР містить 139 с., 49 рис., 35 табл., 61 джерело, 2 додатки.

Об'єкт дослідження є технологічний процес виготовлення дитячих іграшок з деревини.

Предмет дослідження: вивчення є потенціалу деревини як конструкційного елемента для виробництва дерев'яних іграшок.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні та оцінці можливості застосування деревини як основного матеріалу для створення дерев'яних іграшок.

Методи досліджень: нечіткої логіки (експертних оцінок, розставлення пріоритетів, аналізу ієрархій) для визначення раціональної породи деревини, експериментальний для визначення межі міцності на вигин та стиск, статистичні методи оброблення результатів експерименту.

У першому розділі проаналізовано види конструкцій іграшок з деревини, зроблено ретроспективний аналіз виробництва дерев'яних іграшок, Наведені конструкції іграшок різних фірм. Проведено маркетинговий аналіз європейського та вітчизняного ринку іграшок з деревини, відзначено необхідність розширення його, як альтернативи шкідливим іграшкам з пластику. Наведено асортимент та технологічний процес виготовлення екологічних дерев'яних іграшок відомим митцем.

У другому розділі проведено опис властивостей різних порід деревини, що можуть використовуватися для виготовлення дерев'яних іграшок. Обрано чотири породи деревини : клен, ясен, береза та осика. Проаналізовані їх властивості і за методом розставлення пріоритетів та аналізу ієрархій. визначено породи деревини, які мають переваги і використані у експериментальних дослідженнях.

У третьому розділі з метою апробації отриманих теоретичних результатів були проведені експериментальні дослідження щільності та міцності деревини різних порід. Визначені значення щільності, межі міцності на статичний згин та на стиск уздовж волокон за середніми значеннями майже відповідали

середньостатистичним даним. Точність результатів випробувань не перевищувала 5%. Найкращі механічні показники спостерігалися у зразках деревини ясена, що підтвердило результати теоретичних досліджень.

У четвертому розділі розроблено проаналізовано можливість організації майстерні для виготовлення дерев'яних іграшок на базі ділянки, яку використовував відомий митець Приходько І.В. під час виготовлення іграшок вручну. Підбрано необхідні верстати, ручний інструмент. Проведені розрахунки необхідного облаштування майстерні: організації підлоги, забезпечення подачі електрики для роботи устаткування та освітлення . Проведені розрахунки витрат на облаштування ділянки для виготовлення дерев'яних іграшок.

Ключові слова: дерев'яні іграшки, породи деревини, пріоритетний матеріал, механічні властивості, ділянка виготовлення.

ЗМІСТ

ВСТУП.....		7
РОЗДІЛ 1 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІГРАШОК		8
1.1	Аналіз різних конструкцій іграшок з деревини	8
1.2	Маркетинговий аналіз ринку дерев'яних іграшок	17
1.3	Асортимент та технологічний процес виготовлення дерев'яних іграшок митцем Іваном Приходьком	21
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ З ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІГРАШОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ		26
2.1	Опис властивостей деревних порід.	26
2.2	Визначення пріоритетних порід деревини за методом розставляння пріоритетів.	29
2.3	Визначення пріоритетних порід деревини за методом аналізу ієрархій.	38
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ РІЗНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ		44
3.1	Методика та результати експериментального визначення міцності на статичний згин	44
3.2	Методика та результати експериментального визначення стиску уздовж волокон	50
3.4	Методика та результати експериментальних досліджень щільності	53
3.3	Аналіз результатів експериментальних досліджень	56
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДІЛЯНКИ ВИГОТОВЛЕННЯ ІГРАШОК		62
4.1	Аналіз існуючої ділянки виготовлення іграшок	62
4.2	Заходи для вдосконалення ділянки виготовлення іграшок	64
4.3	Розрахунок витрат матеріалів на облаштування ділянки	71
ВИСНОВКИ.....		77

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТКИ.....	85
Додаток А. Графіки зміни міцності зразків деревини при випробування на статичний згин	86
Додаток Б Графіки зміни міцності зразків деревини при випробування на стиск уздовж волокон	113

ВСТУП

У сучасному суспільстві дерев'яні іграшки набирають все більшої популярності завдяки своїм натуральним властивостям, надійності та здатності сприяти розвитку дитини. Вони відрізняються від пластикових виробів тим, що виробляються з ресурсів, які можна відновлювати, що сприяє збереженню навколишнього середовища та зменшенню шкідливого впливу на планету. З ростом екологічної обізнаності батьки та вихователі все частіше обирають дерев'яні варіанти як альтернативу пластику, який швидко зношується та забруднює довкілля.

Однією з ключових причин збільшення попиту на дерев'яні іграшки є їхня екологічність. Вони створюються з відновлюваних джерел, таких як деревина, на відміну від пластику, що походить з нафти – ресурсу, який не відновлюється. Багато компаній застосовують деревину з лісів, сертифікованих за стандартами FSC, що забезпечує відповідальне використання ресурсів, захист різноманіття видів та баланс екосистеми.

Більше того, такі іграшки здатні до біологічного розкладання. Після використання вони можуть бути перероблені в компост або розкладуться природним чином, не завдаючи тривалої шкоди навколишньому середовищу. Навпаки, пластикові іграшки, згідно з даними, становлять значну частку пластикових відходів на сміттєзвалищах, а в деяких країнах більшість з них потрапляє на звалища, спалювання чи в океани. Пластик розкладається століттями, утворюючи мікрочастинки, які забруднюють воду та шкодять морським організмам. Процес виробництва дерев'яних іграшок вимагає менше енергії та генерує менше забруднень, що зменшує їхній екологічний вплив.

РОЗДІЛ 1. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІГРАШОК

1.1. Аналіз різних конструкцій іграшок з деревини

Дерев'яні іграшки є одним із найстаріших елементів дитячої культури, які поєднують у собі натуральність матеріалів, простоту форм і значний потенціал для розвитку дитини. Конструкції цих іграшок еволюціонували протягом століть, від примітивних вирізаних фігур до складних модульних систем, що дозволяють дітям активно взаємодіяти з об'єктами. Аналіз різних конструкцій допомагає зрозуміти, яким чином деревина як матеріал впливає на функціональність, безпеку та освітню цінність іграшок.

Безпека грає вирішальну роль при підборі іграшок для дітей. Дерев'яні моделі перевершують пластикові за багатьма параметрами. Вони зазвичай робляться з природних матеріалів без додавання небезпечних хімікатів, таких як бісфенол А, фталати чи ПВХ, які можуть бути в пластику та асоціюватися з порушеннями гормонального балансу та іншими ризиками для здоров'я.

Дерев'яні іграшки вирізняються міцністю та стійкістю до поломок на гострі фрагменти, що знижує ймовірність травм. Їхня надійна будова витримує активну гру без тріщин чи руйнувань, забезпечуючи більшу безпеку.

Дерев'яні іграшки володіють значною розвиваючою цінністю, допомагаючи формувати фантазію, дрібну моторику та розумові здібності. На відміну від електронних пристроїв, які обмежують креативність фіксованими опціями, дерев'яні іграшки є гнучкими, дозволяючи малюкам вигадувати власні історії та сценарії.

Контакт з дерев'яними поверхнями надає сенсорний досвід, що є критичним для маленьких дітей. Різноманітні текстури, маса та теплота матеріалу активують кілька чуттів, сприяючи сенсорній адаптації та навчанню. Дослідження з розвитку дитини вказують, що діти, які взаємодіють з дерев'яними іграшками, показують кращі моторні навички, ніж ті, хто грається пластиковими версіями [1].

Дерев'яні іграшки є ідеальним варіантом завдяки своїм екологічним, безпечним та розвиваючим якостям. Вони походять з відновлюваних джерел, підтримують відповідальне лісництво та зменшують забруднення, тоді як пластиківі сприяють накопиченню сміття та екологічним проблемам. Їхня надійність забезпечується натуральними компонентами та міцністю, а розвиваюча роль полягає в стимуляції фантазії, моторики та інтелекту. Обираючи такі іграшки, люди не тільки дарують дітям якісні розваги, але й сприяють збереженню ресурсів планети для наступних поколінь.

Історія конструкцій дерев'яних іграшок сягає глибокої давнини, але особливий розвиток вони отримали в Європі з середньовіччя. У ті часи іграшки були простими, часто вирізаними вручну з доступних порід деревини, таких як липа, тополя чи дуб. Типовими конструкціями були дерев'яні ляльки на шпильках, види зброї, коні (рис. 1.1) та лицарі, а також релігійні фігурки, що відображали біблійні сюжети. Ці іграшки мали базову структуру: цілісні форми без рухомих частин, з акцентом на символізм і моральне виховання.



Рис.1.1. Статуетка середньовічного дерев'яного коня [2]

Археологічні знахідки свідчать про використання токарних верстатів для створення круглих елементів, як дзиги чи обручі. Соціальні відмінності впливали на складність: для заможних сімей іграшки були деталізованими, з різьбленими елементами, тоді як для бідних – примітивними, саморобними. У середньовіччі гра вважалася іноді марною, але іграшки використовувалися для релігійного

навчання, що формувало їхню конструкцію як статичні об'єкти для спостереження.

Під час періодів ренесансу та бароко конструкції стали складнішими, перетворюючись на справжні витвори мистецтва. З'явилися лялькові будиночки, що імітували архітектуру епохи, з модульними елементами для інтер'єрів. Механічні іграшки з рухомими фігурами демонстрували технічну майстерність, наприклад, хитні коні (рис. 1.2) з вирізаними деталями. Виробництво контролювали гільдії, а центри, такі як Нюрнберг у Німеччині, стали хабами для створення деталізованих моделей. Деревина обиралася за міцністю: ясен, бук чи дуб для основи, сосна для легких частин. Ці конструкції не тільки розважали, але й слугували символами статусу, з акцентом на естетику та деталізацію.



Рис.1.2. Хитний коник [3]

У фольклорних традиціях Європи регіональні особливості визначили унікальні конструкції. У гірських районах Німеччини (Ерцгебірге) створювали різдвяні піраміди (рис. 1.3), горіхоколи та чаші для кадіння, з використанням токарної обробки та різьблення. У долині Південного Тіролю фігурки з швейцарської сосни мали деталізовані форми, тоді як у Берхтесгадені (Баварія) популярними були прості елегантні іграшки, як-то візки для ляльок чи пласкі фігури з клена. Ці конструкції були модульними, з елементами, що з'єднувалися

без клею, для легкого розбирання. Традиції передавалися поколіннями, підтримуючи місцеву економіку, особливо взимку, і зберігаючи культурну ідентичність.



Рис.1.3. Різдвяна піраміда [4]

Індустріалізація ХІХ століття змінила конструкції іграшок, вводячи масове виробництво. Парові та електричні інструменти дозволили створювати стандартизовані іграшки, як-то хитні коні, поїзди (рис. 1.4) чи будівельні блоки. Це призвело до модульних систем, де елементи легко з'єднувалися, але зменшило унікальність ручної роботи. Конкуренція з пластиком змусила виробників адаптуватися, вводячи гібридний дизайн. Реформістські рухи, як у Фрідріха Фрйбеля з його "Spielgaben" (геометричні форми для навчання), Марії Монтесорі (сенсорні матеріали) та Вальдорфської педагогіки (прості натуральні форми) [1], підкреслили освітню роль, фокусуючись на конструкціях, що

стимулюють креативність. Дерев'яні іграшки стали інструментами для розвитку, з акцентом на відкритий дизайн без фіксованих функцій.



Рис.1.4. Дерев'яний поїзд [5]

У ХХ столітті війни перервали виробництво, але післявоєнний період відродив традиції. Такі компанії як "Brio", "Haba" та "Selecta" [6] (рис. 1.5) поєднали ремесло з сучасним дизайном, вводячи модульні системи та механічні елементи [1]. Сьогодні дерев'яні іграшки переживають ренесанс, з акцентом на стійкість: сертифікована деревина, мінімалістичні блоки та гібриди з цифровими елементами. Майбутнє бачить баланс між традицією та інноваціями, з конструкціями, що відповідають екологічним вимогам.

Класифікацію конструкцій дерев'яних іграшок можна провести за функціональним призначенням, складністю та типом взаємодії. Основні типи включають будівельні, механічні, освітні, рольові, транспортні та сенсорні іграшки. Кожен тип має унікальні структурні особливості, адаптовані до порід деревини.



Рис.1.5. Іграшка компанії "Selecta" [6]

Будівельні конструкції є найпоширенішими, де наявним є акцент на модульності. Вони складаються з блоків, призми чи стрижнів, що з'єднуються без фіксації або із замками. У чеській фірмі "Walachia" (рис. 1.6), такі набори включають перфоровані дерев'яні призми, колеса та ролики для створення десятків моделей, від простих будівель до складних механізмів [7]. Іграшки виготовляють з буку або сосни. Їхнє збирання передбачає нескінченне розбирання, що розвиває уяву. Ці конструкції витримують механічні навантаження. Іграшки можна збирати за інструкцією для базових моделей або імпровізувати.



Рис.1.6. Набір фірми "Walachia" [7]

Фірма "Naba" (Німеччина) виробляє іграшкові блоки з клена та бука, сертифіковані PEFC – системою, що забезпечує стале лісокористування через незалежну перевірку, гарантуючи екологічне, соціальне та економічне відповідальне походження деревини з відстеженням ланцюжка постачання. [8].

Вони дозволяють створювати вежі чи структури, розвиваючи просторове мислення. Конструкції є простими, але універсальними, з акцентом на стійкість до зносу.



Рис.1.7. Будівельні блоки "Naba" [8]

Фірма "Walachia" пропонує набори "Vario" (рис. 1.8) з буккових паличок із замками, які дозволяють формувати різноманітні конструкції, легко розбирати. Матеріал – бук гарно відшліфований для безпеки [9]. У британській компанії "Blue Brontide" іграшкові тварини з дерева на колесах (рис. 1.9) призначені для динамічних ігор, де їх можна тягнути [10]. В українській фірмі "Igoteco" конструктори мають частини, що рухаються (рис. 1.10 і виготовлені з міцної деревини, що не деформується [11].



Рис.1.8. Набори "Vario" від фірми "Walachia" [9]



Рис.1.9. Іграшка жаба від фірми "Blue Brontide" [10]

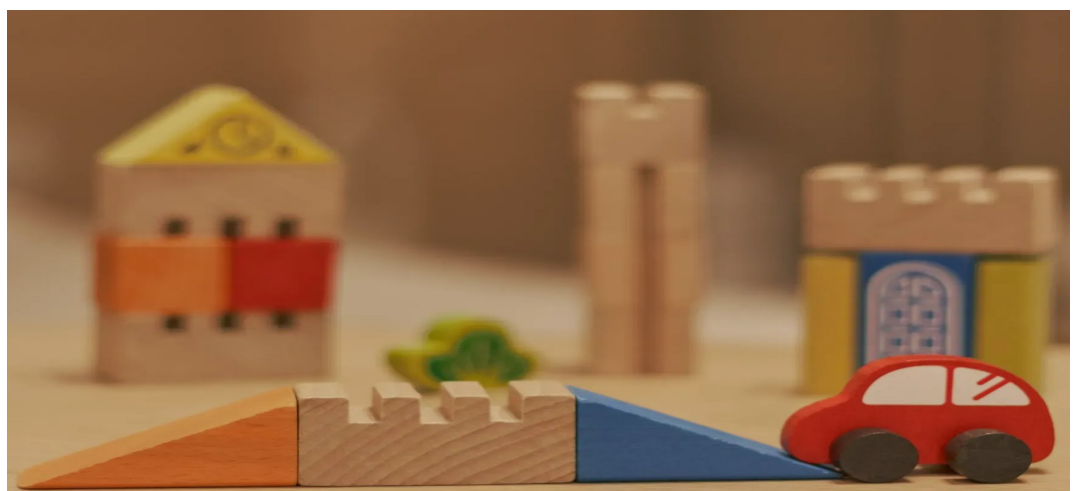


Рис.1.10. Дерев'яний конструктор (фірма "Igoteco") [11]

Освітні іграшки допомагають розвивати навички, наприклад, сортування фігур чи складання пазлів. У німецькій фірмі "Grimm's" геометричні форми з натуральної деревини тренують логіку. Компанія "Haba" пропонує набори для

будівництва з бука, які покращують розуміння простору. В Україні виробник дерев'яних іграшок "Chide" виготовляє бізіборди з лабіринтами та шестернями, вбудованими в кубики (див. рис. 1.11), щоб розвивати дрібну моторику. Ці іграшки складаються з модулів, мають безпечні заокруглені краї та не містять шкідливих фарб [12].



Рис.1.11. Бізіборд компанії "Chide" [12]

Рольові іграшки копіюють реальне життя, наприклад, будиночки для ляльок. Український виробник дерев'яних іграшок "Chide" має будиночки для Барбі з меблями з фанери, рожевими, для дівчаток. Фірма "Walachia" пропонує набори для хобі, де з дерев'яних балок і картону клеять будинки за схемами. Компанія "Blue Brontide" робить кухні та інструменти з міцної деревини, щоб вони служили довго.

Транспортні іграшки включають машинки та поїзди. Фірма "Walachia" додає колеса в набори для рухомих моделей. В Україні фірма "Igoteco" пропонує гаражі в своїх конструкторах.

Сенсорні іграшки для маленьких дітей, такі як гризунки, фірма "Naba" виготовляє з бука. Виробник дерев'яних іграшок "Chide" робить натуральні кубики без фарби.

Сучасні тренди в Україні та Європі підкреслюють екологічність: використовують сертифіковану деревину, простий дизайн. В Україні виробник дерев'яних іграшок "Chide" та фірма "Igoteco" пропонують персоналізовані

іграшки з фанери. В Європі фірма "Haba" та фірма "Walachia" акцентують на стійкості з сертифікацією PEFC. Деревина має такі переваги, як натуральність і довговічність, але обробка складних форм з неї може бути важкою.

У підсумку, дерев'яні іграшки бувають різними – від простих до складних, і вони адаптовані для розвитку дитини. Аналіз показує, що вибір деревини для виготовлення (ясен чи бук для міцності, сосна для легкості) визначає, наскільки іграшка буде успішною та безпечною.

1.2. Маркетинговий аналіз ринку дерев'яних іграшок

Ринок дерев'яних іграшок є одним із сегментів глобальної індустрії іграшок, який демонструє стабільне зростання завдяки підвищеному інтересу споживачів до екологічно чистих і безпечних продуктів. У сучасному світі батьки все частіше обирають іграшки, виготовлені з натуральних матеріалів, таких як деревина, замість пластикових аналогів, що часто містять шкідливі хімікати. Цей сегмент ринку поєднує традиційні ремесла з сучасними тенденціями, такими як освітні іграшки та продукти для розвитку дитини. Аналізуючи ринок, можна побачити, що його динаміка залежить від факторів, таких як: економічний розвиток країн, демографічні зміни, екологічна свідомість та інновації в дизайні. Глобальний ринок дерев'яних іграшок оцінюється в мільярди доларів і продовжує розширюватися, особливо в Європі та Північній Америці, де споживачі готові платити більше за якісні, стійкі товари [13].

За даними індійської фірми "Virtue Market Research" [13], глобальний ринок дерев'яних іграшок у 2023 році склав приблизно 26-28 мільярдів доларів, з прогнозом зростання до 35 – 44 мільярдів до 2030-2034 років. Наприклад, американська компанія CMI Consulting LLC вказує на очікуване зростання ринку на 6% щорічно [14], при цьому в 2024 році ринок дерев'яних іграшок досяг 27 млрд доларів, а до 2030 року може сягнути 36,5 млрд доларів. Ці цифри варіюються, але загальна тенденція є позитивною, з середнім річним темпом зростання від 3,3% до 6%. Фактори зростання включають підвищення свідомості про екологію: батьки шукають іграшки без фталатів та токсинів, які часто присутні в пластику. Крім того, пандемія COVID-19 прискорила перехід до

онлайн-покупок, що допомогло ринку розширитися через платформи на кшталт "Amazon" чи "Etsy".

Сегментація ринку дерев'яних іграшок відбувається за кількома критеріями. За типом продукту виділяють конструктори (наприклад, дерев'яні блоки чи пазли), ляльки та фігурки, транспортні засоби (машинки, потяги), освітні іграшки (сортери, рахівниці) та декоративні елементи. Конструктори займають найбільшу частку, оскільки сприяють розвитку моторики та креативності.

Іграшки поділяють за віковими групами: іграшки для немовлят (0 – 2 роки), які фокусуються на безпеці та сенсорному розвитку; для дошкільнят (3 – 5 років), що фокусуються на навчанні, а для старших дітей фокусуються на складніших моделях. Спостерігається тенденція зростання "kidult" – дорослих, які купують іграшки для себе, наприклад, складні дерев'яні моделі чи пазли.

Розподіл каналів збуту: офлайн – магазини (супермаркети, спеціалізовані крамниці) все ще домінують, але онлайн-канали ростуть найшвидше, з часткою понад 20% у глобальному обороті. Регіонально Європа лідирує з часткою близько 30-35%, завдяки сильним традиціям у Німеччині, Франції та Великобританії, де екологічні стандарти високі [14].

У Європі ринок іграшок загалом оцінювався в 62,63 мільярда доларів у 2023 році, прогнозується зростання на 6,61% до 2033 року [14]. Дерев'яні іграшки тут користуються попитом через акцент на стійкість: споживачі віддають перевагу продуктам з FSC – сертифікованої деревини (Forest Stewardship Council), що гарантує відповідальне лісогосподарство.

В Україні ринок іграшок та ігор демонструє солідне зростання, попри економічні виклики, спричинені війною та інфляцією. Зростання відбувається завдяки відеоіграм та локалізованим продуктам, але традиційні іграшки, включаючи дерев'яні, також набирають обертів через патріотичні теми. Наприклад, іграшки з українською символікою, допомагають виховувати культурну ідентичність у дітей [15].

Споживчі тенденції на ринку дерев'яних іграшок вказують на перехід до "зеленого" споживання. Батьки обирають іграшки, які не лише розважають, а й

навчають: екологічним цінностям, креативності, розвивають навички (інженерія, математика). Дослідження показують [13], що 70% батьків готові платити на 20-30% більше за натуральні матеріали. У Європі та Україні спостерігається зростання попиту на локальні продукти: в Україні це пов'язано з бажанням підтримати вітчизняних виробників, особливо після 2022 року, коли імпорту зменшився через логістичні проблеми. Онлайн-ритейл росте постійно: інтернет-продажі традиційних іграшок показують двозначне зростання на платформах на кшталт "Rozetka" чи "OLX" в Україні [13].

Ринок дерев'яних іграшок досить різноманітний – тут є і великі світові компанії, і місцеві майстри. Наприклад, серед найвідоміших виробників – "Наре" (рис. 1.12) з Німеччини, "Melissa & Doug" зі США (рис. 1.13), "PlanToys" з Таїланду та "Le Toy Van" з Великої Британії (рис. 1.14). Вони намагаються бути сучасними, створюючи, наприклад, модульні конструктори або іграшки з доповненою реальністю.



Рис.1.12. Іграшка фірми "Наре"[16]



Рис.1.13. Конструктор фірми "Melissa & Doug" [17]



Рис.1.14. Іграшка фірми "Le Toy Van" [18]

У Європі основну роль відіграють бренди з країн ЄС, які суворо дотримуються стандартів безпеки [19]. В Україні ринок поки що менший, але поступово розвивається завдяки місцевим виробникам і компаніям, як-от "Kiddisvit" [20], що випускають іграшки з патріотичними мотивами.

Якщо подивитися на це через SWOT – аналіз, то сильними сторонами у виробництві дерев'яних іграшок є натуральність матеріалів та довговічність. Серед слабких сторін – вища ціна порівняно з пластиковими іграшками. Серед можливостей можна назвати розвиток онлайн-продажів та вихід на експорт, а серед загроз – дешеві азійські аналоги та економічну нестабільність.

Прогнози для ринку дерев'яних іграшок оптимістичні: глобальне зростання на 4 – 6% щорічно, з акцентом на Азію та Європу. В Україні, попри війну, ринок відновлюється завдяки «е-комерс» та «kidult-тренду». Очікується, що до 2029 року зростання реального ВВП та зниження інфляції підтримають попит. Для дерев'яних іграшок ключем є інновації: інтеграція з цифровими технологіями, персоналізація. Отже, ринок дерев'яних іграшок – це перспективний сегмент, який поєднує традиції з сучасністю, і його розвиток залежить від екологічної свідомості та економічної стабільності.

1.3 Асортимент та технологічний процес виготовлення дерев'яних іграшок митцем Іваном Васильовичем Приходьком

Іван Васильович Приходько (рис. 1.15) – видатний український майстер народного мистецтва, який поєднує традиційні ремесла з сучасним творчим підходом [21]. Народжений у селі Дударків Бориспільського району Київської області, він став відомим як автор картин, дитячих дерев'яних іграшок та фігурного дерев'яного посуду. Іван Васильович, як представник наївного мистецтва, наповнював свої твори радістю та світлим сприйняттям світу, часто включаючи елементи народних повір'їв, прикмет та гумору, що робило його роботи близькими до серця глядача. Він вважав мистецтво найсильнішою зброєю, здатною протистояти темряві та надихати на позитивні зміни в суспільстві [22].



Рис.1.15. Приходько Іван Васильович (17.09.1939 р. – 01.07.2025 р.)

Без спеціальної художньої освіти, Іван Васильович здобув звання Заслуженого майстра народного мистецтва України у 2003 році, а також отримав премії імені Катерини Білокур (1999) та Павла Чубинського (1994) (рис. 1.16). Понад чотири десятиліття він працював в сфері декоративного розпису, народної іграшки та дерев'яної скульптури, зберігаючи родову пам'ять та традиційні знання. Його стиль унікальний: симетрія в композиції, баланс елементів, ритмічність, багаторівневі зображення, узагальнення образів з метафорами та

символізмом. Приходько І. В. навчав дітей малюванню в студії народного живопису в Дударкові з 1972 року, виступаючи мостом між поколіннями [22].



Рис.1.16. Звання та премії Приходька Івана Васильовича

Асортимент іграшок Івана Приходька різноманітний і натхненний природою та українським фольклором. Він створював янголів – охоронців (рис. 1.17), які символізують захист і духовність. Ці фігурки часто мають крила та прості форми, розписані в яскраві кольори. Інший тип – пташки (рис. 1.18) та фантастичні звірі (рис. 1.19), що уособлюють божественний дух. Асортимент включає рухомі іграшки (наприклад, фігурки, що коливаються чи обертаються (рис. 1.20), малі декоративні скульптури та фігурний посуд (ложки чи тарілки). Його іграшки не просто забавки, а обереги: пташки-обереги, янголи для дому. Приходько Іван Васильович малював казкових тварин у райдужних кольорах на полотні, але в дерев'яних роботах робив акцент на об'ємності [22]. Асортимент його іграшок орієнтований на дітей, але приваблює і дорослих колекціонерів через символізм.



Рис.1.17. Янгол-охоронець [22]



Рис.1.18. Пташка [22]



Рис.1.19. Мати золотої рибки [22]

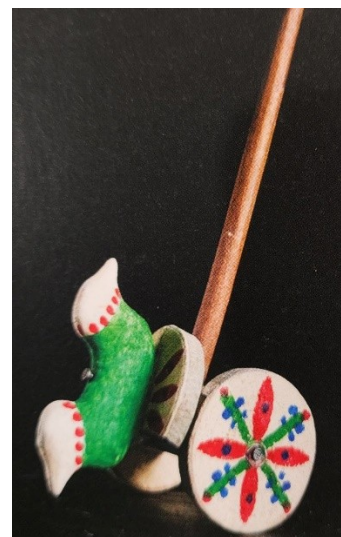


Рис.1.20. Іграшка-коліщатко [22]

Технологічний процес виготовлення дерев'яних іграшок у Приходька Івана Васильовича починався з вибору матеріалу. Він використовував вербу або осику, яка м'яка, легка в обробці та має природний аромат. Наступний крок – сушіння: деревину сушать спочатку природним способом на відкритому повітрі, щоб вологість впала нижче 15%, запобігаючи тріщинам чи цвілі, за потреби потім досушують на печі у сторічній хатині. Після сушіння йде дизайн: майстер

малював ескізи, натхненні природою чи фольклором, враховуючи симетрію та баланс.

Різання – ключовий етап: Іван Васильович різав деревину ножом чи різцями (рис. 1.21), формуючи базову форму (наприклад, тіло янгола чи пташки (рис. 1.22). Потім шліфування: поверхню вирівнюють наждачним папером для гладкості, щоб уникнути скалок. Наступне – розпис, під час якого майстер наносить фарби – акрилові чи натуральні, додаючи деталі очей, крил чи орнаментів. Для рухомих іграшок додають механізми: шарніри з деревини чи мотузки для коливання. Збирання: частини склеюють натуральним клеєм або з'єднують штифтами. Якість контролюють вручну: перевіряють стійкість, безпеку (без гострих країв). Пакування просте – в коробки чи тканину, і доставка через виставки чи замовлення.



Рис.1.21. Різання заготовки



Рис.1.22. Формування базової форми

Процес виготовлення іграшок Івана Васильовича відрізнявся від промислового: це ручна робота, де кожна іграшка унікальна. Він зберігав традиції стародавніх майстрів, але додавав особистий стиль. Роботи Івана Васильовича експонуються в музеях – Музей Івана Гончара, і на фестивалях.

Асортимент Приходька І. В. демонструють красу народного мистецтва, поєднуючи функціональність з духовністю.

Аналіз конструкцій іграшок з деревини, значний попит на них у європейського та вітчизняному просторі, як екологічного товару, що не псує здоров'я дітей підтверджує необхідність розширення асортименту їх виготовлення та полегшення ручної роботи при виготовленні автентичних іграшок відомим митцем.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ З ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІГРАШОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

2.1 Опис властивостей деревних порід

Для виготовлення іграшок використовують деревину різних порід, що виростає в Україні. Серед популярних деревних порід є такі: клен (*Acer*)

Деревина клена (*Acer campestre*) (рис.2.1) – деревина клена може змінюватись від майже білого до світло-коричневого кольору. Часто зустрічаються зразки з гарним хвилястим малюнком волокон. Текстура зазвичай дрібнопориста та однорідна. Деревина цінується не лише за свою красу, а й за міцність деревини. Його деревина використовується в різних сферах, від виготовлення меблів до музичних інструментів.

Середня щільність деревини клена варіюється від 623 кг/м³ (явір) до 653 кг/м³ (клен гостролистий). Радіальна усадка становить від 3,2% до 4,9%, а тангенціальна – від 8,0% до 9,0%. Міцність на згин для клена гостролистого становить 80-100 МПа, а міцність на стиск – від 50 до 60 МПа.



Рис. 2.1. Пилопродукція з деревини клена [23]

Деревина ясеня (*Fraxinus excelsior*) (рис.2.2) – колір ясеня може змінюватись від світло – бежевого до світло-коричневого, іноді з оливковим відтінком. Серцевина зазвичай трохи темніша за заболонь. Текстура виразна, з прямими волокнами і серцевими променями, що часто зустрічаються.

Використовується в різних сферах, меблеве виробництво, будівництво, виготовлення музичних інструментів, оздоблення.

Середня щільність деревини ясеня варіюється від 650 до 690 кг/м³. Радіальна усадка становить близько 5,0%, а тангенціальна – 8,0%. Міцність на згин для ясеня становить 100 – 120 МПа, а міцність на стиск – від 60 до 70 МПа.



Рис. 2.2. Піломатеріали з деревини ясеня [24]

Деревина берези (*Bétula pendula*) (рис.2.2) – зазвичай світло-жовта або рожева, з легким шовковистим блиском. Текстура однорідна, із прямими волокнами. Добре піддається обробці, її легко пиляти, стругати і фрезерувати. Деревина має низку унікальних властивостей, завдяки яким вона знайшла широке застосування у різних сферах. З неї виготовляють меблі, використовується в будівництві, роблять ручки для інструментів, спортивний інвентар, виготовлення паперу та гарно показує в вигляді дров.

Середня щільність деревини берези варіюється від 610 до 650 кг/м³. Радіальна усадка становить близько 5,3%, а тангенціальна – 7,8%. Міцність на згин становить 70 – 90 МПа, а міцність на стиск – від 45 до 55 МПа



Рис. 2.3. Пиломатеріали з деревини берези [25]

Деревина осики (*Populus tremula*) – зазвичай біла із зеленуватим відтінком. Текстура однорідна, із прямими волокнами. Легко піддається обробці, її легко пиляти, стругати та фрезерувати. У сухих умовах осика досить стійка до гниття, але в умовах підвищеної вологості швидко руйнується. Використовують у виробництві паперу, фанери, сірників, використовують в будівництві для тимчасових опалубок, в якості дров. Підходить для різьблення, виготовляють декоративні вироби (рис.2.4).

Середня щільність деревини осики варіюється від 450 до 500 кг/м³. Радіальна усадка становить близько 4,5%, а тангенціальна – 7,5%. Міцність на згин для клена гостролистого становить 50-60 МПа, а міцність на стиск – від 30 до 40 МПа.



Рис.2.4. Дошка з деревини осики [26]

Властивості вищенаведених деревних порід були прийняті для вибору пріоритетного матеріалу для виготовлення іграшок.

2.2 Визначення пріоритетних порід деревини за методом розставляння пріоритетів

Для порівняння деревних порід, обрано 4 основні характеристики по кожній з 4 порід, що наведено у табл.2.1.

Таблиця 2.1

Перелік і характеристики деревних порід

Порода деревини	Міцність на стиск вздовж волокон, МПа	Міцність на згин при вологості 15%, МПа	Щільність 12%, кг/м ³	Ціна, грн /м ³
Клен	60,6	105,5	703	9150
Ясен	55,9	108,5	723	9020
Береза	47,2	96,5	655	9020
Осика	46,1	68,5	525	9020

Під час аналізу та якісного зіставлення видів деревини було сформовано квадратну матрицю бінарних співвідношень розміром 4x4. У ній символ "m" відповідає за властивості порід, а "n" – за конкретний вид деревини, що пояснює саме такий формат матриці (4 на 4). Відносини між цими властивостями та породами деревини позначаються математичними знаками: ">" для більшого, "=" для рівного та "<" для меншого.

Під час оцінювання, показники порівнюються на основі пріоритету. Для цього порівняння створюється додаткова квадратна матриця m x n. Для визначення кількісної оцінки кожного показника використовується формула [24], за допомогою якої визначається яке значення серед об'єктів є найкращим і наскільки це значення відрізняється від найгіршого об'єкта:

$$K_{ij} = \frac{X_{ijmax}}{X_{ijmin}}, \quad (2.1)$$

Показник міцності на стиск відображає здатність матеріалу витримувати навантаження без руйнування. Чим вищий цей показник, тим краще матеріал здатний витримувати стиснення.

Значення K_j визначено за вище вказаною формулою (2.1), за допомогою цього можна визначити різницю між найкращим і гіршим показниками. Далі розраховано коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2):

Розраховано значення коефіцієнтів K_j та ω_j , використовуючи інформацію з табл. (2.3 – 2.5) з використанням формул (2.1) і (2.2).

Таблиця 2.3

Матриця порівняння деревних порід за міцністю на згин

		X1	X2	X3	X4	K	W
		105,5	108,5	96,5	68,5		
X1	105,5	=	<	>	>	1,58	0,2
X2	108,5	>	=	>	>		
X3	96,5	<	<	=	>		
X4	68,5	<	<	<	=		

Показник міцності на згин свідчить про здатність матеріалу витримувати навантаження без руйнування в умовах вигину. Чим вищий цей показник, тим кращий матеріал у плані стійкості до згинальних навантажень.

Таблиця 2.4

Матриця порівняння деревних порід за щільністю

		X1	X2	X3	X4	K	W
		703	723	655	525		
X1	703	=	<	>	>	1,38	0,26
X2	723	>	=	>	>		
X3	655	<	<	=	>		
X4	525	<	<	<	=		

Показник щільності матеріалу визначає, скільки маси вміщується в одиниці обсягу. Чим щільніше матеріал, тим він міцніший.

Матриця порівняння деревних порід за ціною

		X1	X2	X3	X4	К	W
		9150	9020	9020	9020		
X1	9150	=	>	>	>	1,06	0,13
X2	9020	<	=	=	=		
X3	9020	<	=	=	=		
X4	9020	<	=	=	=		

Чим нижчий показник ціни, тим вигідніше придбати матеріал, тому в цьому випадку нижче значення є кращим.

Для визначення пріоритету кожної породи деревини за кожною характеристикою P_{ij} і пріоритету показника P_j , вводиться поняття потужності критерію L – го порядку $P(L)$, яке розраховують по рядках за формулами [24]:

Перша ітерація:

$$P_i(1) = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (2.5)$$

$$P_j(1) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.6)$$

$$P_{ij}(1) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.7)$$

Друга ітерація:

$$P_j(2) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.8)$$

$$P_{ij}(2) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.9)$$

Третя ітерація:

$$P_j(3) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.10)$$

$$P_{ij}(3) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.11)$$

Результати розрахунків занесено в табл. 2.6.

За цим методом розраховано табл. 2.7 - 2.9.

Таблиця 2.6

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за міцністю на стиск

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		60,6	55,9	47,2	46,1								
X1	60,6	1,00	1,20	1,20	1,20	1,31	0,2	4,60	0,29	18,28	0,29	72,18	0,29
X2	55,9	0,80	1,00	1,20	1,20			4,20	0,26	16,52	0,26	65,22	0,26
X3	47,2	0,80	0,80	1,00	1,20			3,80	0,24	14,92	0,24	58,94	0,24
X4	46,1	0,80	0,80	0,80	1,00			3,40	0,21	13,48	0,21	53,26	0,21
							Σ	16,00	1,00	63,20	1,00	249,60	1,00

Таблиця 2.7

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за міцністю на згин

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		105,5	108,5	96,5	68,5								
X1	105,5	1,00	0,70	1,30	1,30	1,58	0,3	4,30	0,27	16,57	0,27	64,29	0,27
X2	108,5	1,30	1,00	1,30	1,30			4,90	0,31	19,33	0,31	75,06	0,31
X3	96,5	0,70	0,70	1,00	1,30			3,70	0,23	14,17	0,23	55,07	0,23
X4	68,5	0,70	0,70	0,70	1,00			3,10	0,19	12,13	0,20	47,18	0,20
							Σ	16,00	1,00	62,20	1,00	241,60	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		703	723	655	525								
X1	703	1,00	0,74	1,26	1,26	1,38	0,26	4,26	0,27	16,57	0,26	64,79	0,26
X2	723	1,26	1,00	1,26	1,26			4,78	0,30	18,92	0,30	74,02	0,30
X3	655	0,74	0,74	1,00	1,26			3,74	0,23	14,49	0,23	56,72	0,23
X4	525	0,74	0,74	0,74	1,00			3,22	0,20	12,68	0,20	49,66	0,20
Σ								16,00	1,00	62,65	1,00	245,18	1,00

Таблиця 2.9

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		9150	9020	9020	9020								
X1	9150	1,00	1,13	1,13	1,13	1,06	0,13	4,39	0,27	17,51	0,27	69,81	0,27
X2	9020	0,87	1,00	1,00	1,00			3,87	0,24	15,43	0,24	61,52	0,24
X3	9020	0,87	1,00	1,00	1,00			3,87	0,24	15,43	0,24	61,52	0,24
X4	9020	0,87	1,00	1,00	1,00			3,87	0,24	15,43	0,24	61,52	0,24
Σ								16,00	1,00	63,80	1,00	254,38	1,00

Результати експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Міцність на стиск вздовж волокон, МПа			Міцність на згин при вологості 15%, МПа			Щільність 12%, кг/м ³			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	$X_{сер}-X_i$	$(X_{сер}-X_i)^2$
1	1	0,57	0,33	2	0,29	0,08	2	1,00	1,00	2	0,86	0,73
2	3	-1,43	2,04	2	0,29	0,08	3	0,00	0,00	3	-0,14	0,02
3	1	0,57	0,33	2	0,29	0,08	4	-1,00	1,00	4	-1,14	1,31
4	1	0,57	0,33	2	0,29	0,08	4	-1,00	1,00	2	0,86	0,73
5	1	0,57	0,33	2	0,29	0,08	2	1,00	1,00	4	-1,14	1,31
6	1	0,57	0,33	2	0,29	0,08	4	-1,00	1,00	3	-0,14	0,02
7	3	-1,43	2,04	4	-1,71	2,94	2	1,00	1,00	2	0,86	0,73
Середнє значення балу	1,57			2,29			3,00			2,86		
Середнє квадратичне відхилення	0,98			0,76			1,00			0,90		
Коефіцієнт варіації / 100%	0,62			0,33			0,33			0,31		
	$K_{експ.1}$	0,38		$K_{експ.2}$	0,67		$K_{експ.3}$	0,67		$K_{експ.4}$	0,69	
Загальний коефіцієнт погодження експертів	0,60											

Середнє значення x_{ij} та середнє квадратичне відхилення S_{ij} (табл. 2.10) розраховують по кожному ряду відповідей за формулами [27]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2.12)$$

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2}{m-1}}, \quad (2.13)$$

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

m – кількість експертів.

Далі розраховують коефіцієнт варіації V_{ij} за формулою [27]:

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

Загальний коефіцієнт погодження експертів визначають за формулами [24]:

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \quad (2.15)$$

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}}, \quad (2.16)$$

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. Згідно результатів розрахунку (табл. 2.10) $K_E = 0,6$. Отже думка семи експертів є погодженою.

Складено квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.11).

Таблица 2.11

.Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W
		1,57	2,29	3,00	2,86		
Y1	1,57	=	<	<	<	1,91	0,41
Y2	2,29	>	=	<	<		
Y3	3,00	>	>	=	>		

Y4	2,86	>	>	<	=		
----	------	---	---	---	---	--	--

Складено матрицю суміжності для порівняння показників (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують породи
деревини

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *
		1,57	2,29	3,00	2,86						
Y1	1,57	1,00	0,59	0,59	0,59	1,91	0,41	2,77	0,17	10,58	0,17
Y2	2,29	1,41	1,00	0,59	0,59			3,59	0,22	13,18	0,22
Y3	3,00	1,41	1,41	1,00	1,41			5,23	0,33	20,42	0,34
Y4	2,86	1,41	1,41	0,59	1,00			4,41	0,28	16,46	0,27
Σ								16,00	1,00	60,64	1,00

На основі отриманих результатів побудовано підсумкову матрицю для розрахунку комплексного пріоритету (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

.Підсумкова матриця

Матеріал	Пріоритет породи деревини по одиничних показниках				Пріоритет показника		Комплексний пріоритет матеріалу
	1	2	3	4	номер	значення	
Клен	0,29	0,27	0,26	0,27	2	0,17	0,27
Ясен	0,26	0,31	0,30	0,24	1	0,22	0,28
Береза	0,24	0,23	0,23	0,24	3	0,34	0,23
Осика	0,21	0,20	0,20	0,24	4	0,27	0,21

З табл. 2.14 видно, що максимальний пріоритет має порода деревини – Ясен. Дану породу буде прийнято для досліджень з майбутнім впровадженням у технологічний процес виготовлення дитячих іграшок.

2.3 Визначення пріоритетних порід деревини за методом аналізу ієрархій

Мета: вибір кращого плитного матеріалу.

Кількість альтернатив – 4.

Кількість критеріїв – 4.

Альтернативи та критерії позначені скороченими назвами і наведені у табл.2.14.

Таблиця 2.14

Визначені критерії, за яким оцінюють альтернативи, та альтернативи

№	Критерії	№	Альтернативи
Кр1	Міцність на стиск	A1	Клен
Кр2	Міцність на згин	A2	Ясен
Кр3	Щільність	A3	Береза
Кр4	Ціна	A4	Осика

У процесі відбору найкращих матеріалів створено та заповнено матрицю парного стандартного порівняння (МПП) (табл. 2.15) за критеріями, що відповідають меті.

Визначають середнє геометричне значення елементів матриці за формулою [27]:

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}) = (a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{is})^{\frac{1}{s}}, \quad (2.17)$$

де: i – номер рядка матриці;

s – кількість елементів в i -му рядку матриці;

$$a_{i1} = \frac{w_1}{w_1}; a_{i2} = \frac{w_2}{w_2}; \dots a_{is} = \frac{w_s}{w_s}.$$

Далі визначають значення локального пріоритету (ЛПр) для 1 – го рядка за формулою [24]:

$$ЛПр_1 = \frac{\left[\left(\frac{w_1}{w_1} \right) \cdot \left(\frac{w_2}{w_2} \right) \cdot \dots \cdot \left(\frac{w_n}{w_n} \right) \right]^{\frac{1}{5}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (2.18)$$

Розрахунок ЛПр для наступних рядків виконується аналогічно.

Потім перевіряють оцінки експертів на чіткість і ступінь узгодженості. Для цього контролю використовують такі ознаки: індекс узгодженості (CI) і відношення узгодженості (CR), які розраховують за формулами [24]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (2.19)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (2.20)$$

де: n – розмір матриці;

P_n – індекс узгодженості для позитивної зворотної симетричної матриці випадкових оцінок $n \times n$;

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

Результати розрахунків занесено в табл. 2.15.

За допомогою цього методу розраховано табл. 2.16 – 2.19.

Таблица 2.15

Матриця МПП критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр1
Кр1	Міцність на стиск	1	0,89	1,33	1,60	1,173	0,286
Кр2	Міцність на згин	1,13	1	1,50	1,80	1,320	0,321
Кр3	Щільність	0,75	0,67	1	1,20	0,880	0,214
Кр4	Ціна	0,63	0,56	0,83	1	0,733	0,179
Сума						4,107	1,00

Показники: $N=4$; $L_{am}=4,435$; $CI=0,145$; $CR=0,161$

Найбільше значення $LPr=0,321$

Таблиця 2.16

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію міцність на стиск

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	Клен	1	1,13	1,29	1,80	1,270	0,310
Кр2	Ясен	0,89	1	1,14	1,60	1,129	0,276
Кр3	Береза	0,78	0,88	1	1,40	0,988	0,241
Кр4	Осика	0,56	0,63	0,71	1	0,706	0,172
Сума						4,093	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,372$; $CI=0,124$; $CR=0,138$

Найбільше значення ЛПр=0,310

Таблиця 2.17

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію міцність на згин

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	Клен	1	0,89	1,14	1,60	1,129	0,276
Кр2	Ясен	1,13	1	1,29	1,80	1,270	0,310
Кр3	Береза	0,88	0,78	1	1,40	0,988	0,241
Кр4	Осика	0,63	0,56	0,71	1	0,706	0,172
Сума						4,093	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,372$; $CI=0,124$; $CR=0,138$

Найбільше значення ЛПр=0,310

Таблиця 2.18

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію щільність

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	Клен	1	0,78	1,17	1,40	1,062	0,259
Кр2	Ясен	1,29	1	1,50	1,80	1,365	0,333
Кр3	Береза	0,86	0,67	1	1,20	0,910	0,222
Кр4	Осика	0,71	0,56	0,83	1	0,758	0,185
Сума						4,095	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,390$; $CI=0,130$; $CR=0,145$

Найбільше значення ЛПр=0,333

Таблиця 2.19

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію ціна

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	Клен	1	0,56	0,71	0,63	0,706	0,172
Кр2	Ясен	1,80	1	1,29	1,13	1,270	0,310
Кр3	Береза	1,40	0,78	1	0,88	0,988	0,241
Кр4	Осика	1,60	0,89	1,14	1	1,129	0,276
Сума						4,093	1,00

Показники: $N=4$; $\lambda_{\max}=4,372$; $CI=0,124$; $CR=0,138$

Найбільше значення ЛПр=0,310

Побудовано матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв [27] (табл.2.20).

Таблиця 2.20

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв.

	Назва	ПрКр	A1 Клен	A2 Ясен	A3 Береза	A4 Осика
Кр1	Міцність на стиск	0,286	0,310	0,276	0,241	0,172
Кр2	Міцність на згин	0,321	0,276	0,310	0,241	0,172
Кр3	Щільність	0,214	0,259	0,333	0,222	0,185
Кр4	Ціна	0,179	0,172	0,310	0,241	0,276

Визначають значення глобального пріоритету ГлПр. Значення ГлПр для рядка A1 визначають шляхом додавання добутків значень стовпця «ПрКр» (табл. 2.20) на значення у стовпці «A1» [27]. Отримані дані занесено у табл. 2.21.

Таблиця 2.21

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
1	Клен	0,264
2	Ясен	0,305
3	Береза	0,237
4	Осика	0,194

Із табл. 2.21 видно, що Альтернатива 2 (Ясен) має найвищий глобальний пріоритет – 0,305, і тому є найкращою альтернативою для досягнення цієї мети, а саме виготовлення дитячих іграшок.

Отже за розрахунками з використанням двох методів виявилось, що найкращою породою деревини є ясен.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ РІЗНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ

Відповідно до теоретичного розрахунку (Розділ 2) для виготовлення іграшок пріоритетною породою було визнано ясен, яку було використано для визначення механічних характеристик. Крім того, було прийнято рішення про дослідження деревини бука та осики як альтернативи.

3.1 Методика та результати експериментального визначення міцності на статичний згин

Зразки для тестування виготовляли у формі прямокутних брусків з поперечним перерізом 20×20 мм. Довжина зразка не залежить від породи деревини та умов і зазвичай становить від 300 до 400 мм для стандартних тестів. Зразки відбирали з деревини, без видимих дефектів, таких як тріщини чи гниль. Кількість зразків була достатньою для статистичної достовірності (35 штук) [28] – рис. 3.1. Вологість зразків вимірювали перед тестом, і вона становила $W = 8 \pm 2\%$.

Для проведення тестів використовували спеціальну випробувальну машину, типу Р-5 УХЛ 4.2 (рис.3.2), яка забезпечує рівномірне навантаження. Машина мала пристрій для фіксації зразка з опорами на відстані 300 мм і центральним навантажувальним елементом. Навантаження застосовували зі швидкістю 30 мм/хв. Для вимірювання розмірів та визначення вологості зразків застосовували додаткові інструменти (штангенциркуль з точністю 0,1 мм) та прилади (ваги, сушильна шафа) [28].

Перед початком тесту зразки кондиціонували при температурі 20 ± 2 °С та відносній вологості не більше 65%. Вимірювали розміри зразка (довжину, ширину, висоту) з точністю до 0,1 мм. Зразок розміщували на опорах горизонтально, з навантаженням у центрі. Перевіряли, щоб поверхня була рівною, без деформацій [28].

Тестування проводили на машині з фіксованою схемою: зразок лежав на двох опорах на відстані 300 мм, а навантаження застосовували в середині перпендикулярно до поверхні. Навантаження збільшували рівномірно зі швидкістю, що забезпечує руйнування зразка за 1,5 – 2 хвилини. Фіксували максимальне навантаження (P_{max}) у момент руйнування. Якщо зразок руйнувався не в центрі, тест повторювали. Схема тестування включає діаграму з розмірами: опори на 300 мм, радіус опор 15 мм, радіус навантажувального елемента 30 мм [28].

Межу міцності (σ) обчислювали за формулою [28]:

$$\sigma = \frac{3P_{max} \cdot l}{2bh^2} \quad (3.1)$$

Де P_{max} – максимальне навантаження, Н;

l – відстань між опорами, мм;

b – шири–на зразка, мм;

h – висота зразка, мм.

Результати округлюють до 1 МПа.

Під час випробування зразок розміщали на опорах так, щоб річні кільця були перпендикулярними до напрямку сили. Навантаження збільшують рівномірно зі швидкістю до руйнування зразка. Було зафіксовано максимальне навантаження у момент руйнування та прогин. Крива навантаження наведена на рис 3.3.



Рис 3.1 Зразки деревини



Рис 3.2 Випробувальна машина Р-5 УХЛ 4.2.

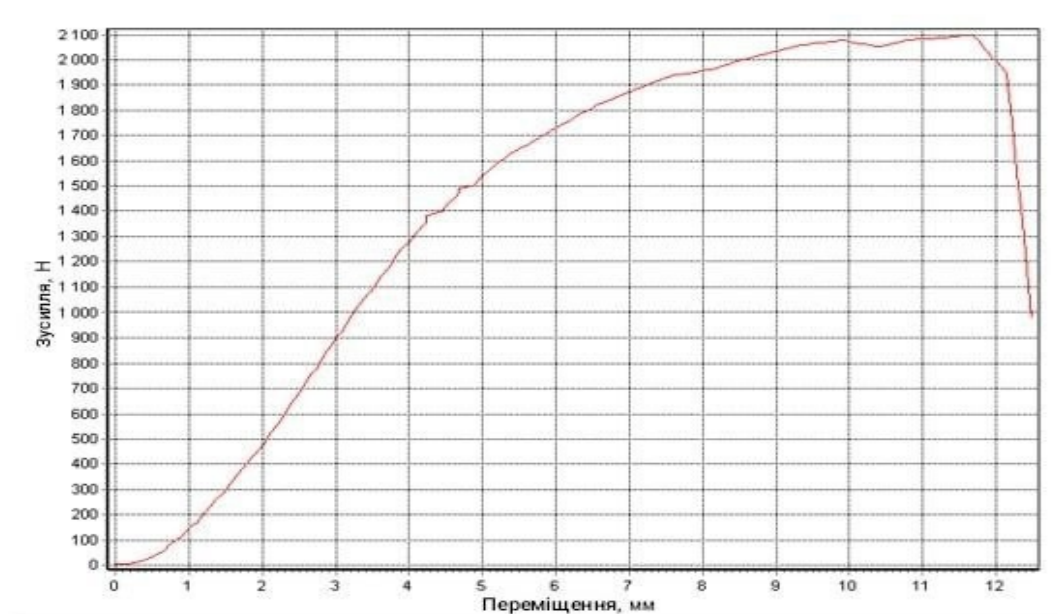


Рис. 3.3. Графік навантаження зразка

Результати розрахунку межі міцності на статичний згин для зразків досліджених порід деревини наведені у табл.3.1.

Таблиця 3.1

Результати підрахунку міцності зразків деревини на статичний згин за результатами випробувань

№ зразка	Межа міцності зразків з деревини осики, МПа	Межа міцності зразків з деревини бука, МПа	Межа міцності зразків з деревини ясеня, МПа
1	94,2	151,4	197,1
2	130,8	141,1	111,5
3	131,8	117,8	181,4
4	111,7	140,3	185,3
5	73,4	165,3	144,0
6	109,2	204,4	185,0
7	108,3	185,2	164,3
8	114,7	150,0	202,9
9	122,8	156,5	162,2
10	82,1	132,4	180,6
11	86,0	190,5	186,0
12	78,9	174,8	177,9
13	121,2	145,9	174,2
14	102,8	204,1	225,4
15	106,5	144,5	234,9
16	86,8	185,0	180,6
17	76,1	160,0	255,3
18	114,4	151,5	256,8
19	104,8	186,1	144,6
20	70,3	169,7	159,7
21	122,6	187,6	164,6
22	121,3	180,3	176,1
23	142,1	144,3	124,2
24	95,3	102,0	223,8
25	133,5	162,9	168,7
26	97,7	148,9	164,5
27	109,1	127,1	183,0
28	84,6	115,2	172,8
29	87,0	150,7	154,6
30	129,2	151,4	158,4
31	108,9	107,1	182,4
32	132,2	138,8	143,7
33	104,8	153,7	159,2
34	96,8	170,3	187,2
35	97,5	137,9	150,9
Середні значення	105	155	177

Проведені дослідження та розрахунки межі міцності на статичний згин показали, що зразки деревини ясеня продемонстрували найкращий результат – 177 МПа.

За результатами проведених випробувань були визначені такі статистичні характеристики: середнє квадратичне відхилення ($\pm S$), похибка середнього квадратичного відхилення (S_r), коефіцієнт варіації ($V, \%$), показник точності ($P, \%$), які проводили за такими формулами.

Величину середнього квадратичного відхилення визначали за формулою для кількості зразків, що перевищує 30 шт. [28]:

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum x^2}{n}} \quad (3.2)$$

де S – середнє квадратичне відхилення;

$\sum x^2$ – сума квадратів відхилень усіх варіантів від середнього арифметичного;

n – кількість спостережень (варіант).

Середню похибку середнього квадратичного відхилення визначали за формулою [28]:

$$m = \pm \frac{S}{\sqrt{2n}} \quad (3.3)$$

де m похибка середнього квадратичного відхилення ;

S – середнє квадратичне відхилення;

n – кількість спостережень (варіант).

Коефіцієнт варіації розраховували за формулою [28]:

$$V = \pm \frac{S}{M} \cdot 100\% \quad (3.4)$$

де V – коефіцієнт варіації;

S – середнє квадратичне відхилення;

M – середнє значення показника, МПа.

Показник точності позначаємо буквою P та розраховували за формулою [28]:

$$P = \pm \frac{100m}{M}, \% \quad (3.5)$$

де P – показник точності;

M – середнє значення показника, МПа;

m – середня похибка середнього квадратичного відхилення.

3.2 Методика та результати експериментального визначення стиску

уздовж волокон

Зразки для тестування виготовляли у формі прямокутних призм з поперечним перерізом 20×20 мм. Довжина зразка вздовж волокон становила 30 мм. Зразки відбирали з деревини без видимих дефектів, таких як тріщини чи гниль. Кількість зразків кожної породи деревини дорівнювала 35 (рис.3.4).

Для проведення тестів використовувалася спеціальна випробувальна машина типу Р-5 УХЛ 4.2., яка забезпечує рівномірне навантаження з похибкою не більше 1%. Машина має пристрій для фіксації зразка з опорами та пуансоном для стиску. Навантаження застосовували зі швидкістю близько 25000 Н/хв.

Перед початком тесту зразки кондиціонували при температурі 20 ± 2 °С та відносній вологості не більше 65%. Зразок розміщали у пристосуванні вертикально, для забезпечення рівномірного стиску вздовж волокон. Перевіряли, щоб поверхня була рівною, без деформацій. Навантаження збільшували рівномірно зі швидкістю, що забезпечує руйнування зразка за 1-2 хвилини. Фіксували максимальне навантаження (P_{max}) у момент руйнування.



Рис. 3.4 Зразки деревини

Межу міцності (σ) обчислювали за формулою [28]:

$$\sigma_w = \frac{P_{max}}{a \cdot b} \quad (3.6)$$

де P_{max} – максимальне навантаження, Н;

a – ширина зразка, мм;

b – висота зразка, мм.

Результати округляли до 0,5 МПа.

Дані розрахунків за результатами випробувань наведені у табл.3.2

Результати випробувань та обчислення межі міцності на стиск уздовж волокон показали, що зразки деревини ясеня продемонстрували найкращий результат – 74 МПа.

Таблиця 3.2

Результати підрахунку міцності зразків деревини на стиск уздовж волокон за результатами випробувань

№ зразка	Межа міцності зразків з деревини осики, МПа	Межа міцності зразків з деревини бука, МПа	Межа міцності зразків з деревини ясеня, МПа
1	38,6	69,9	76,5
2	47,8	66,5	85,2
3	45,6	69,5	74,5
4	31,2	66,4	68,9
5	43,2	73,2	81,3
6	38,5	73,4	68,9
7	34,9	67,6	66,3
8	37,7	85,5	75,0
9	48,3	65,4	72,6
10	41,3	46,7	81,9
11	40,2	76,2	68,9
12	47,3	59,9	82,9
13	45,1	57,8	68,1
14	42,3	73,5	65,2
15	46,2	66,0	75,0
16	41,6	62,8	77,5
17	55,5	50,4	68,0
18	42,9	73,1	74,5
19	54,4	67,7	69,7
20	53,3	64,0	86,7
21	56,6	52,8	82,0
22	46,3	72,1	71,3
23	52,9	71,8	74,3
24	51,6	72,2	75,4
25	41,0	62,3	64,9
26	39,0	68,4	72,8
27	61,3	79,4	77,8
28	42,0	77,9	61,9
29	43,3	65,6	75,4
30	55,9	69,2	69,7
31	50,1	71,9	88,5
32	46,8	66,3	64,2
33	53,1	76,9	77,6
34	44,9	74,4	66,3
35	46,5	63,0	87,7
Середні значення	46,0	68	74

3.3 Методика та результати експериментального визначення щільності

Методика визначення щільності деревини базується на визначення відношення маси до об'єму. На відміну від металу щільність деревини може бути залежно від вмісту води. Найбільш розповсюдженим показником щільності у довідковій літературі є щільність за вологості 12%. Тому було прийнято рішення про визначення щільності зразків досліджених порід саме при вологості 12% з метою порівняння отриманих значень з нормативними [28].

Щільність за вологості 12% , кг/м^3 , розраховували за формулою [29]:

$$\rho_{12} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \cdot \quad (3.7)$$

Визначення вологості дошок, з яких були виготовлені зразки для подальшого розрахунку щільності проводили за допомогою кондуктометричного вологоміру ИВ 1.1 (рис.3.5)



Рис. 3.5. Загальний вигляд вологоміру ИВ 1.1

Середня вологість дошок осики становила $W=12,3\%$, бука $W=12,1\%$, ясеня $W=11,9\%$. Відповідно можна вважати, що зразки виготовлені з цих дошок мали середню вологість $W=12,0\%$.

Для визначення щільності деревини використано тіж самі зразки, які були використані у подальшому для визначення межі міцності на стиск уздовж

волокон. Щоб отримати значення маси зразків їх зважували на вагах AXIS 250 (рис.3.6)

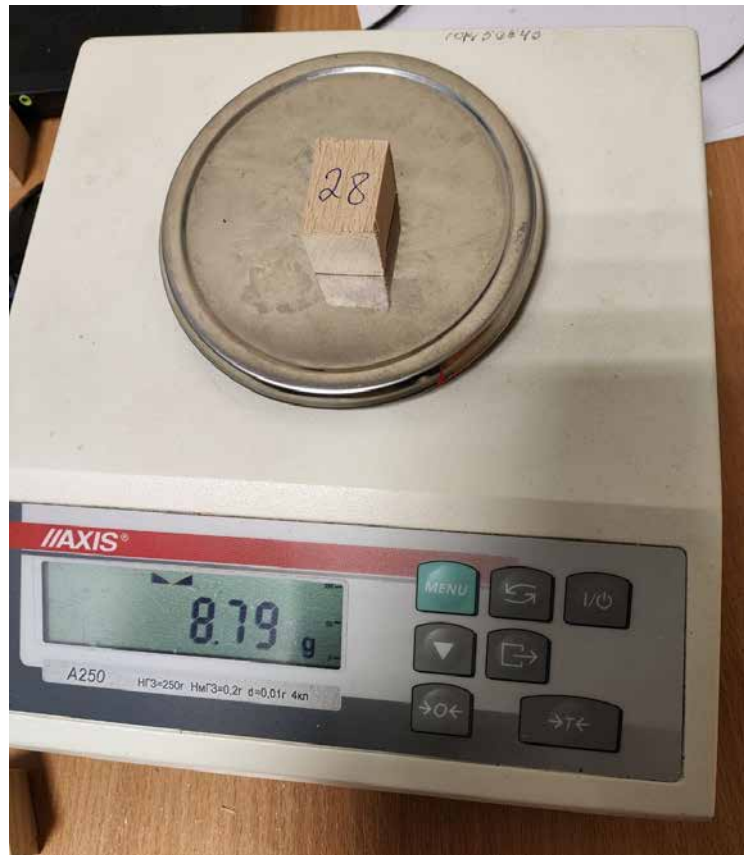


Рис. 3.6. Зразок деревини бука на вагах AXIS 250

Результати розрахунку щільності зразків за (3.7) наведені у табл. 3.3

Результати випробувань показали, що зразки мали найбільшу середню щільність за вологості 12% – кг/м^3 .

Таблиця 3.3

Результати підрахунку щільності за вологості 12% зразків деревини за результатами випробувань

№ зразка	Щільність зразків осики	Щільність зразків бука	Щільність зразків ясена
1	437,5	785,8	785,8
2	521,7	921,7	921,7
3	555,8	776,7	776,7
4	448,3	779,2	779,2
5	478,3	768,3	768,3
6	583,3	726,7	726,7
7	427,5	795,0	795,0
8	499,2	889,2	889,2
9	498,3	755,8	755,8
10	460,8	748,3	748,3
11	479,2	796,7	796,7
12	550,8	921,7	921,7
13	527,5	797,5	797,5
14	465,8	722,5	722,5
15	494,2	760,8	760,8
16	467,5	757,5	757,5
17	486,7	786,7	786,7
18	516,7	759,2	759,2
19	523,3	722,5	722,5
20	540,0	875,8	875,8
21	594,2	750,8	750,8
22	541,7	777,5	777,5
23	560,0	750,0	750,0
24	576,7	758,3	758,3
25	447,5	742,5	742,5
26	444,2	787,5	787,5
27	474,2	728,3	728,3
28	506,7	760,8	760,8
29	480,0	758,3	758,3
30	541,7	768,3	768,3
31	493,3	890,8	890,8
32	505,0	753,3	753,3
33	558,3	741,7	741,7
34	505,0	729,2	729,2
35	460,0	899,2	899,2
Середні значення	504,3	738,7	784,1

3.4 Аналіз результатів експериментальних досліджень

Результати статистичних обрахунків результатів експериментальних досліджень щільності зразків деревини згідно формул 3.2-3.5 наведені у табл. 3.4

Таблиця 3.4.

Результати статистичного оброблення дослідження щільності зразків деревини

Порода деревини	Середнє значення, МПа	Середнє квадратичне відхилення, МПа	Середня похибка середнього квадратичного відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Показник точності, %
Осика	504,3	43,5	5,2	8,6	1,0
Бук	738,7	18,4	2,2	2,5	0,3
Ясен	784,1	56,7	6,8	7,2	0,9

Результати статистичних обрахунків результатів експериментальних досліджень межі міцності зразків деревини на статичний згин наведені у табл. 3.5

Таблиця 3.5

Результати статистичного оброблення дослідження межі міцності на згин зразків деревини

Порода деревини	Середнє значення, МПа	Середнє квадратичне відхилення, МПа	Середня похибка середнього квадратичного відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Показник точності, %
Осика	105	18,84	2,3	19,6	2,1
Бук	155	25,3	3,0	16,3	1,9
Ясен	178	38,9	4,6	21,9	2,6

Під час аналізу результатів експериментальних досліджень, спрямованих на визначення механічних властивостей деревини осики, бука та ясена, зокрема межі міцності на статичний згин та стиск уздовж волокон, отримані дані

порівнювали з фізико-механічними властивостями досліджених порід деревини, наведеними у [28].

Щодо випробувань на статичний згин, зразки піддавалися рівномірному навантаженню до моменту руйнування з фіксацією максимальної сили та прогину. Для зразків ясена межа міцності склала 178 МПа і перевищує типові значення для цієї породи (100–150 МПа [28]). Це пояснюється високою щільністю волокон 784 кг/м^3 на відміну від середньостатистичних даних 700 кг/м^3 [28] та відсутністю дефектів у зразках. Графік деформації демонструє поступовий характер процесу, без різких змін, що свідчить про хорошу пластичність матеріалу (рис 3.7).

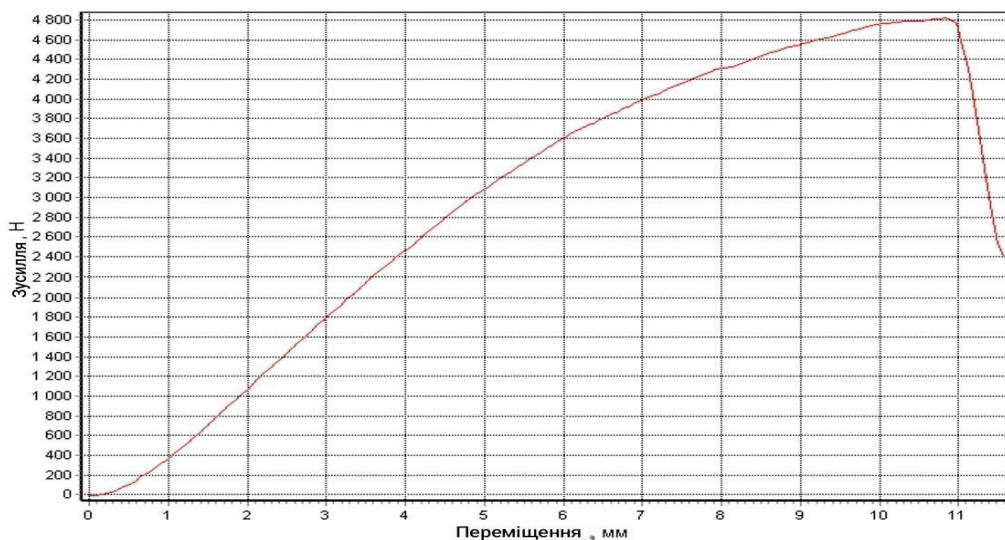


Рис. 3.7. Приклад деформування на статичний згин зразка ясена

Зразки бука показали значення межі міцність на рівні 155 МПа, з швидшим наростанням деформації (рис.3.8), що узгоджується із даними, наведеними у [28], хоча досліджені зразки мали більше значення щільності майже на 12%. Зразки з деревини осики мали значення межі міцності на стиск 105 МПа і показали більш швидке руйнування (рис.3.9) через нижчу щільність – 504 кг/м^3 порівняно із середньостатистичними даними 740 кг/м^3 [28]. Порівняно з значеннями, наведеними у [28], значення межі міцності на статичний згин для ясена виявилися на 20 – 30% вищі за нормативні, що узгоджується з розрахунками пріоритетів у Розділі 2.

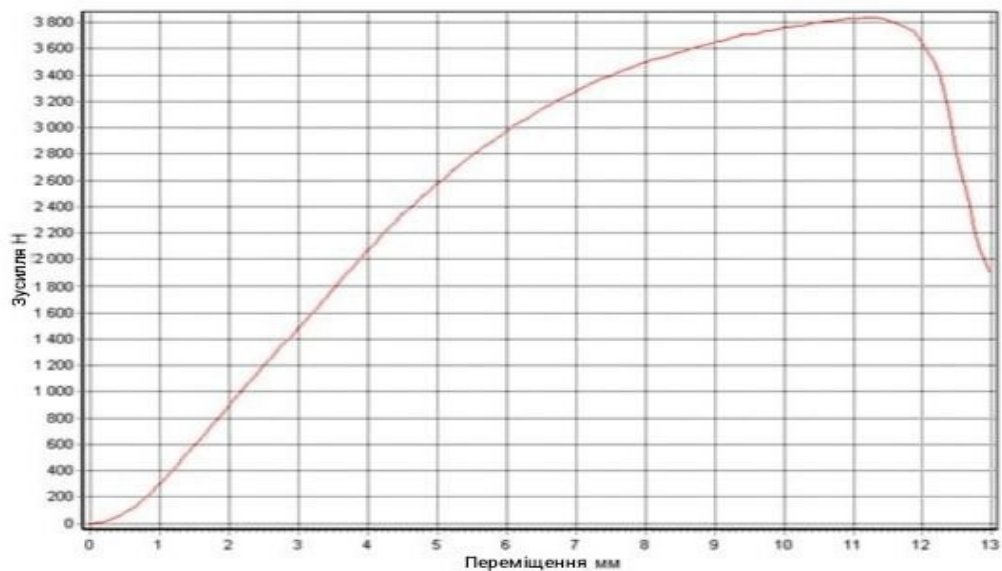


Рис. 3.8. Приклад деформування на статичний згин зразка бука

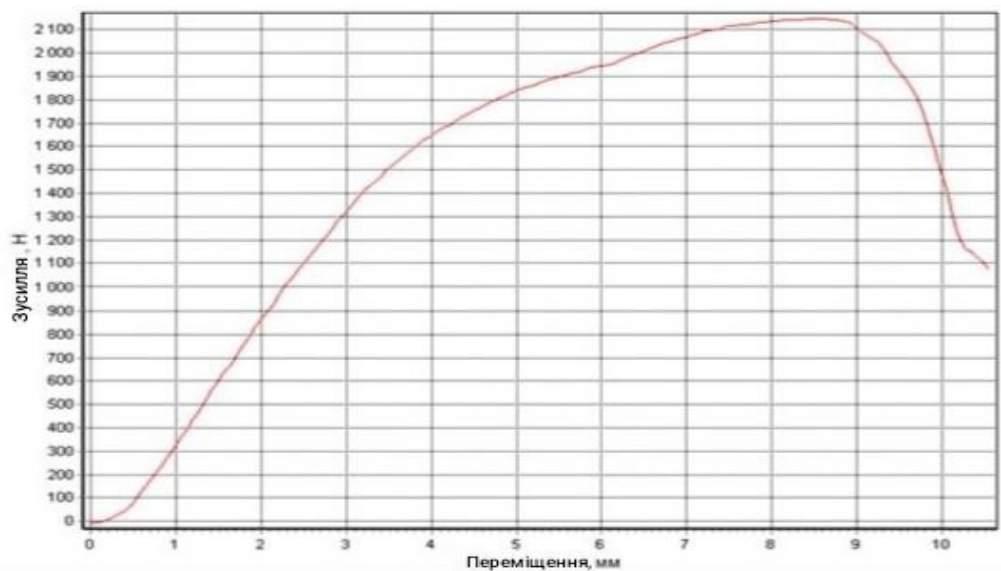


Рис. 3.9. Приклад деформування на статичний згин зразка осики

Результати випробувань для усіх зразків досліджених порід деревини наведені у Додатку А.

Результати випробувань на стиск уздовж волокон зразки ясеня продемонстрували межу міцності 74 МПа, що відповідає верхній межі нормативних значень (50 – 70 МПа [28]). Процес деформації був рівномірним, з пізнім переходом до нелінійної стадії (рис 3.10).

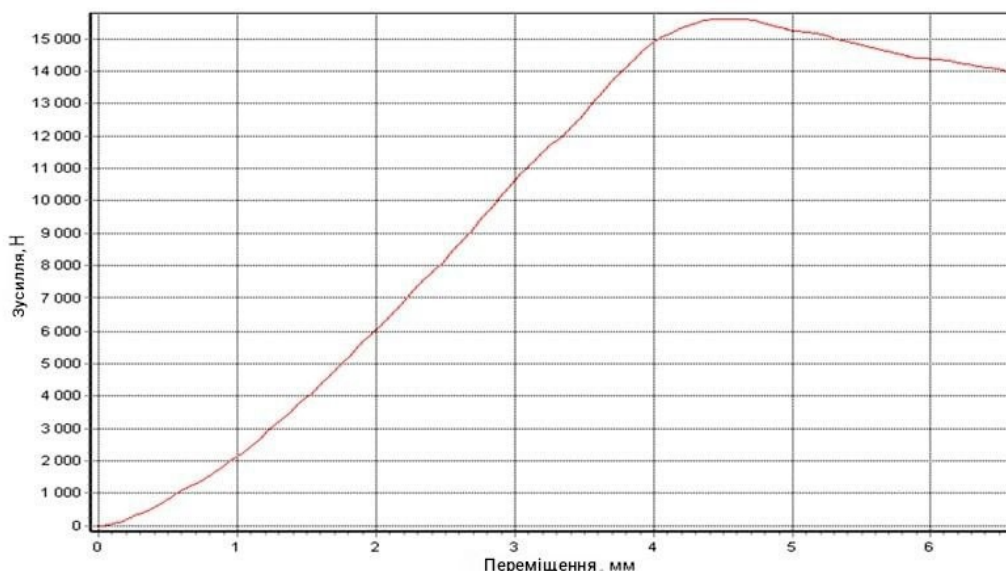


Рис. 3.10. Приклад деформації на стиск уздовж волокон зразка ясена

Зразки бука були на 12 % більш міцними, ніж покази, наведеними у [28] для деревини бука 53 МПа (рис.3.11). Отримані значення межі міцності на стиск уздовж волокон осики – 45 МПа відповідали середньостатистичним даним , незважаючи на майже на третину меншу щільність. Руйнування зразків осики відбувалося досить швидко (рис.3.12).

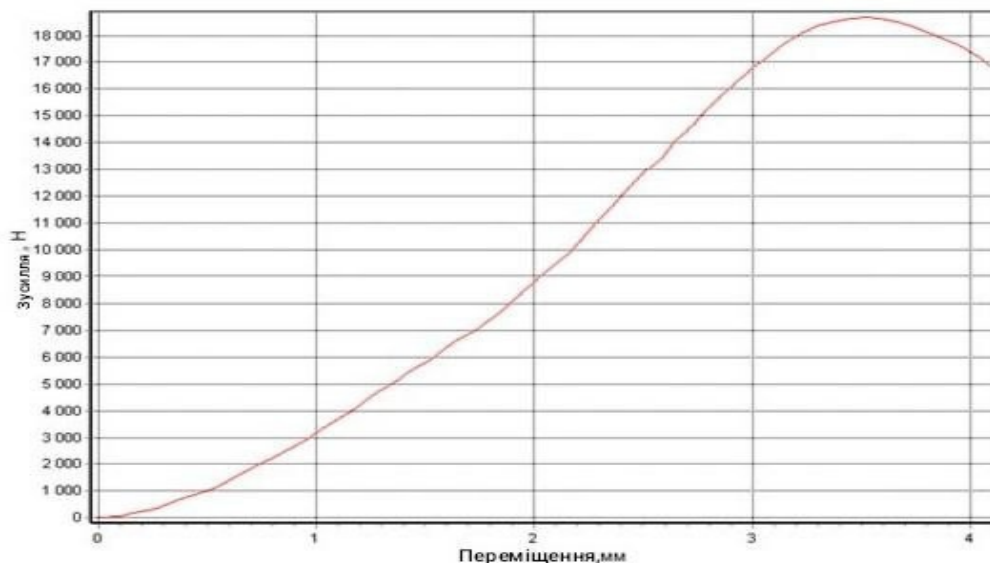


Рис. 3.11. Приклад деформації на стиск уздовж волокон зразка бука

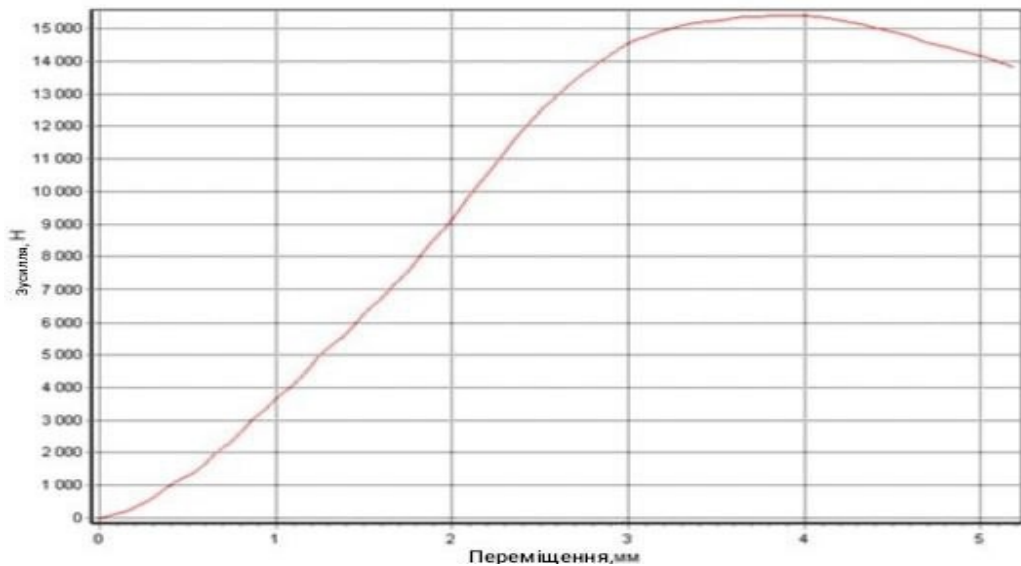


Рис. 3.12. Приклад деформації на стиск уздовж волокон зразка осики

Результати статистичних обчислень результатів експериментальних досліджень межі міцності на стиск уздовж волокон зразків деревини наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Результати статистичного оброблення дослідження межі міцності на стиск уздовж волокон зразків деревини

Порода деревини	Середнє значення, МПа	Середнє квадратичне відхилення, МПа	Середня похибка середнього квадратичного відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Показник точності, %
Осика	45	6,6	0,8	14,5	1,7
Бук	68	7,9	0,9	11,6	1,4
Ясен	74	9,4	1,1	12,6	1,5

Результати випробувань усіх зразків досліджених порід деревини наведені у Додатку Б.

По результатах усіх проведених дослідів показник точності на перевищує 5,0% , що свідчить про достатню надійність проведених експериментів.

Загалом, результати експериментальних досліджень підтверджують перевагу ясеня за механічними характеристиками (на 20–50% вищі показники

порівняно з буком та осикою), що підтверджує його перевагу у застосуванні для виробництва дитячих іграшок.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДІЛЯНКИ ВИГОТОВЛЕННЯ ІГРАШОК

4.1 Аналіз існуючої ділянки виготовлення іграшок

Розташування малого виробництва знаходиться у селі Дударків у Бориспільському районі Київської області [30], на батьківщині Івана Васильовича Приходька – майстра декоративного розпису, народної іграшки та скульптури [31]. Розміщення у старовинній хатині 1903 року (рис. 4.1, 4.2, 4.3), що просякнута творчістю та максимально відповідає духу виготовлення дитячих іграшок.



Рис. 4.1. Хатина 1903 року



Рис. 4.2. Кімната хатини 1903 року



Рис. 4.3. Комора хатини 1903 року

Комору хатини (рис 4.3) збудовано у 1903 році. Вона є компактним приміщенням площею 12 м² (4 м × 3 м), що ідеально підходить для невеликих господарських чи виробничих потреб. Вона побудована з натуральних матеріалів, які забезпечують міцність, екологічність та автентичність старовинної архітектури. Основна конструкція (периметр) складається зі стін та каркасу, виконаних з дерев'яних балок діаметром 250 мм, це масивна деревина сосна (типова для будівель початку ХХ століття в Україні). Такі балки забезпечують структурну міцність, стійкість до навантажень та довговічність, а деревина, як матеріал, є натуральним, дихаючим і стійким до механічних пошкоджень, що робить комору надійною навіть після понад 120 років експлуатації. Утеплення стін полягає в тому, що внутрішня частина стін утеплена шаром пінополістиролу товщиною 20 мм. Цей матеріал є ефективним теплоізолятором, він має низьку теплопровідність (близько 0,03–0,04 Вт/м·К), не вбирає вологу та запобігає утворенню конденсату. Утеплення призначене для збереження тепла взимку (мінімізує втрати тепла) та прохолоди влітку (відбиває сонячне тепло), що створює стабільний мікроклімат усередині; внутрішнє оздоблення включає дерев'яні дошки, набиті поверх утеплювача, які зберігають автентичний вигляд хатини, забезпечують естетичну єдність та додатковий

захист від механічних впливів, вони також сприяють природній вентиляції, оскільки деревина "дихає" і регулює вологість.

4.2 Заходи з вдосконалення ділянки виготовлення іграшок

Майстерню для виготовлення дитячих дерев'яних іграшок, а також необхідного приладдя та інструментів запропоновано розмістити у приміщенні старовинної комори, що дозволяє оптимально використовувати обмежений простір. План розташування верстатів зображено на рис. 4.4, де все організовано компактно, з урахуванням ергономіки та безпеки.

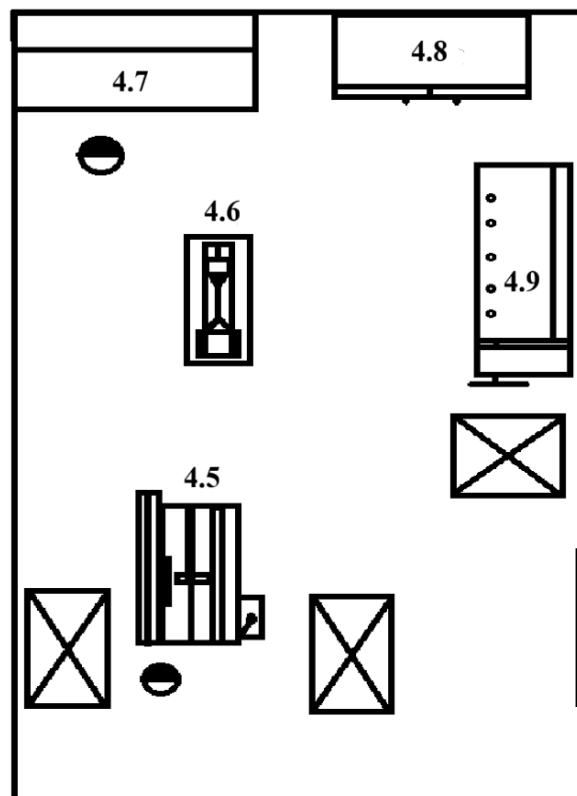


Рис. 4.4. План майстерні

Перед встановленням основного обладнання, такого як універсальний п'яти операційний верстат CWM 150 Bernardo [32] (рис. 4.5) та міні-токарний верстат Beking BG-3306 [33] (рис. 4.6), слід провести демонтаж старих дерев'яних підлогових дошок та залити бетонну стяжку. Це забезпечить монолітну основу, яка усуває зайві коливання та вібрації, гарантуючи точність обробки деревини – ключовий фактор для створення безпечних і якісних іграшок, де навіть невеликі похибки можуть вплинути на форму чи гладкість деталей.

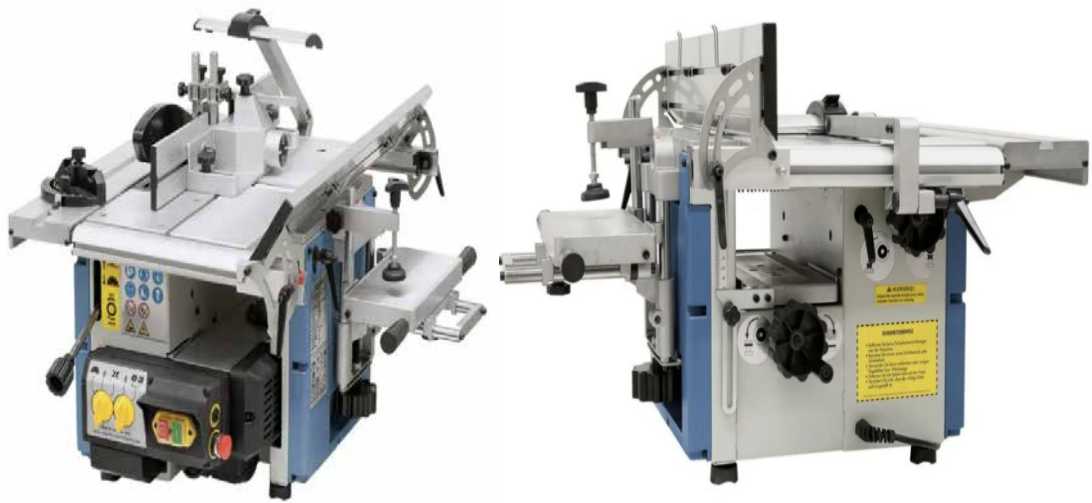


Рис. 4.5. Верстат CWM 150 Bernardo [32]



Рис. 4.6. Міні токарний верстат Beking BG-3306 [33]

Універсальний п'ятиопераційний верстат CWM 150 Bernardo [32] Beking BG-3306 компактна машина, яка поєднує функції стругання, фугування, пиляння, фрезерування та свердління, що робить її незамінною для малої майстерні з виготовлення дерев'яних іграшок. З потужністю 0,75 кВт і напругою 230 В, вона має ширину стругання 155 мм, довжину столу 615 мм, швидкість шпинделя 6000 об/хв для стругання та 4200 об/хв для пиляння, діаметр пилки 200 мм і максимальну висоту різку 65 мм. Вага близько 49 кг дозволяє розмістити її в обмеженому просторі комори, а багатофункціональність заощаджує місце, яке

інакше зайняли б окремі верстати. При виготовленні іграшок цей верстат виконує базові операції: розпилювання дошок на заготовки для фігурок, стругання для гладких поверхонь без скалок, фугування для рівних країв і фрезерування для простих профілів, забезпечуючи точність і безпеку для дитячих виробів.

Міні-токарний верстат по дереву Beking BG-3306 [33] – компактний пристрій для токарних робіт, з потужністю 480 Вт, змінною швидкістю від 0 до 5000 об/хв і максимальним діаметром обробки 40 мм. Він підходить для даної майстерні, бо займає мало місця (ідеально для комори) і дозволяє створювати круглі деталі іграшок, як колеса для іграшок, ручки для іграшкових інструментів чи фігурки тварин. Функціонал включає точіння, шліфування та полірування, з можливістю регулювання швидкості для делікатної роботи, які використовуються для дитячих іграшок. Це забезпечує гладку поверхню без дефектів, важливу для безпеки дітей.

Для фінішної обробки поверхонь іграшок застосовується вібраційна шліфмашина Makita BO3710 [35] (рис. 4.7), яка має потужність 190 Вт (1,7 А), швидкість 11 000 коливань за хвилину, розмір підкладки 92 x 185 мм і рівень вібрації 3,5 м/с². Ця модель підходить для малої майстерні, бо компактна, легка (1,6 кг) і оснащена пилозбірником, що зменшує пил у обмеженому просторі комори. При виготовленні іграшок вона виконує рівномірне шліфування плоских поверхонь, усуваючи шорсткості та готуючи дерево до фарбування, забезпечуючи гладкість для дитячих рук.

Ексцентрикова шліфувальна машина Makita BO5030 [36] (рис. 4.8) з потужністю 300 Вт (3 А), швидкістю 12 000 об/хв, діаметром орбіти 2,8 мм і диском 125 мм ідеально доповнює процес, бо швидко знімає матеріал без подряпин завдяки випадковому руху. У даній майстерні вона корисна для закруглених форм іграшок, таких як фігурки, де потрібна висока продуктивність у малому просторі. Функціонал включає пилозбірник і ергономічний дизайн, що зменшує втому під час тривалої роботи, а технічні характеристики забезпечують фінішну гладкість деревини без ризику пошкоджень.

Дриль-шуруповерт Makita DF333DWE [37] (рис. 4.9) – акумуляторна модель на 12 В з двома швидкостями (0-450/1700 об/хв), крутним моментом 30 Нм (20 ступенів регулювання), патроном 0,8-10 мм і ємністю свердління в дереві 21 мм, сталі 10 мм. Вона підходить для мобільної роботи в коморі без розеток скрізь, дозволяючи збирати іграшки, свердлячи отвори для з'єднань. Вбудоване LED-освітлення допомагає в погано освітлених кутах, а компактність (вага 1,1 кг) робить її зручною для точної роботи з дрібними деталями.

Ударна дріль Makita HP1641 [38] (рис. 4.10) з потужністю 680 Вт, швидкістю 0-2800 об/хв, патроном 13 мм і ємністю свердління в дереві 30 мм, сталі 13 мм, бетоні 16 мм корисна для важчих завдань, як свердління отворів у твердих породах для кріплень іграшок. У малій майстерні вона підходить завдяки двом режимам (звичайний і ударний), що дозволяє перемикатися між делікатною роботою з деревом і рідкісними завданнями, як кріплення обладнання, з вагою 2 кг і ергономічною рукояткою для контролю.

Нарешті, фрезер Makita RT0700C [39] (рис. 4.11) з потужністю 710 Вт, змінною швидкістю 10 000-30 000 об/хв, глибиною фрезерування до 35 мм і цангами 6/8 мм ідеальний для декоративної обробки іграшок, як вирізання візерунків чи канавок для з'єднань. У коморі він підходить через компактність (вага 1,8 кг) і м'який старт, що зменшує вібрацію, а регулювання швидкості дозволяє адаптуватися до різних порід деревини, забезпечуючи точність для креативних елементів, як рельєф на фігурках.

Організація повного виробничого циклу виготовлення дерев'яних іграшок охоплює кілька етапів, інтегруючи роботу верстатів і ручних інструментів для ефективного та екологічного виробництва. Спочатку проводиться відбір сировини – натуральної деревини ясеня, з відходів деревообробних підприємств, щоб мінімізувати витрати та підтримувати сталість.

На універсальному п'ятиопераційному верстаті CWM 150 Bernardo [32] проводять розпилювання дошок на заготовки, стругання їх для гладких поверхонь і фугування країв, щоб отримати базові форми для фігурок. Цей

верстат виконує роль універсального "серця" циклу, забезпечуючи точну первинну обробку без зайвих переміщень матеріалів.

Далі, на міні – токарному верстаті Beking BG-3306 [33], проводять точіння круглих деталей, як колеса чи ручки, регулюючи швидкість для делікатного шліфування та полірування, що гарантує безпечну гладкість для дитячих рук.

Після формування проводять перехід до фінішної обробки: вібраційна шліфмашина Makita BO3710 [35] рівномірно шліфує плоскі поверхні, усуваючи шорсткості, тоді як ексцентрикова Makita BO5030 [36] швидко обробляє закруглені форми без подряпин, готуючи вироби до фарбування.

Для з'єднання деталей дріль – шуруповерт Makita DF333DWE [37] свердлить отвори, а ударна дріль Makita HP1641 [38] впорається з твердими породами для міцних кріплень. Декоративні елементи, як візерунки чи рельєф, створюються фрезером Makita RT0700C [39].

Цикл завершується ручним фарбуванням, складанням на столярному верстаку та пакуванням, з постійним контролем якості для безпеки. Завдяки Lean – системі [34], весь процес оптимізований: уникнення втрат, робота в потоці "від сировини до готової іграшки" з мінімальними запасами, що дозволяє виробляти невеликі партії на замовлення, наприклад, 10-20 іграшок на день, з акцентом на унікальність і екологічність.



Рис. 4.7. Вібраційна шліфувальна машина Makita BO3710 [35]



Рис. 4.8. Ексцентрикова шліфувальна машина Makita BO5030 [36]



Рис. 4.9. Дриль – шурупокрут Makita DF333DWE[37]



Рис. 4.10. Ударний дриль Makita HP1641[38]



Рис. 4.11. Фрезер Makita RT0700C[39]

У майстерні буде впроваджена система Lean manufacturing [34], яка ідеально пасує для невеликих виробництв на кшталт даного, оскільки фокусується на зменшенні витрат без значних інвестицій, оптимізації простору та процесів. Ця система, заснована на принципах Toyota Production System, адаптована до малого масштабу: вона допомагає скоротити втрати матеріалів, часу та зайвих рухів через прості дії, як організоване розміщення інструментів чи постійні дрібні покращення. Для даної майстерні це означає ефективне використання 12 м² комори, де ресурси обмежені, але продуктивність зростає, дозволяючи швидко виготовляти невеликі партії іграшок без зайвих запасів.

Окрім основних верстатів, у майстерні передбачено стіл для майстра де зручно планувати та збирати вироби, шафа для зберігання електричного ручного інструменту, що забезпечує порядок і швидкий доступ, та столярний верстак, ідеальний для ручних робіт, як різьблення чи склеювання деталей іграшок.

4.3 Розрахунок витрат матеріалів на облаштування майстерні

Для облаштування комори як маленького цеху для виготовлення дерев'яних іграшок необхідно зробити наступні роботи: підготувати підлогу, підвести електричний струм для освітлення та верстатів, встановити стіл для майстра, шафу для електричного ручного інструменту та столярний верстак.

1. Розрахунок матеріалів для бетонної стяжки.

Підготовка підлоги.

Площа підлоги становить $4\text{м} \times 3\text{м} = 12\text{м}^2$. Шар керамзиту – 10 см (0,1 м) для вирівнювання та утеплення, цементна стяжка зверху – 5 см (0,05 м) для міцності.

Для бетонної стяжки підлоги площею 12 м² (4м×3м) з використанням керамзиту для зменшення витрати розчину приймаємо стандартні товщини: керамзит – 10 см (0,1 м) для утеплення та вирівнювання, цементно-піщана стяжка – 5 см (0,05 м) для міцності. Керамзиту потрібно 1,2 м³ (24 мішки по 50 л, фракція 5-20 мм, вага ~360-600 кг). Для фіксації ("цементне молочко"): 24 кг цементу М400, 120 л води. Стяжка: Цемент М400 – 240 кг (10 мішків по 25 кг), пісок (фракція 0,5-2 мм) – 720 кг (~0,45 м³), вода – 108 л. Додатково потрібна

гідроізоляційна плівка – 15 м² (з нахлестом). Армуюча сітка – 12 м². Перелік матеріалів для бетонної стяжки наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Матеріали для бетонної стяжки (підлога)

Матеріал	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
Керамзит (мішок 50 л)	24 мішки	270 грн/мішок	6480 грн
Цемент М400 (мішок 25 кг)	11 мішків	150 грн/мішок	1650 грн
Пісок будівельний (мішок 40 кг)	18 мішків (для 720 кг)	50 грн/мішок	900 грн
Гідроізоляційна плівка	15 м ²	25 грн/м ²	375 грн
Армуюча сітка	12 м ²	30 грн/м ²	360 грн
Разом за стяжку	-	-	9765 грн

2. Подальші дії стосуються електромонтажного устаткування, адже для правильної роботи верстата CWM 150 Bernardo [32] потрібна окрема лінія. До будинку слід підвести трифазну лінію електропередач. Для підключення трифазної електрики необхідний кабель АВББШв 4×16 мм². Для захисту кабелю при підземному прокладанні використовують ПНД-труба діаметром 32 – 50 мм. Також потрібні: трифазний електрولیчильник NIK 2301, пристрій захисного відключення (УЗО) на 30 μА та автоматичний вимикач на 40 А для забезпечення безпеки. Перелік матеріалів для монтажу устаткування наведено у табл.4.2.

Таблиця 4.2.

Матеріали для електромонтажу

Матеріал	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
Кабель АВББШв 4×16 мм ²	20 м	60 грн/м	1200 грн
ПНД – труба (діаметр 40 мм)	20 м	25 грн/м	500 грн

Трифазний електрорічильник НІК 2301	1 шт.	1950 грн/шт.	1950 грн
УЗО 30 мА (трифазне)	1 шт.	2200 грн/шт.	2200 грн
Автоматичний вимикач 40 А (трифазний)	1 шт.	500 грн/шт.	500 грн
Разом за електромонтаж	–	–	6350 грн

3. Важливим аспектом для роботи є освітлення тому його теж потрібно вдосконалити

Видно, що (рис 4.3) в приміщенні присутня лише одна лампочка але для комфортної роботи цього не достатньо.

Для освітлення деревообробної майстерні площею 12 м² (4м×3м) з використанням LED – світильників для енергоефективності та пилостійкості приймаємо загальний світловий потік 15 000 люмен. Нам потрібні: LED-світильники (лінійні, 2500 люмен, 20 Вт, IP54) – 6 шт. (розміщення в 2 ряди по 3 шт.). Для монтажу потрібен кабель мідний 2×1,5 мм² – 25 м. Вимикач – 1 шт. Розподільні коробки – 3 шт. Кріплення (анкерні болти) – 12 шт. Автоматичний вимикач 10 А – 1 шт. Перелік матеріалів для освітлення наведено у табл.4.3.

Таблиця 4.3.

Матеріали для освітлення

Матеріал	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
LED-світильник (20 Вт, ~2500 люмен, IP54)	6 шт.	300 грн/шт.	1800 грн
Кабель мідний 2×1,5 мм ²	25 м	20 грн/м	500 грн
Вимикач одноклавішний	1 шт.	50 грн/шт.	50 грн
Розподільні коробки	3 шт.	70 грн/шт.	210 грн
Анкерні болти	12 шт.	10 грн/шт.	120 грн
Автоматичний	1 шт.	100 грн/шт.	100 грн

вимикач 10 А			
Разом за освітлення	–	–	2780 грн

Вартість вищенаведених робіт з облаштування комори з метою організації у неї майстерні наведено у табл.4.4.

Таблиця 4.4.

Загальна сума витрат

Розділ	Вартість
Бетонна стяжка	9765 грн
Електромонтаж4	6350 грн
Освітлення	2780 грн
Всього	18 895 грн

Отже, загальна сума витрат матеріалів на облаштування ділянки маленького цеху для виготовлення дерев'яних іграшок складає 18 895 грн.

Розрахунок витрат на придбання верстатів (табл.4.5), ручного інструменту (табл.4.6) та меблів (табл. 4.7) на ділянці виготовлення дерев'яних іграшок.

Таблиця 4.5.

Верстати для виготовлення дерев'яних іграшок

Модель	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
Універсальний п'ятиопераційний верстат CWM 150 Bernardo	1 шт.	40 500 грн	40 500 грн
Міні токарний верстат по дереву Beking BG – 3306	1 шт.	5 690 грн	5 690 грн
Разом за верстати	–	–	46 190 грн

Таблиця 4.6

Ручний інструмент, що буде використано для виготовлення дерев'яних іграшок

Модель	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
Вібраційна шліфмашина Makita BO3710	1 шт.	3 286 грн	3 286 грн
Ексцентрикова шліфувальна машина Makita BO5030	1 шт.	4 999 грн	4 999 грн
Дриль – шурупокрут Makita DF333DWE	1 шт.	6 713 грн	6 713 грн
Ударний дриль Makita HP1641	1 шт.	5 400 грн	5 400 грн
Фрезер ручний Makita RT0700CX2	1 шт.	10 094 грн	10 094 грн
Разом за ручний інструмент	–	–	30 492 грн

Таблиця 4.7

Меблі, які необхідні для організації процесу виготовлення дерев'яних іграшок

Позиція	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
Столярний верстак (базовий, для малого цеху)	1 шт.	10 000 грн	10 000 грн
Стіл для майстра (робочий стіл для майстерні)	1 шт.	3 000 грн	3 000 грн
Разом за меблі	–	–	17 000 грн

Загальна вартість облаштування ділянки виготовлення дерев'яних іграшок без вартості робіт та сировини становить 93 682 грн. Враховуючи перевагу деревини ясеня для виготовлення іграшок, що підтверджено результатами як теоретичних, так і експериментальних досліджень, та витрати на облаштування виробничої ділянки вартість іграшок збільшиться приблизно на 50%.

ВИСНОВКИ

Проведено комплексне дослідження щодо обґрунтування використання різних порід деревини для виготовлення дитячих іграшок, з акцентом на екологічні, механічні та економічні аспекти. Метою було теоретично та практично оцінити переваги деревини як натурального матеріалу, порівняти породи (клен, ясен, береза, осика) та запропонувати рекомендації для вдосконалення виробництва.

Аналіз матеріалів у першому розділі показав, що дерев'яні іграшки перевершують пластикові за екологічністю, безпекою та розвиваючим потенціалом. Історичний огляд конструкцій іграшок підкреслив еволюцію від простих фігурок до модульних систем, з прикладами європейських та українських брендів. Маркетинговий аналіз ринку виявив стабільне зростання сегменту (до 35 – 44 мільярдів доларів до 2030 – 2034 рр.), з акцентом на "зелене" споживання та онлайн-продажі. Проаналізовано асортимент та технології виготовлення автентичних іграшок митцем Іваном Приходьком. Його метод ілюструє традиційний підхід: використання м'яких порід (верба, осика), ручне різьблення, шліфування та розпис, що робить іграшки унікальними оберегами.

У другому розділі за допомогою методів нечіткої логіки (розставлення пріоритетів, експертних оцінок, аналізу ієрархій) визначено пріоритетні породи за критеріями міцності на стиск і згин, щільності та ціни. Ясен виявився лідером з найвищими значеннями (комплексний пріоритет 0,28, глобальний – 0,305), завдяки хорошому балансу властивостей.

До визначеної пріоритетної породи деревини, ясена, було додано зразки таких порід як осика та бук. Проведені експериментальні дослідження з визначення щільності зразків при вологості 12%, межі міцності на статичний згин та стиск уздовж волокон підтвердили пріоритетність деревини ясена. Зразки ясена показали найвищу міцність на згин (177 МПа) та стиск уздовж волокон (74 МПа), перевищуючи середньостатистичні дані на 20 – 30%. Це забезпечує довговічність і безпеку іграшок, порівняно з буком та осикою. Показник точності

усіх проведених експериментів знаходився у межах 1 – 3%, тобто не перевищував прийняте для деревообробної промисловості значення у 5%.

Запропоновано вдосконалення ділянки виробництва в історичній хатині: розраховані витрати на облаштування бетонної стяжки підлоги, встановлення верстатів (CWM 150 Bernardo, Beking BG – 3306), ручного інструменту Makita, трифазну електролінію та LED-освітлення. Запровадження Lean – системи мінімізує втрати, підвищуючи ефективність малого виробництва.

Доведена перевага деревини ясена для виготовлення іграшок поєднує традиції з сучасними технологіями. Отримані результати можуть застосовуватися для розвитку екологічного виробництва в Україні, сприяючи збереженню культурної спадщини та здоровому розвитку дітей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Історичні дерев'яні іграшки: від середньовіччя до сучасності.

Веб-сайт. URL:

<https://www.battlemerchant.com/en/blog/historical-wooden-toys-from-the-middle-ages-to-modern-times>

2. Статуетка дерев'яного коня. Веб – сайт. URL:

<https://prom.ua/ua/p2489249982-statuetka-loshad-derevyannaya.html>

3. Хитний коник. Веб – сайт. URL:

https://www.coolbe.com/uk/products/67c025087b021c0129061755?openPayload=%7B%22position%22%3A4%7D&variant_id=67c025087b021cc729061757

4. Різдвяна піраміда. Веб – сайт. URL:

<https://www.pieterontour.com/enjoying-the-delights-of-christmas-markets/>

5. Дерев'яний поїзд веб-сайт. Веб – сайт. URL:

<https://rozetka.com.ua/ua/236467495/p236467495/>

6. Іграшка компанії "Selecta". Веб – сайт. URL:

<https://www.wooden-toys-selecta.com/small-kids-wood-toy/move-experience/wooden-pull-along-animal-cat-tinka/>

7. Дерев'яні іграшки "Walachia". Веб – сайт. URL:

<https://www.walachia.com/product/construct-67-pcs/>

8. Дерев'яні іграшки від "Haba. Веб – сайт. URL:

<https://www.habausa.com/products/chromatix-building-blocks>

9. "Walachia" набори Vario. Веб – сайт. URL:

<https://walachia.bg/produkt/w32-vario-massive-box/>

10. Британська компанія "Blue Brontide" – іграшка жаба. Веб-сайт. URL:

<https://bluebrontide.com/products/wooden-pull-along-toy-frog>

11. Дерев'яні іграшки "Igoteco". Веб – сайт. URL:

<https://igoteco.com.ua/rozvyvaiuchi-dereviani-budivelni-bloky-misto/>

12. "Chide" – бізіборд. Веб – сайт. URL:

<https://chide.com.ua/ru/bizibordy/bizikubiky/bizikub-tumba-seryy-30h30h30-sm-s-mestom-dlya-hraneniya-bizikuub-dlya-razvitiya-po-metolike-m-montessori-bizibord-s-doskoy-dlya-risovaniya>

13. Дослідження ринку дерев'яних іграшок. Веб – сайт. URL:

<https://virtuemarketresearch.com/report/wooden-toys-market>

14. Глобальний ринок дерев'яних іграшок 2024 – 2033 рр. Веб – сайт. URL:

<https://www.custommarketinsights.com/report/wooden-toys-market/>

15. Ринок іграшок в Україні. Веб – сайт. URL:

https://www.statista.com/outlook/сmo/toys-hobby/toys-games/ukraine?srsltid=AfmBOoooIRyij_4gmoVKrV3YfugoL3xpnj2p5tCDJmGfjcZoNEZyeWQP

16. Іграшка фірми "Hape". Веб – сайт. URL:

<https://global.hape.com/castle-escape-e6019>

17. Конструктор фірми "Melissa & Doug". Веб – сайт. URL:

<https://www.melissaanddoug.com/products/construction-building-set-in-a-box?bvstate=pg:2/ct:r>

18. Іграшка фірми "Le Toy Van". Веб – сайт. URL:

https://letoyvan.com/products/activity-walker?srsltid=AfmBOoq9eJOANkO_yqG8FhgIeAb0gTK3TqdZr2oLaYWO0OtOrTYZpLoZ

19. Directive 2009/48/ec of the european parliament and of the council of 18 June 2009 on the safety of toys. Веб-сайт. URL:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0048>

20. Іграшки компанії "Kiddisvit". Веб – сайт. URL:

<https://b2b.kiddisvit.ua/ua/search-results?search=%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%8F%D0%BD>

21. Приходько Іван Васильович. Веб – сайт. URL:

[https://uartlib.org/ukrayinski-hudozhniki/pryhodko-ivan/?](https://uartlib.org/ukrayinski-hudozhniki/pryhodko-ivan/?srsltid=AfmBOor8VtfDnGN38LiryXsGHd1Sf7pAFKdy7uTLBmfQ_LvB5mXwDkd)

[srsltid=AfmBOor8VtfDnGN38LiryXsGHd1Sf7pAFKdy7uTLBmfQ_LvB5mXwDkd](https://uartlib.org/ukrayinski-hudozhniki/pryhodko-ivan/?srsltid=AfmBOor8VtfDnGN38LiryXsGHd1Sf7pAFKdy7uTLBmfQ_LvB5mXwDkd)

22. Авраменко О.О.Приходько / Інститут проблем сучасного мистецтва Національної академії мистецтв України.Київ: Видавництво Горобець. 2021. 168 с.
23. Дошка столярна – Клен (Acer): Веб – сайт. URL: <https://kievles.com.ua/doshka-klen-kupyty/>
24. Дошка столярна – Ясень (Fraxinus): Веб – сайт. URL: <https://kievles.com.ua/doshka-yasen/>
25. Дошка столярна – Береза (Bétula): Веб – сайт. URL: <https://kievles.com.ua/doshka-berezy-kupyty/>
26. Дошка осика (Populus tremula): Веб – сайт. URL: <https://flagma.ua/uk/doska-olha-vilha-osina-osika-lipa-doshka-neobrizna-neobreznaya-vagonka-o13117765.html>
27. Пінчевська О.О., Головач В.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни: «Інноваційні технології з оброблення деревини» К.: НУБіП України. 2021.62 с.
28. Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пилипенко А.П., Бондар М.М. Механіко-технологічні властивості матеріалів : навч. посіб. Ніжин : ТОВ "Видавництво "Аспект – Поліграф"". 2013. 416 с.
29. Вінтонів І.С.,Сопушинський І.М.,Тайшінгер А.Деревинознавство: навч. посіб. : 2 – е вид.,доповн. – Львів: Апріорі..2007. 312 с.
30. Історія села Дударків. Веб – сайт. URL: <https://blago-boryspil.church.ua/dudarkiv/>
31. Іван Васильович Приходько – майстер декоративного розпису, народної іграшки та скульптури. Веб-сайт. URL: <https://rukotvory.com.ua/maystry/ivan-pryhodko/>
32. Комбінований верстат Bernardo CWM 150. Веб – сайт. URL:

<https://storgom.ua/ua/product/kombinirovannyi-standok-bernardo-cwm-150-08-1249.html>

33. Міні токарний верстат по дереву Beking BG-3306. Веб – сайт. URL:
<https://megapega.com.ua/ua/p2291674699-mini-tokarnyj-standok.html>

34. Lean бережливе виробництво. Веб – сайт. URL:
<https://career.kernel.ua/novyny/u-styli-lean-transbalkterminal-rozpochav-5s-transformatsiyi/>

35. Вібраційна шліфувальна машина Makita BO3710. Веб – сайт. URL:
<https://m-online.kiev.ua/makita-bo3710>

36. Ексцентрикова шліфувальна машина Makita BO5030. Веб – сайт. URL:
<https://m-online.kiev.ua/makita-bo5030>

37. Акумуляторний дріль – шурупокрут СХТ Makita DF333DWAЕ.
Веб – сайт. URL:
<https://makita.com.ua/makita-screwdrivers-df333dwaе>

38. Дріль ударна МАКІТА HP1641. Веб – сайт. URL:
https://myt.com.ua/ru/drel-udarnaja-makita-hp16416130/p380465?srsId=AfmBOooc_sjCcrJH36JgvBi4Xi8iqBvFo5V-Emg7t0CsA0Km7xWdh9JM

39. Фрезер Makita RT0700C. Веб – сайт. URL:
<https://www.gk-tools.com.ua/electroinstrument/frezeri/frezer-makita-rt0700c.html>

40. Еко-іграшки для дітей. Веб – сайт. URL:
<https://bi.ua/ukr/posts/view/eko-igrushki-dlya-detey-s-zabotoy-ob-ekologii/>

41. Довговічність і міцність: дерев'яні іграшки як екологічний вибір.
Веб – сайт. URL:
https://www.eichhorn-toys.de/eichhorn_en/blog/447-why-wooden-toys-are-the-better-choice-for-your-child/

42. Дерев'яні іграшки. Веб – сайт. URL:

[https://zirka.ua/category/derevyani-igrashki/?](https://zirka.ua/category/derevyani-igrashki/?srsltid=AfmBOoqr1HsYavp_wU88gx2TF6deI_0A_2-qWIK23sDvIulIXPuhF0xH)

[srsltid=AfmBOoqr1HsYavp_wU88gx2TF6deI_0A_2-qWIK23sDvIulIXPuhF0xH](https://zirka.ua/category/derevyani-igrashki/?srsltid=AfmBOoqr1HsYavp_wU88gx2TF6deI_0A_2-qWIK23sDvIulIXPuhF0xH)

43. Екологічні іграшки від "Eichhorn". Веб – сайт. URL:

https://www.eichhorn-toys.de/eichhorn_en/blog/457-sustainable-toys-from-eichhorn/

44. Дерев'яні позли проти пластикових: чому варто обирати дерево?

Веб – сайт. URL:

<https://brushme.com.ua/ua/blog/derevyani-pazli-proti-plastikovix-chomu-varto-obirati-derevo.html?>

[srsltid=AfmBOoq3elz726P6BO6ay07ep8Vo5pZXIFnjlyKx58Ces0JVKEBg8wSN](https://brushme.com.ua/ua/blog/derevyani-pazli-proti-plastikovix-chomu-varto-obirati-derevo.html?srsltid=AfmBOoq3elz726P6BO6ay07ep8Vo5pZXIFnjlyKx58Ces0JVKEBg8wSN)

45. Дерев'яні іграшки. Веб – сайт. URL:

[https://sovenya.com.ua/catalog/derev-iani-ihrashky?](https://sovenya.com.ua/catalog/derev-iani-ihrashky?srsltid=AfmBOoqUOiaGwTKkHBJYAkbgqmDPXCnstdIJxufkppq4n-Ihd0D-2G3ui)

[srsltid=AfmBOoqUOiaGwTKkHBJYAkbgqmDPXCnstdIJxufkppq4n-Ihd0D-2G3ui](https://sovenya.com.ua/catalog/derev-iani-ihrashky?srsltid=AfmBOoqUOiaGwTKkHBJYAkbgqmDPXCnstdIJxufkppq4n-Ihd0D-2G3ui)

46. Чому варто вибрати дерев'яні іграшки. Веб – сайт. URL:

<https://littledragon.com.pl/en/2022/01/21/why-choose-wooden-toys/>

47. Монтессорі розвиваючі іграшки Веб – сайт. URL:

[https://minibaby.com.ua/goods.php/Igrashki-Montessori/?](https://minibaby.com.ua/goods.php/Igrashki-Montessori?srsltid=AfmBOoq3sQp8jsMSlpA6psTNKGwZTTwC7357D9KBEz1_YqP3Tg_oPIKB)

[srsltid=AfmBOoq3sQp8jsMSlpA6psTNKGwZTTwC7357D9KBEz1_YqP3Tg_oPIKB](https://minibaby.com.ua/goods.php/Igrashki-Montessori?srsltid=AfmBOoq3sQp8jsMSlpA6psTNKGwZTTwC7357D9KBEz1_YqP3Tg_oPIKB)

48. Тренди дитячих іграшок на 2025 рік: сприяння здоровому розвитку та екологічній відповідальності. Веб – сайт. URL:

[https://www.tickit.eu/blogs/news/childrens-toy-trends-for-2025-promoting-healthy-development-and-environmental-responsibility?](https://www.tickit.eu/blogs/news/childrens-toy-trends-for-2025-promoting-healthy-development-and-environmental-responsibility?srsltid=AfmBOooimb_bfiAHjTHdvdXae9UDOfCYkzhL6VePXvIFchcsJvGR-QSG)

[srsltid=AfmBOooimb_bfiAHjTHdvdXae9UDOfCYkzhL6VePXvIFchcsJvGR-QSG](https://www.tickit.eu/blogs/news/childrens-toy-trends-for-2025-promoting-healthy-development-and-environmental-responsibility?srsltid=AfmBOooimb_bfiAHjTHdvdXae9UDOfCYkzhL6VePXvIFchcsJvGR-QSG)

49. Дерев'яні іграшки Le Toy Van. Веб – сайт. URL:

<https://letoyvan.com/pages/all-collections>

50. Дерев'яні іграшки від Blue Brontide. Веб – сайт. URL:

<https://bluebrontide.com/blogs/eco-kids/the-timeless-appeal-of-wooden-toys>

51. Wooden Toys Market Trends, Innovations & Challenges. Веб-сайт. URL:

<https://www.linkedin.com/pulse/wooden-toys-market-trends-innovations-challenges-wcmcf/>

52. Розмір ринку дерев'яних іграшок. Веб – сайт. URL:

<https://www.gminsights.com/industry-analysis/wooden-toy-market>

53. Розмір ринку дерев'яних іграшок, частка, тенденції, зростання 2034. Веб – сайт. URL:

<https://www.zionmarketresearch.com/report/wooden-toys-market>

54. Світовий ринок дерев'яних іграшок. Веб – сайт. URL:

<https://www.giiresearch.com/report/go1777704-wooden-toys.html>

55. Європейський ринок іграшок. Веб – сайт. URL:

<https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-toy-market>

56. Казкові звірі Івана Приходька. Веб – сайт. URL:

<https://honchar.org.ua/video/kazkovi-zviri-ivana-pryhadka-i120>

57. Властивості деревини. Веб – сайт. URL:

https://doska.dp.ua/wood_properties/

58. Вибір матеріалу для виробу. Веб – сайт. URL:

<https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/9022>

59. Деревина. Веб – сайт. URL:

<https://stud.com.ua/54868/tovaroznavstvo/derevina>

60. Народна іграшка. Декоративний розпис. Веб – сайт. URL:

<https://vseosvita.ua/library/embed/00113h-a9f8.docx.html>

61. Іграшка дерев'яна «Червоний коник». Веб – сайт. URL:

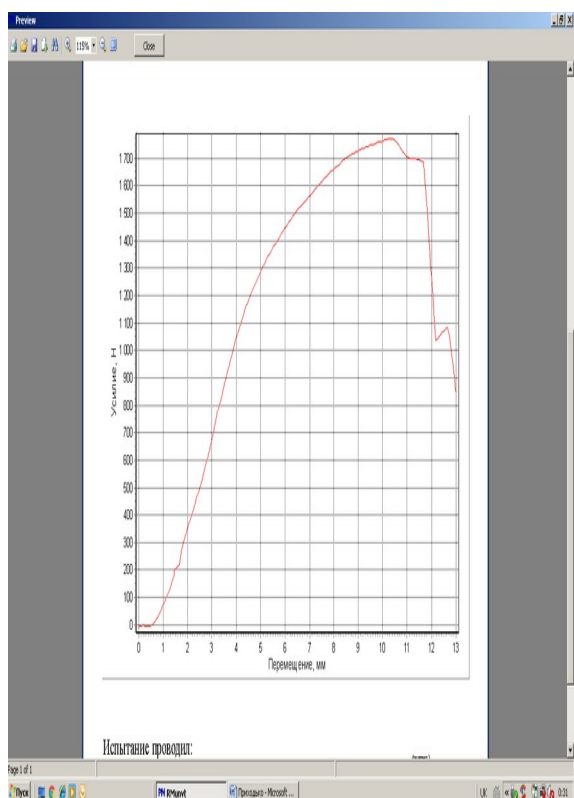
<https://honchar.org.ua/collections/detail/2186>

ДОДАТКИ

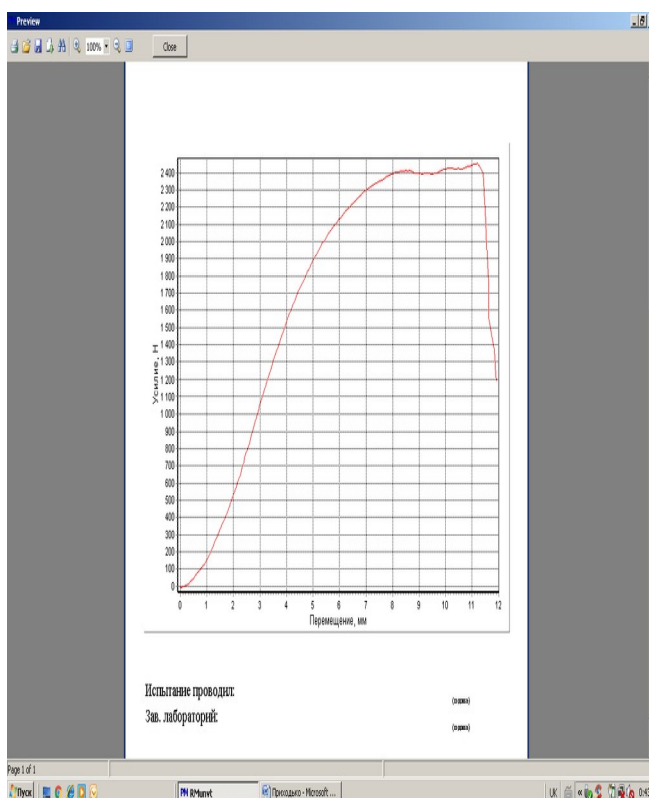
Додаток А.1

Графіки зміни міцності зразків деревини осики при випробування на статичний згин

осика 1

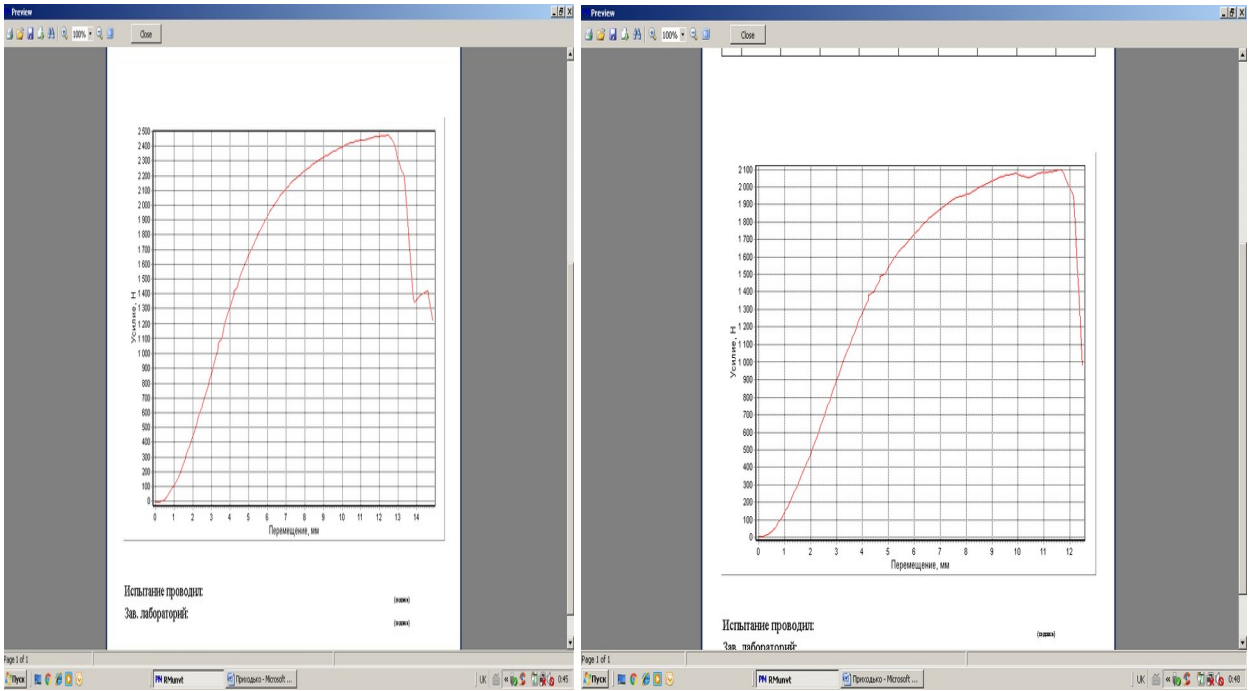


осика 2



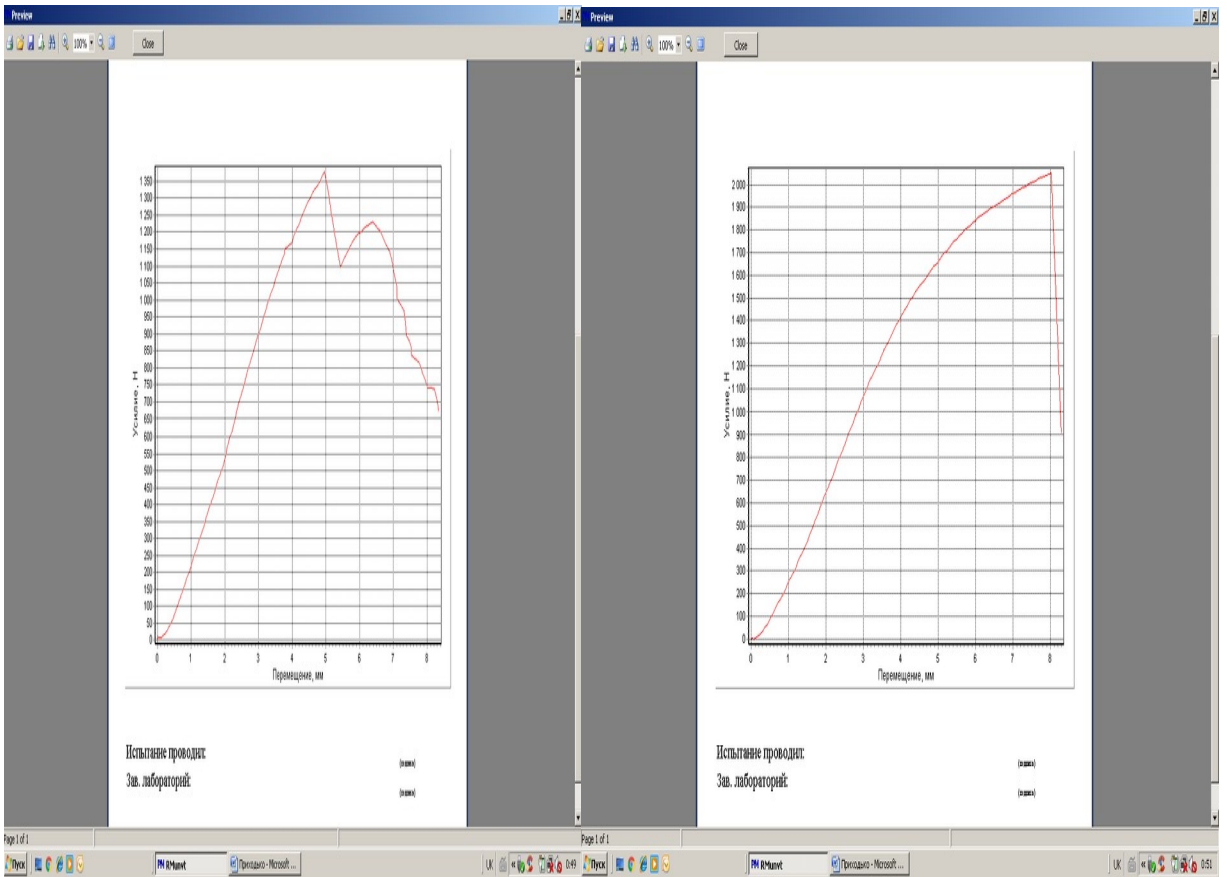
осика 3

осика 4



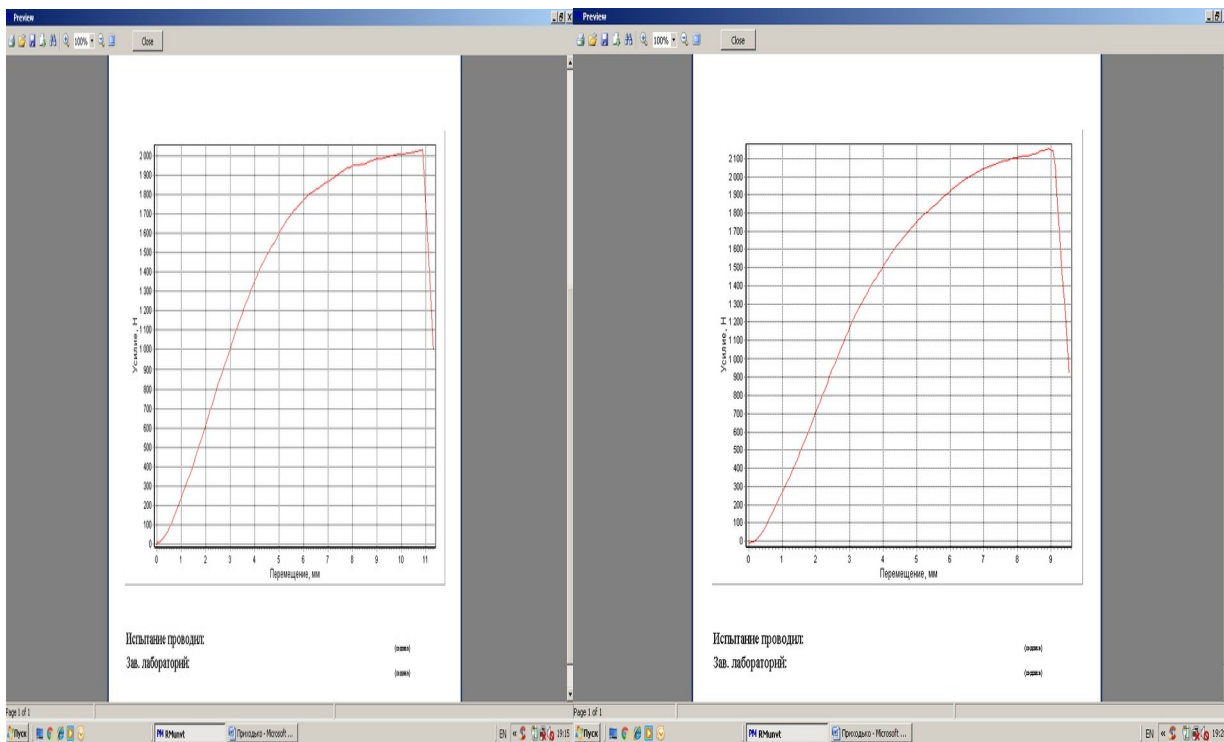
осика 5

осика 6



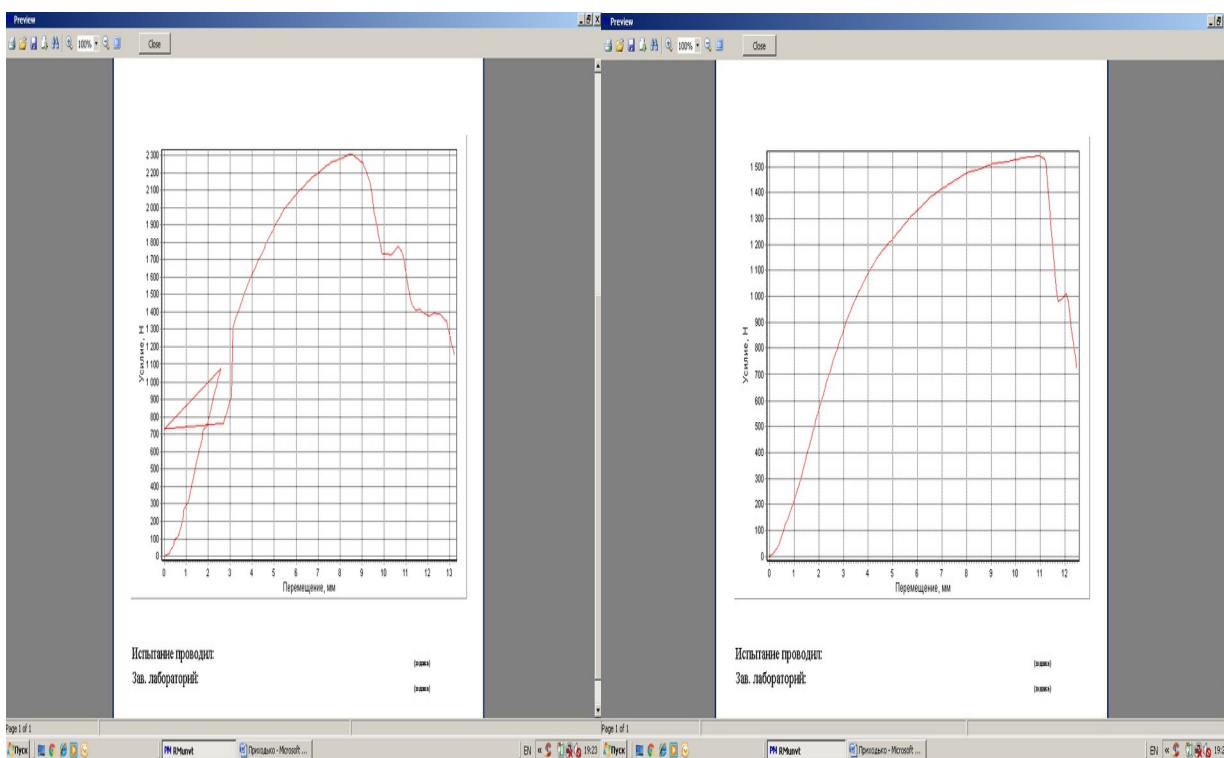
осика 7

осик 8



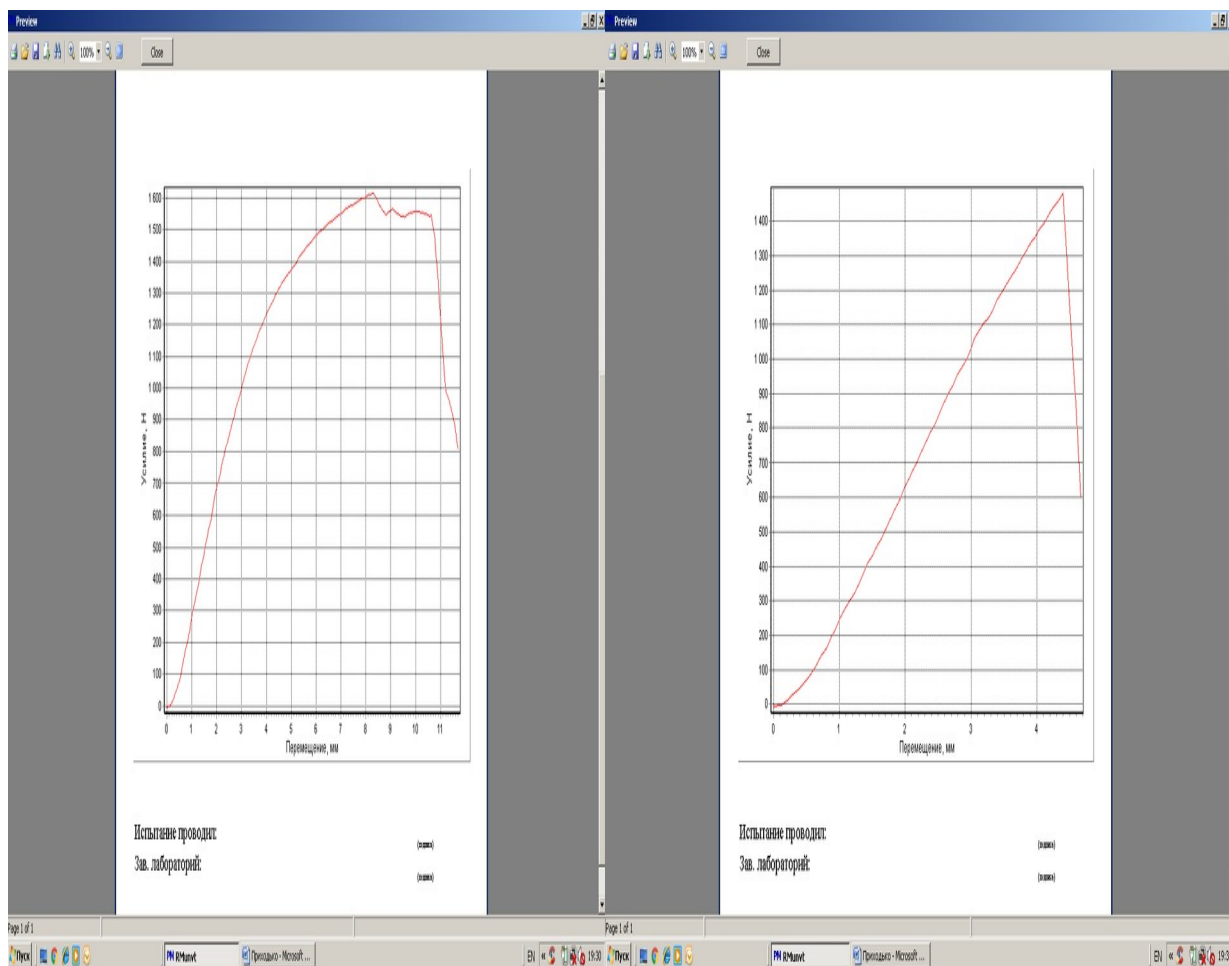
осика 9

осика 10



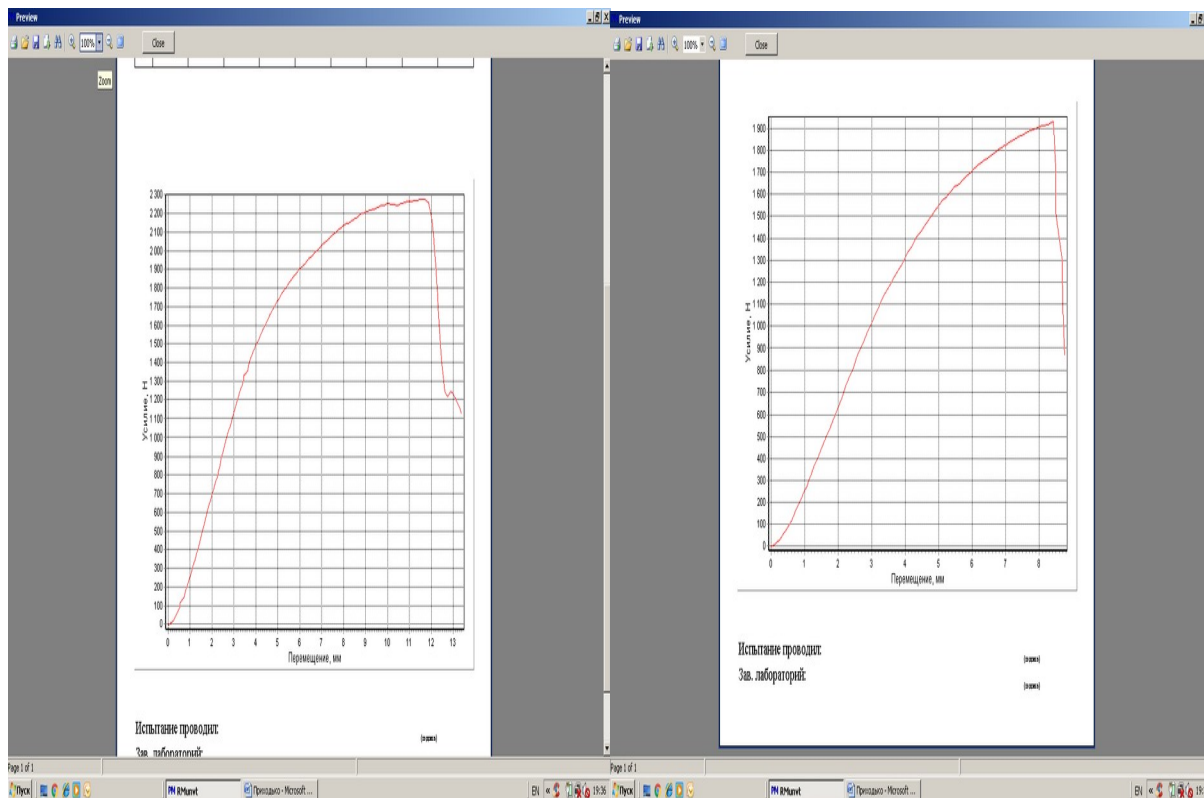
осика 11

осика 12



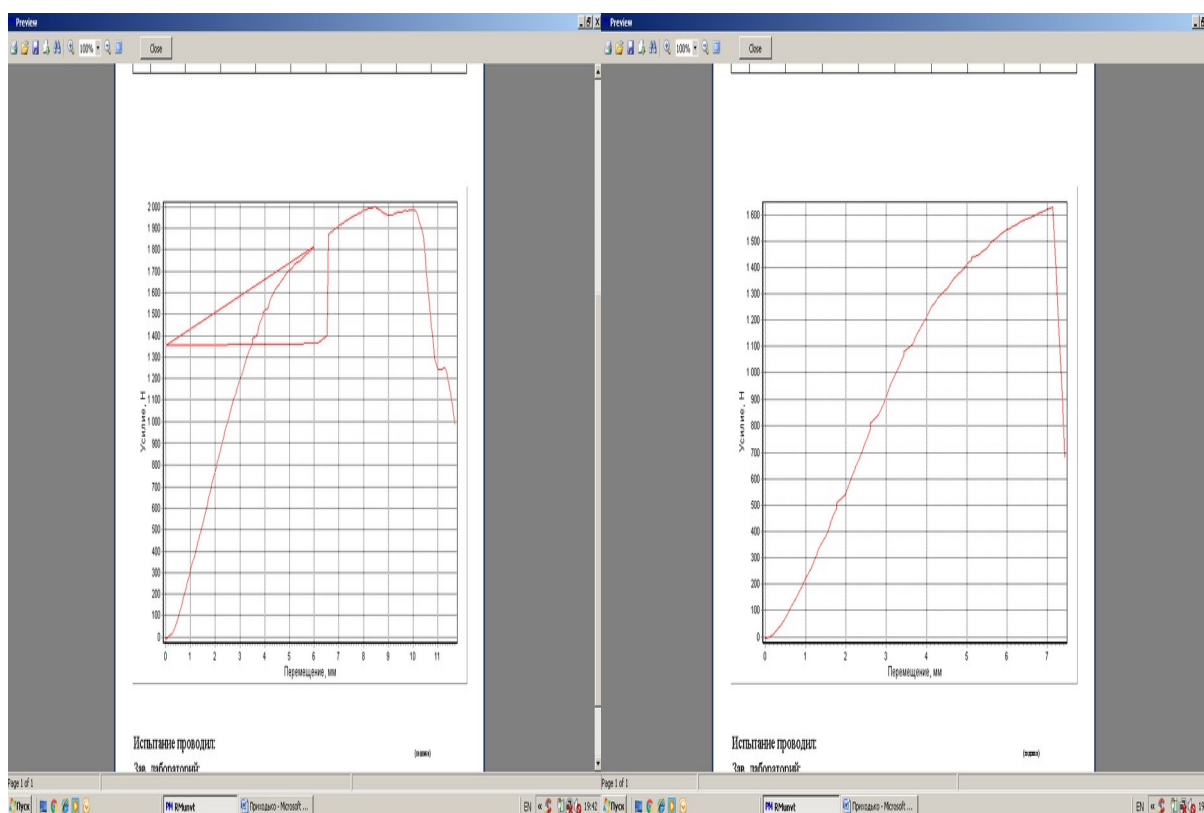
осика 13

осика 14



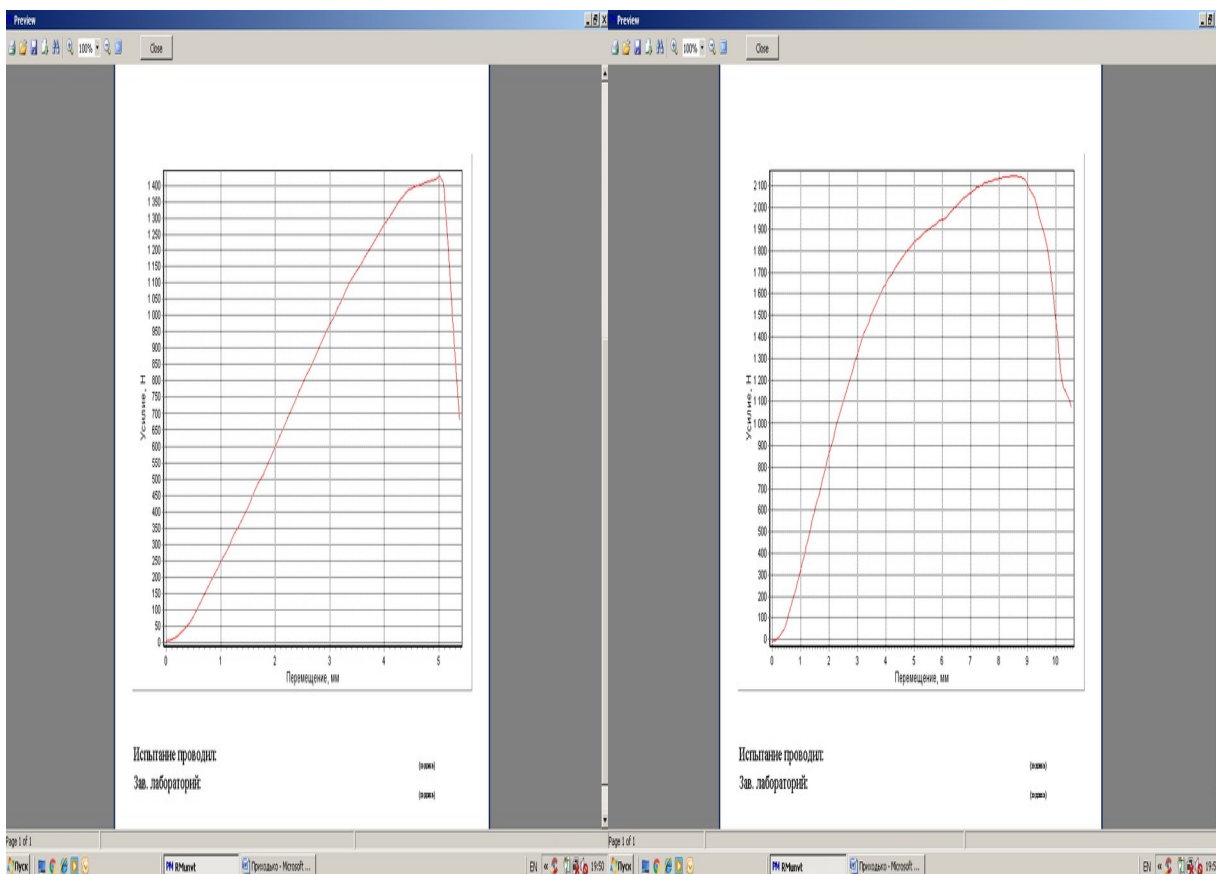
осика 15

осика 16



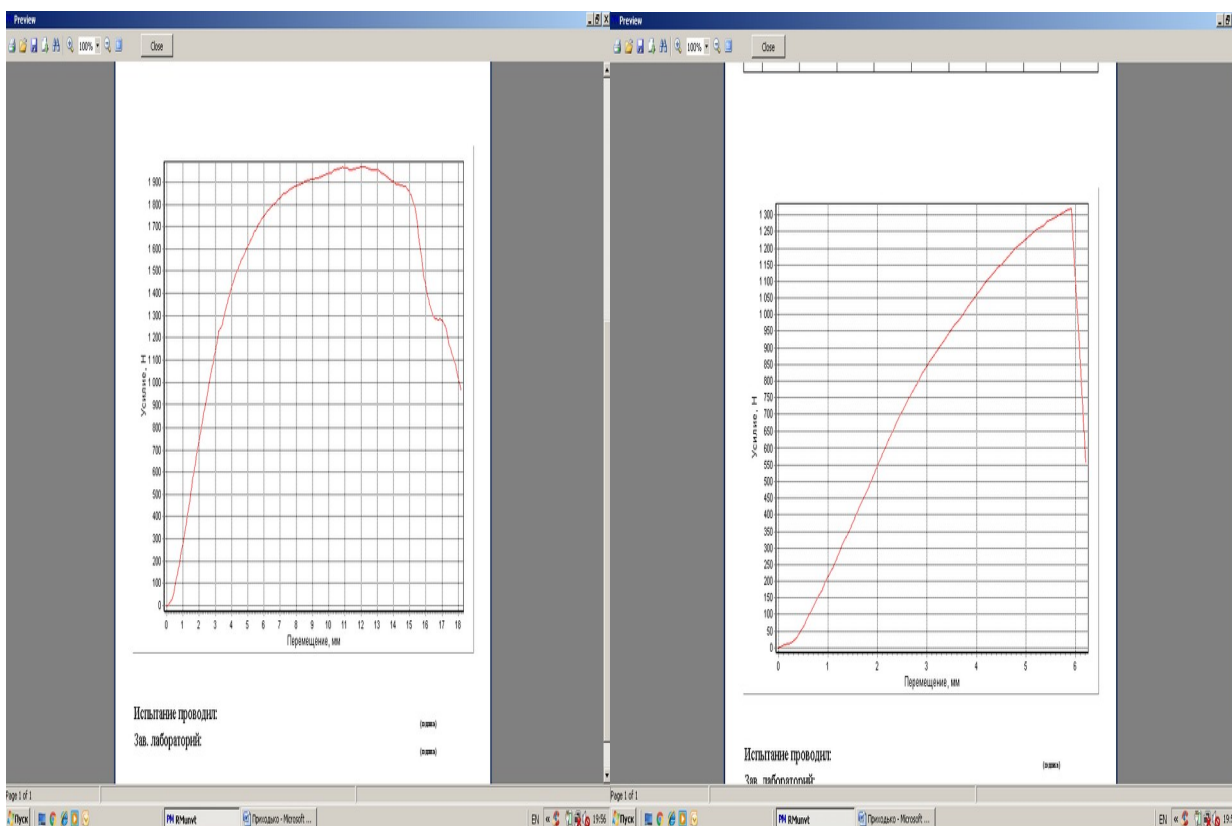
осика 17

осика 18



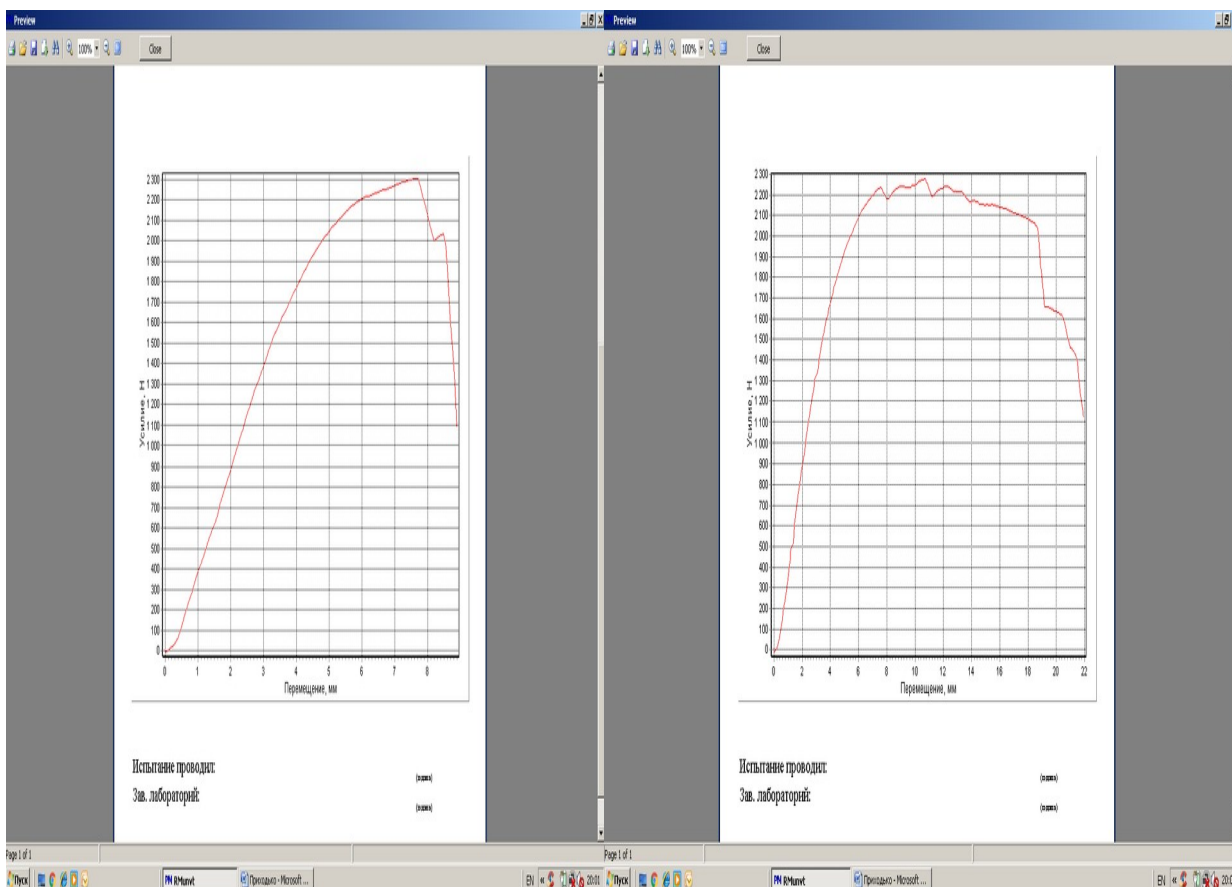
осика 19

осика 20



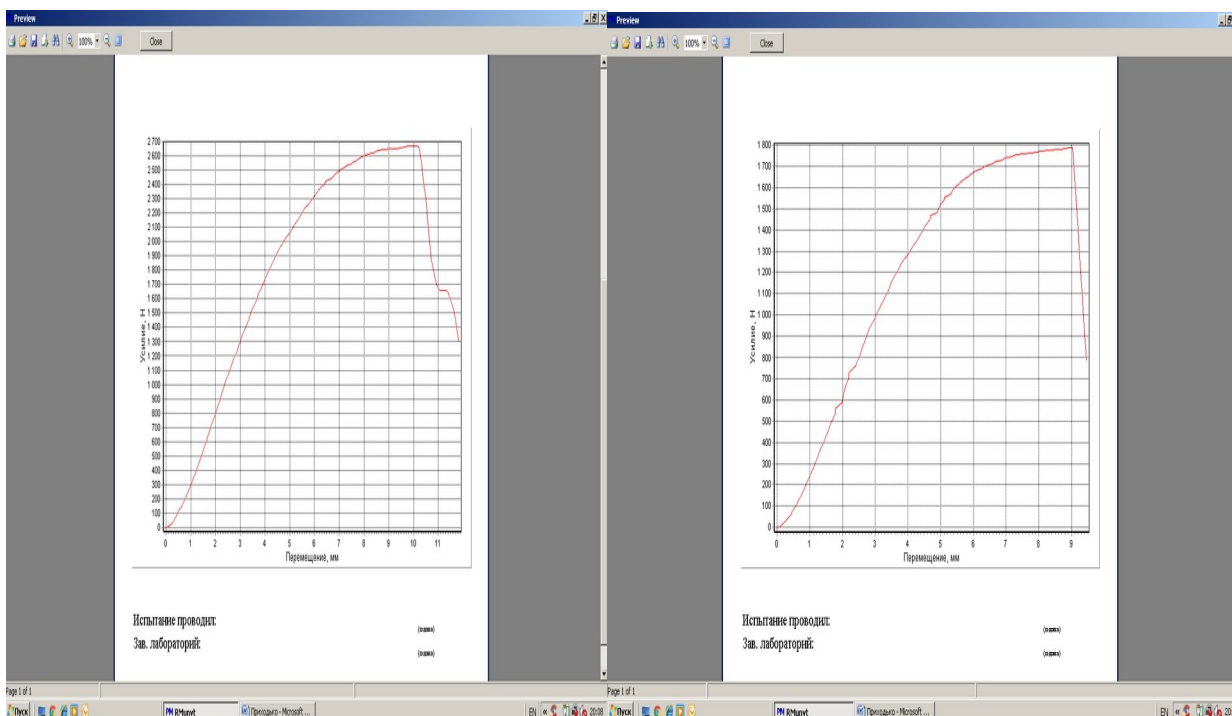
осика 21

осика 22



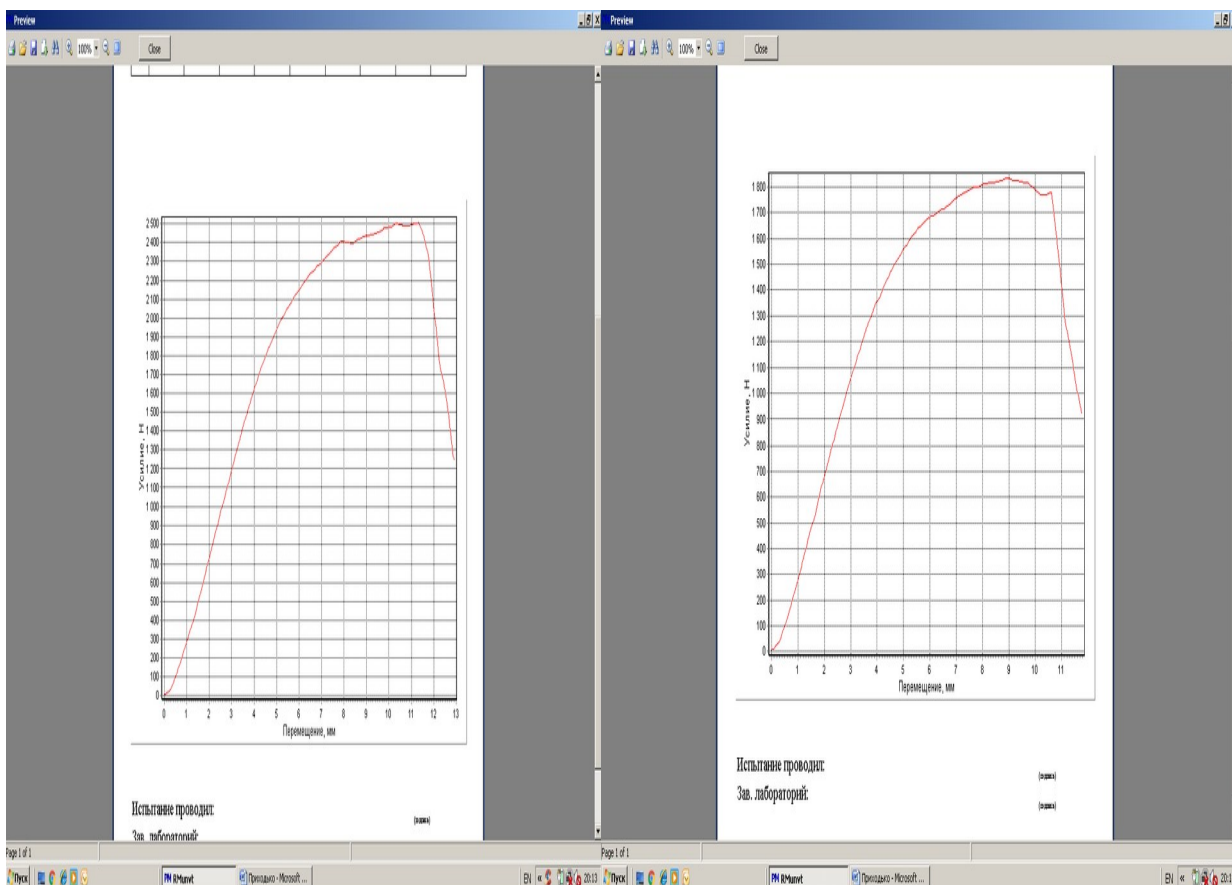
осика 23

осика 24



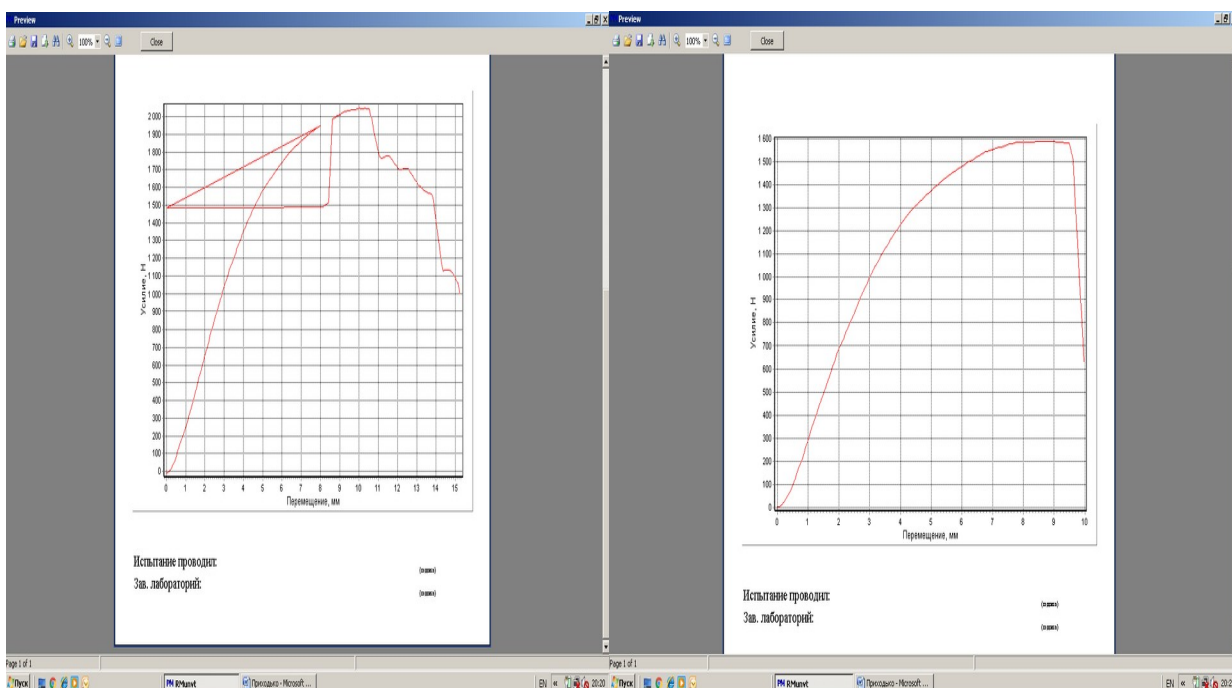
осика 25

осика 26



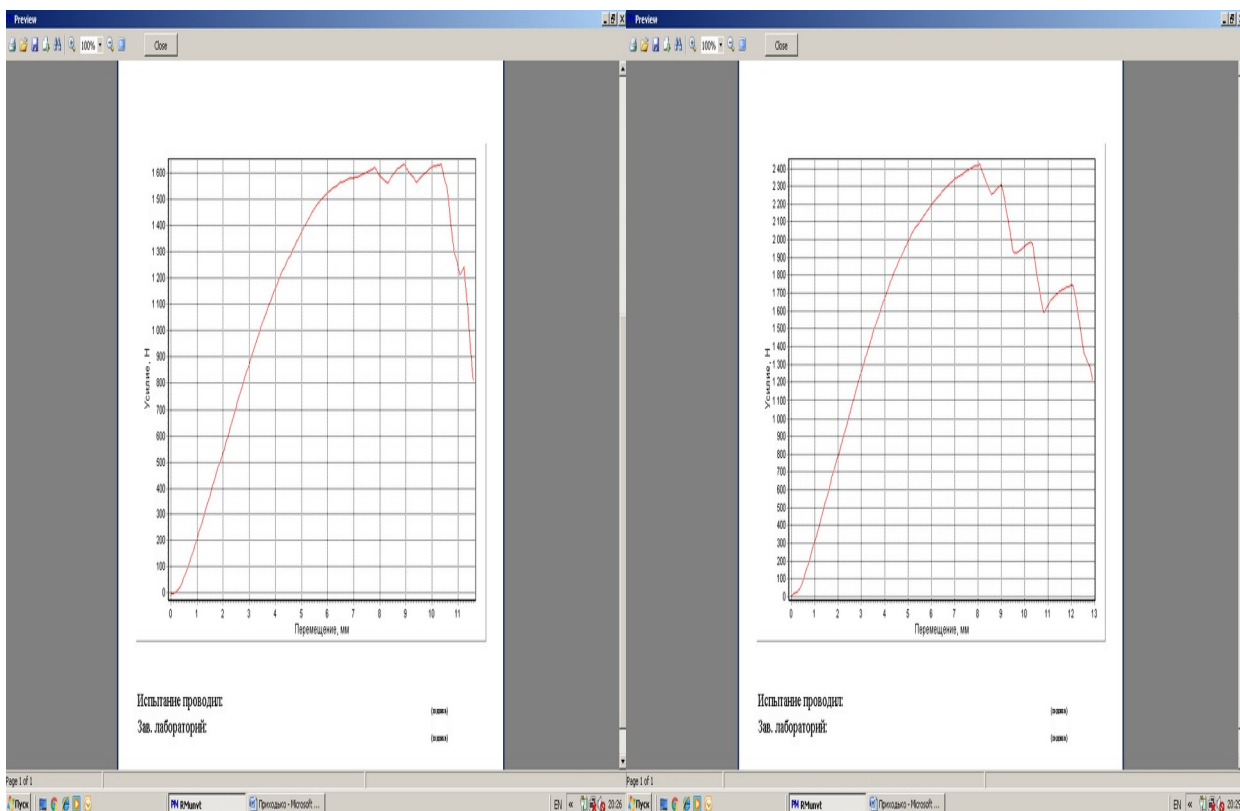
осика 27

осика 28



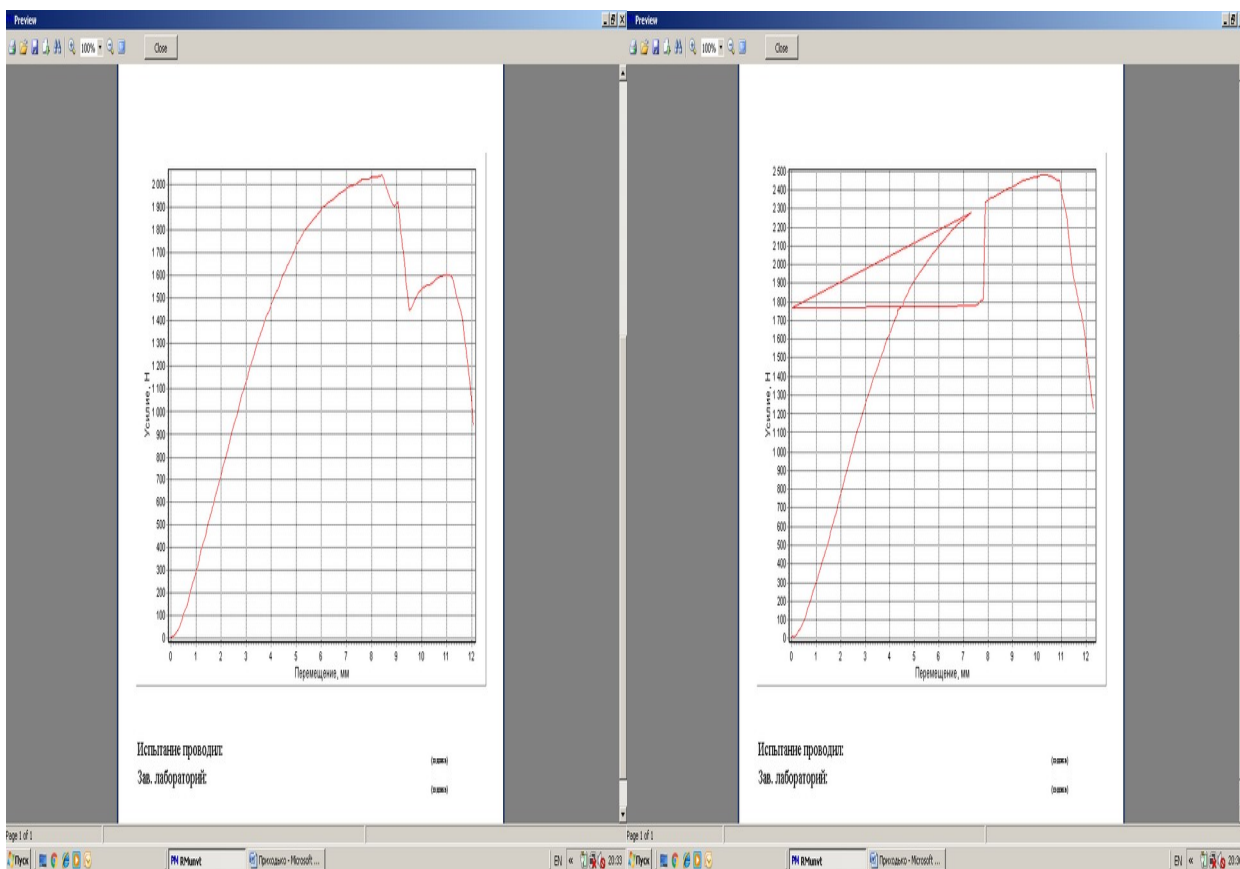
осика 29

осика 30



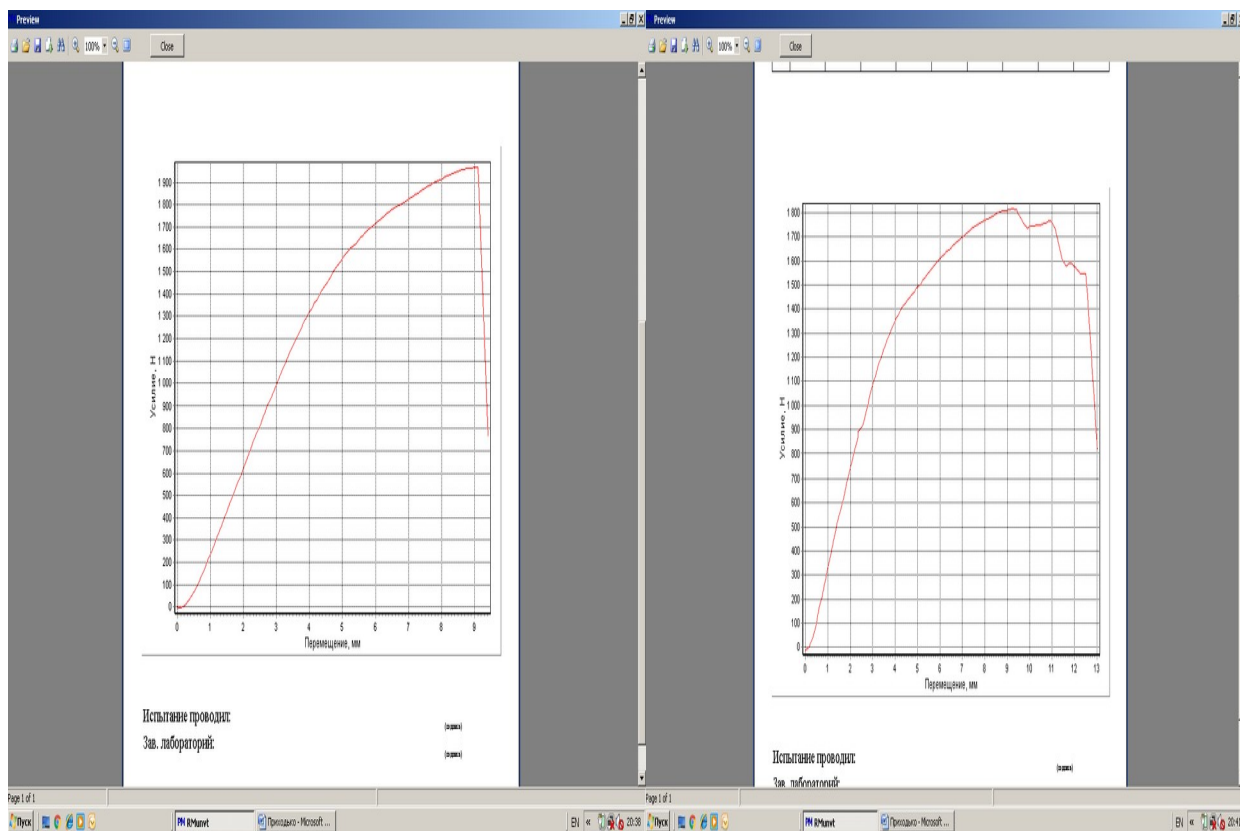
осика 31

осика 32

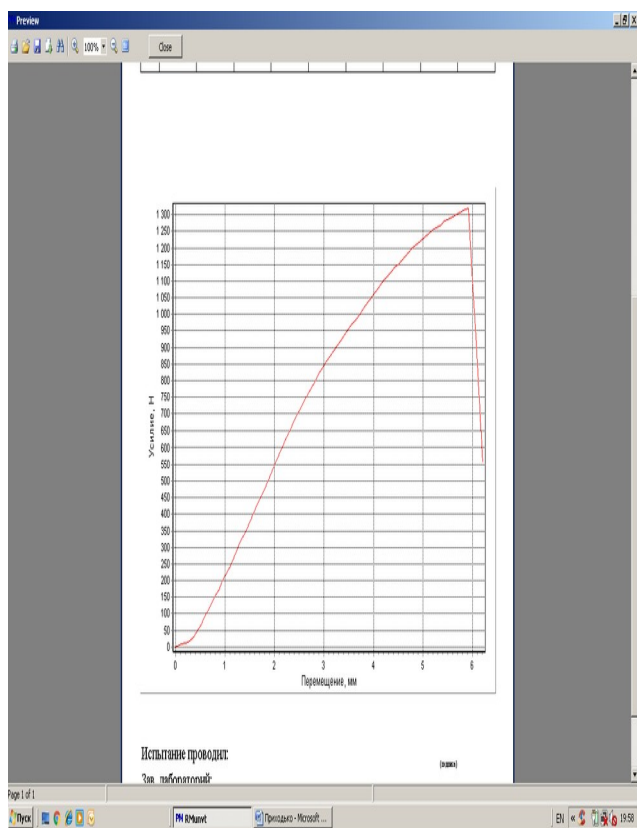


осика 33

осика 34



осика 35

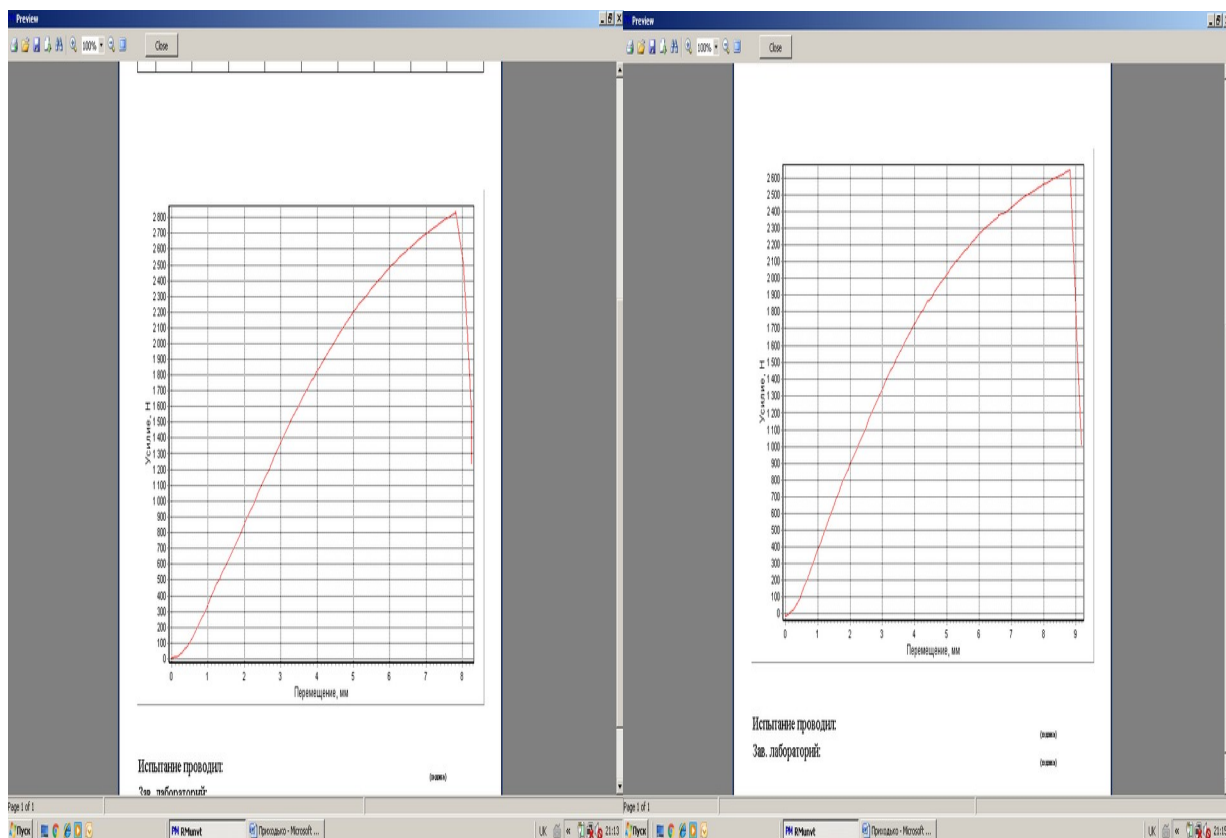


Додаток А.2

Графіки зміни міцності зразків деревини бука при випробування на статичний згин

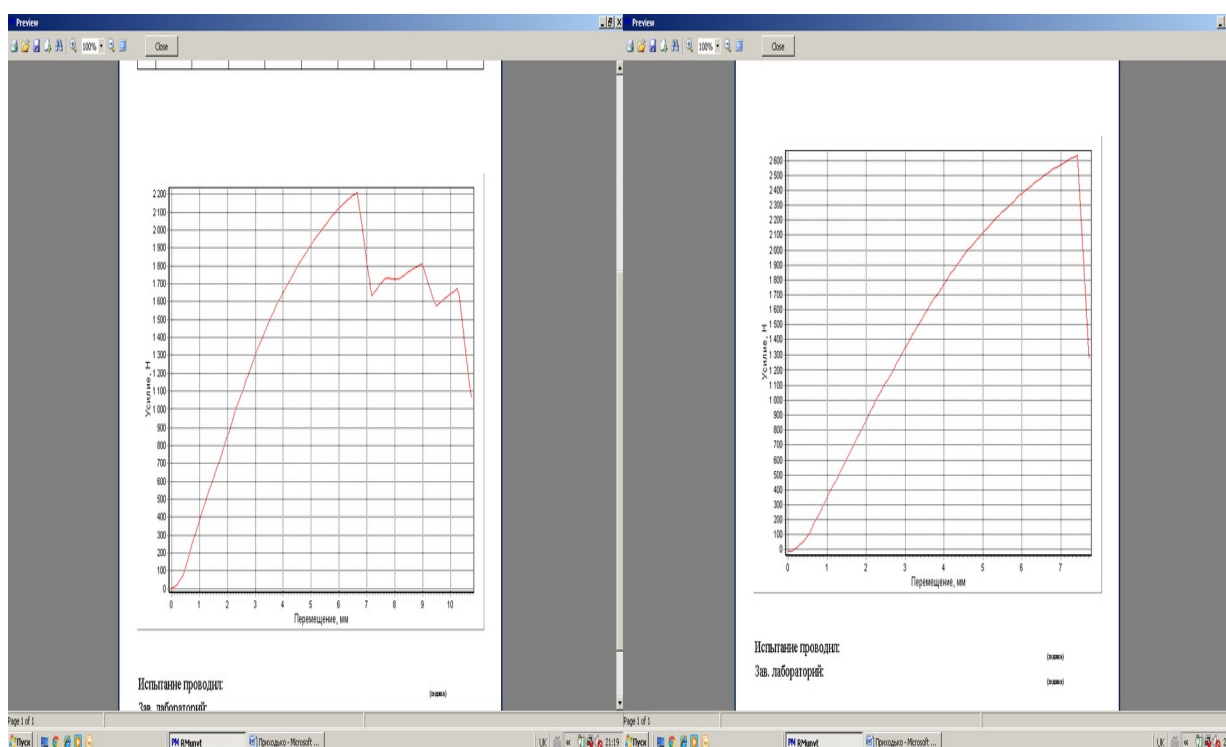
бук 1

бук 2



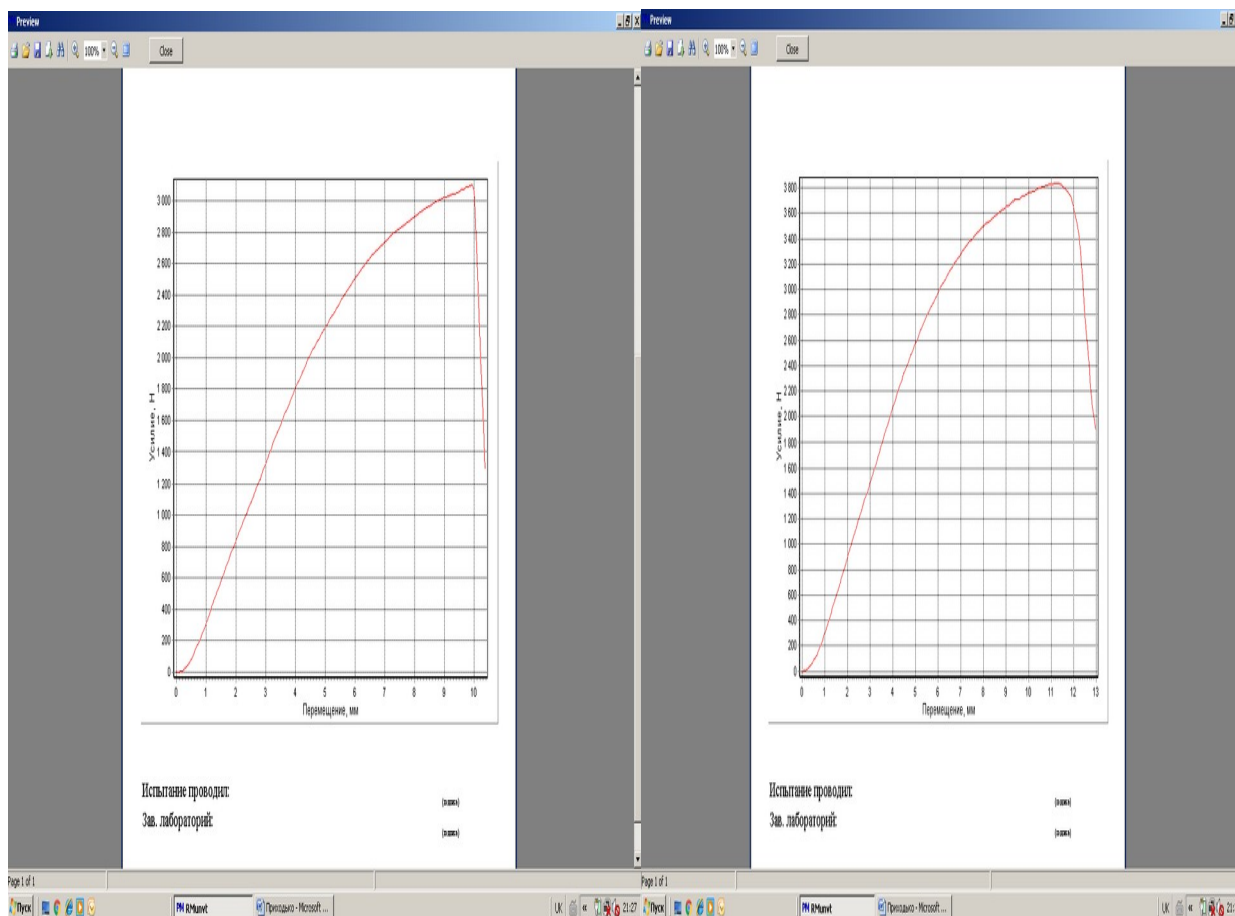
бук 3

бук 4



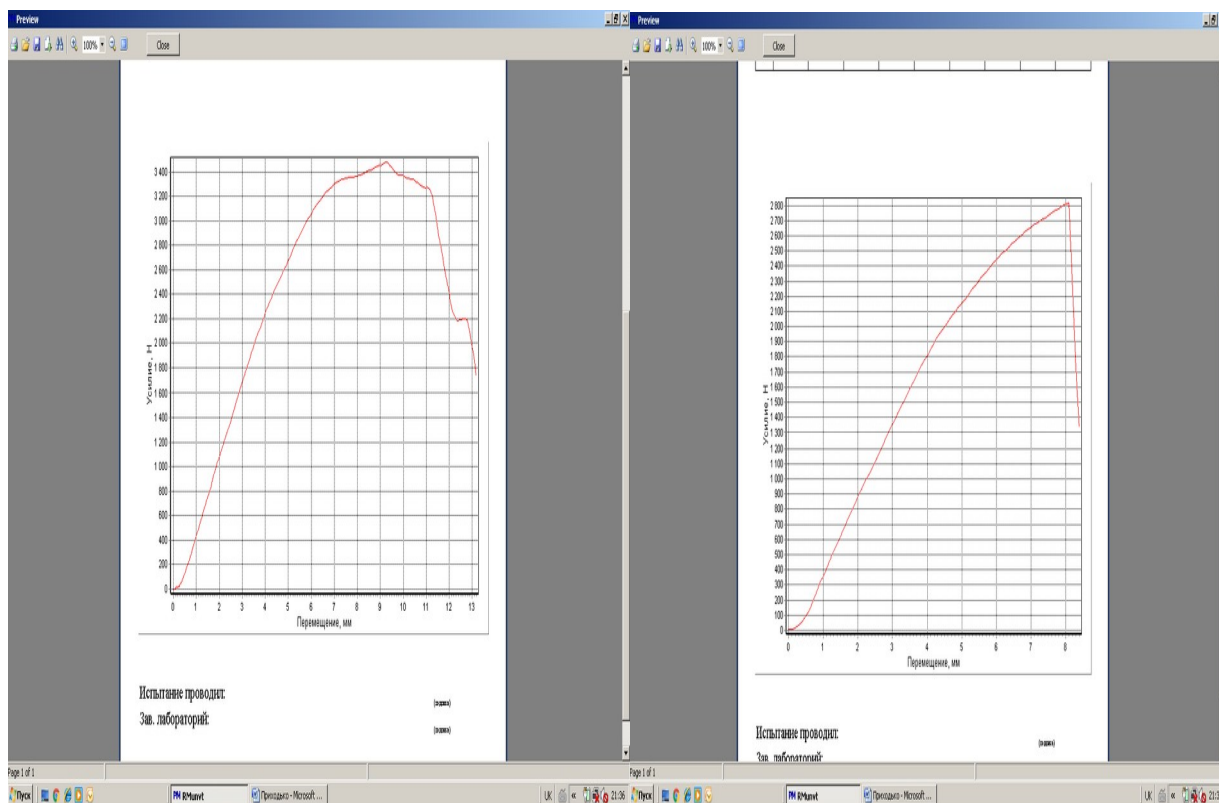
бук 5

бук 6



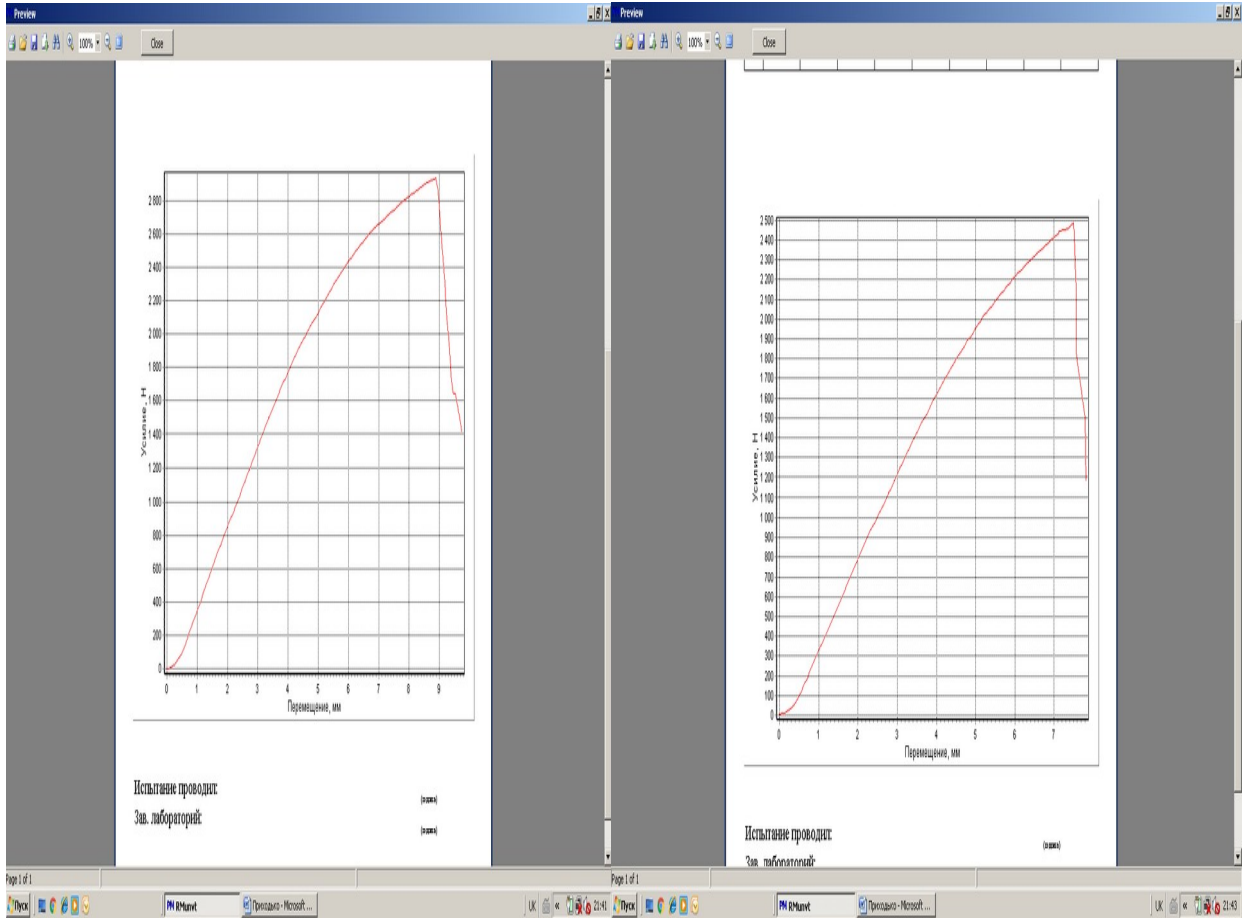
бук 7

бук 8



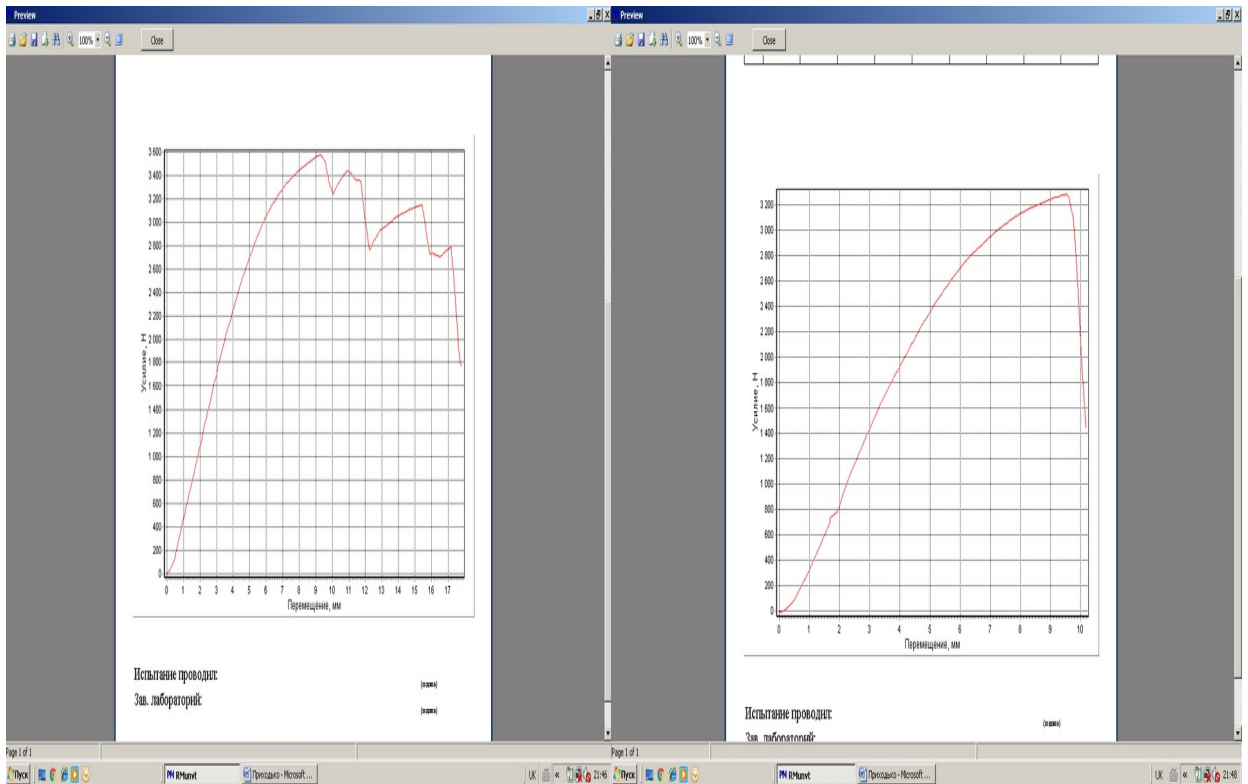
бук 9

бук 10



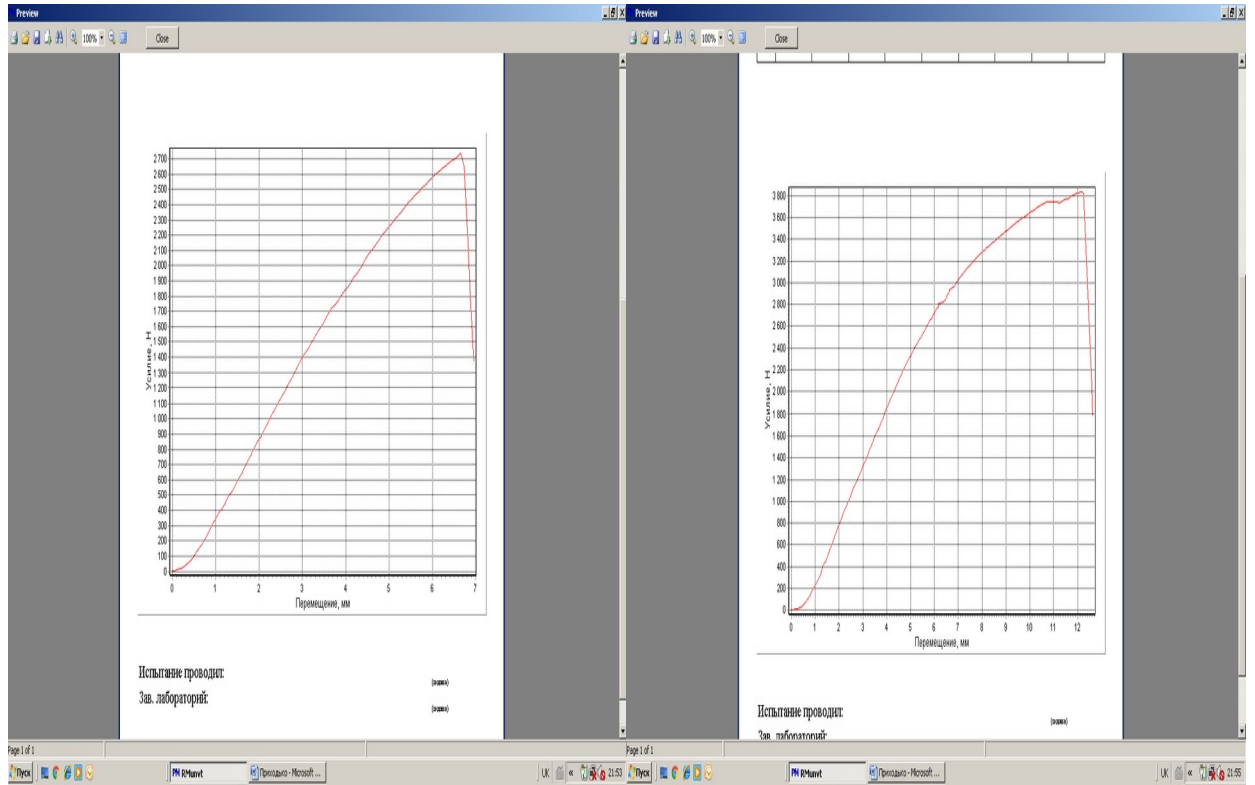
бук 11

бук 12



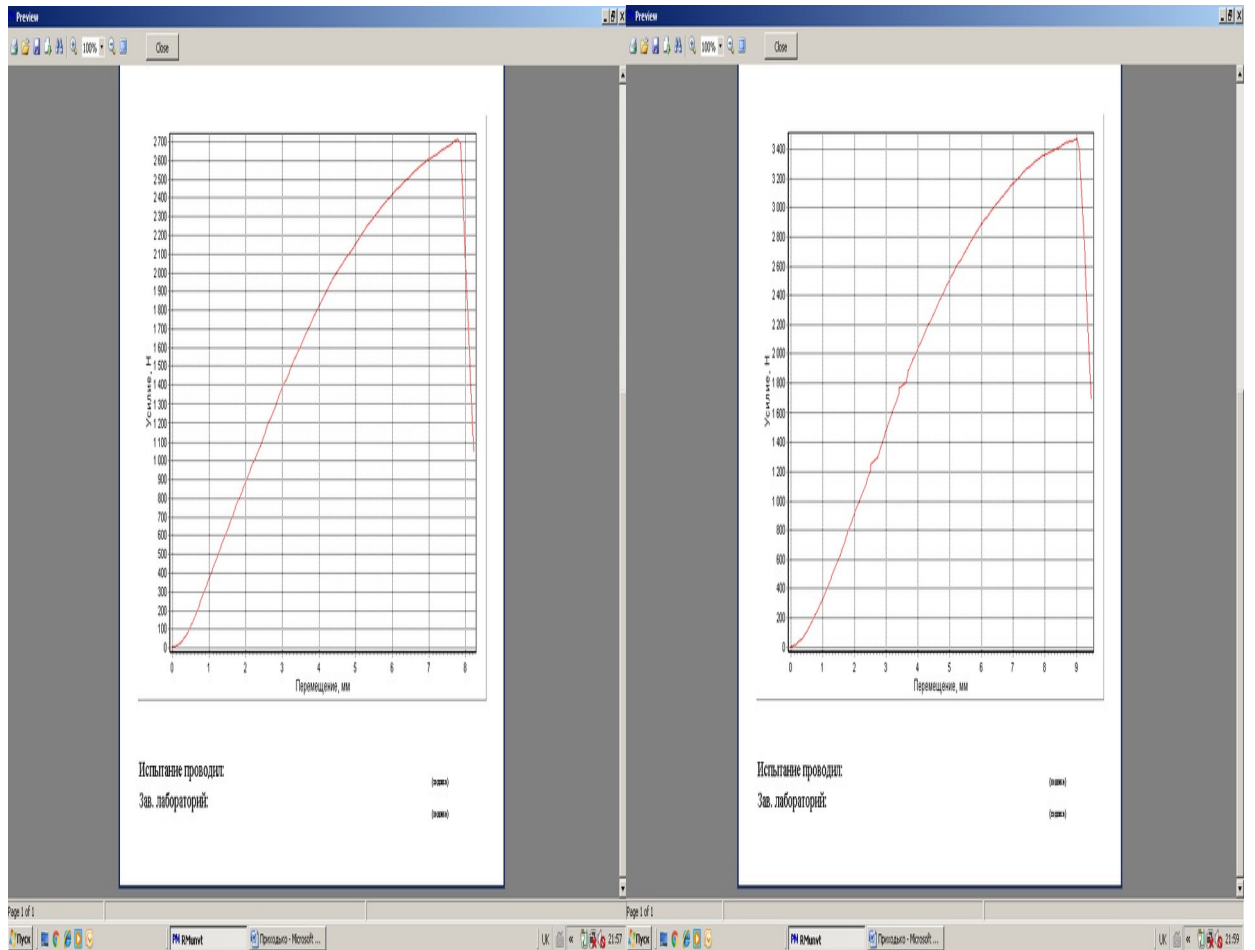
бук 13

бук 14



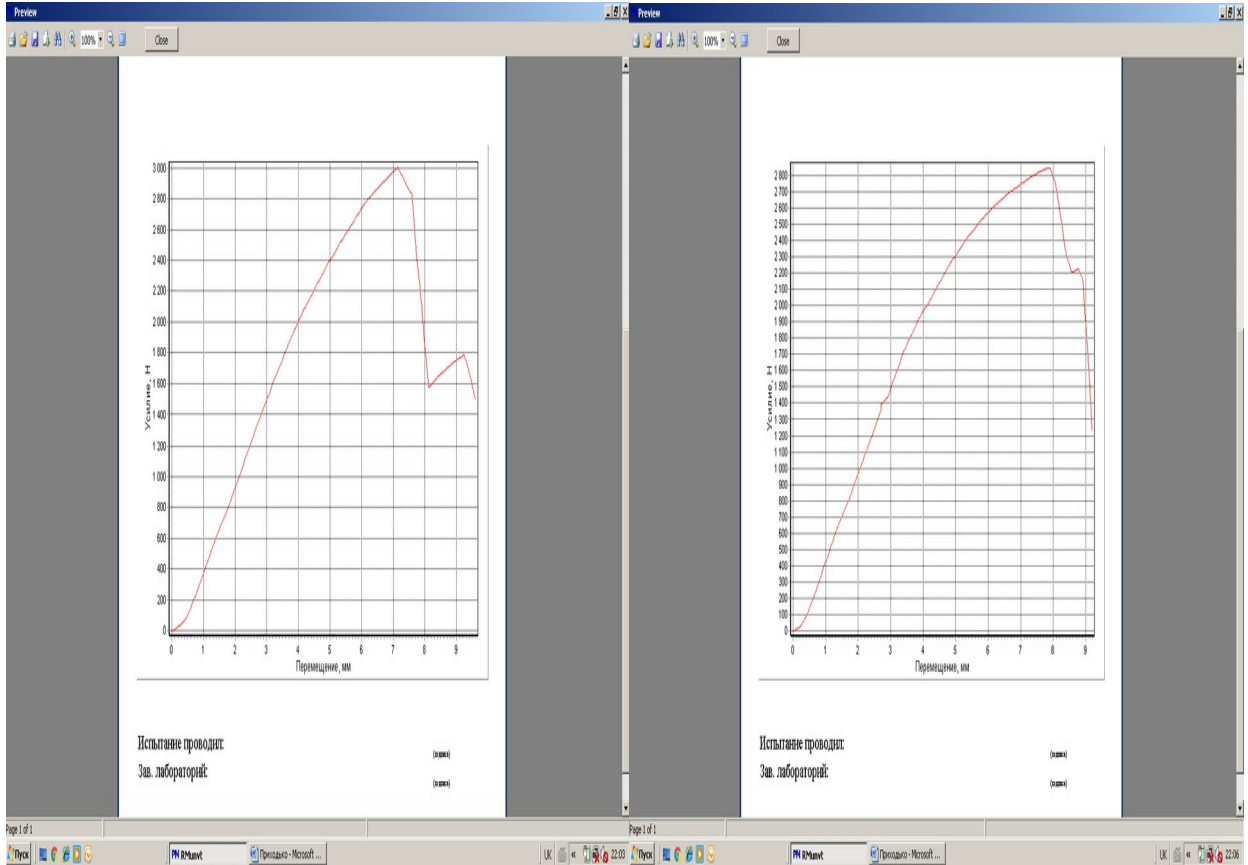
бук 15

бук 16



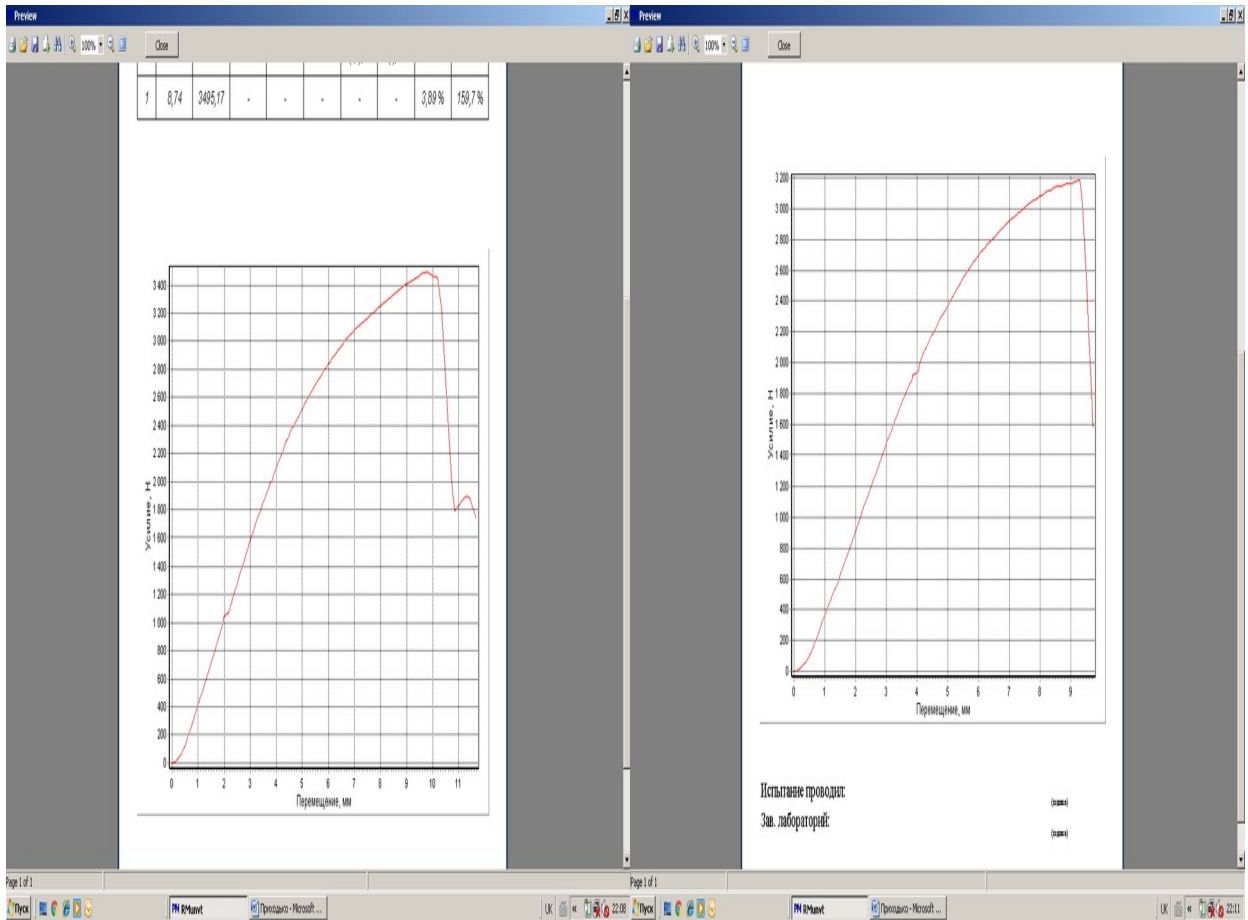
бук 17

бук 18



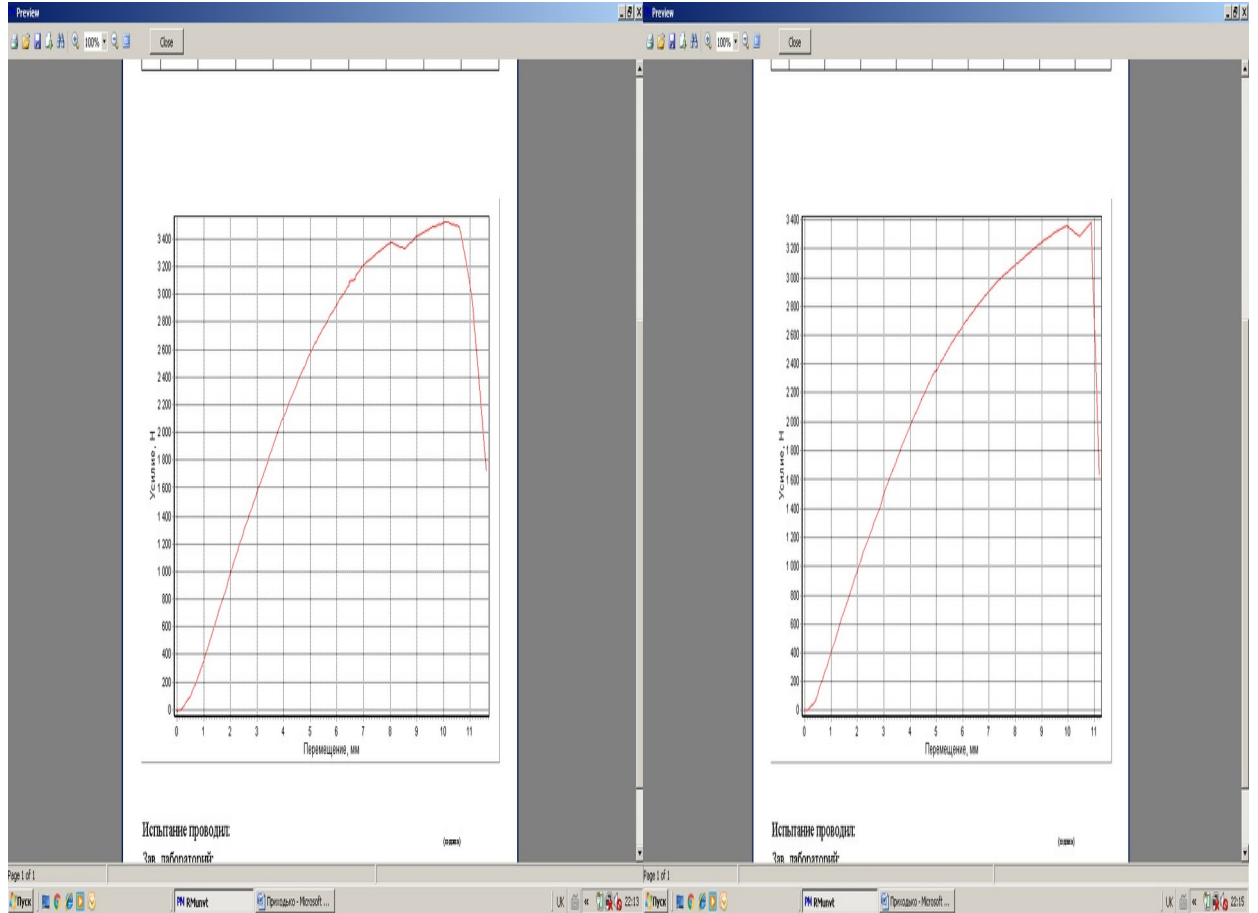
бук 19

бук 20



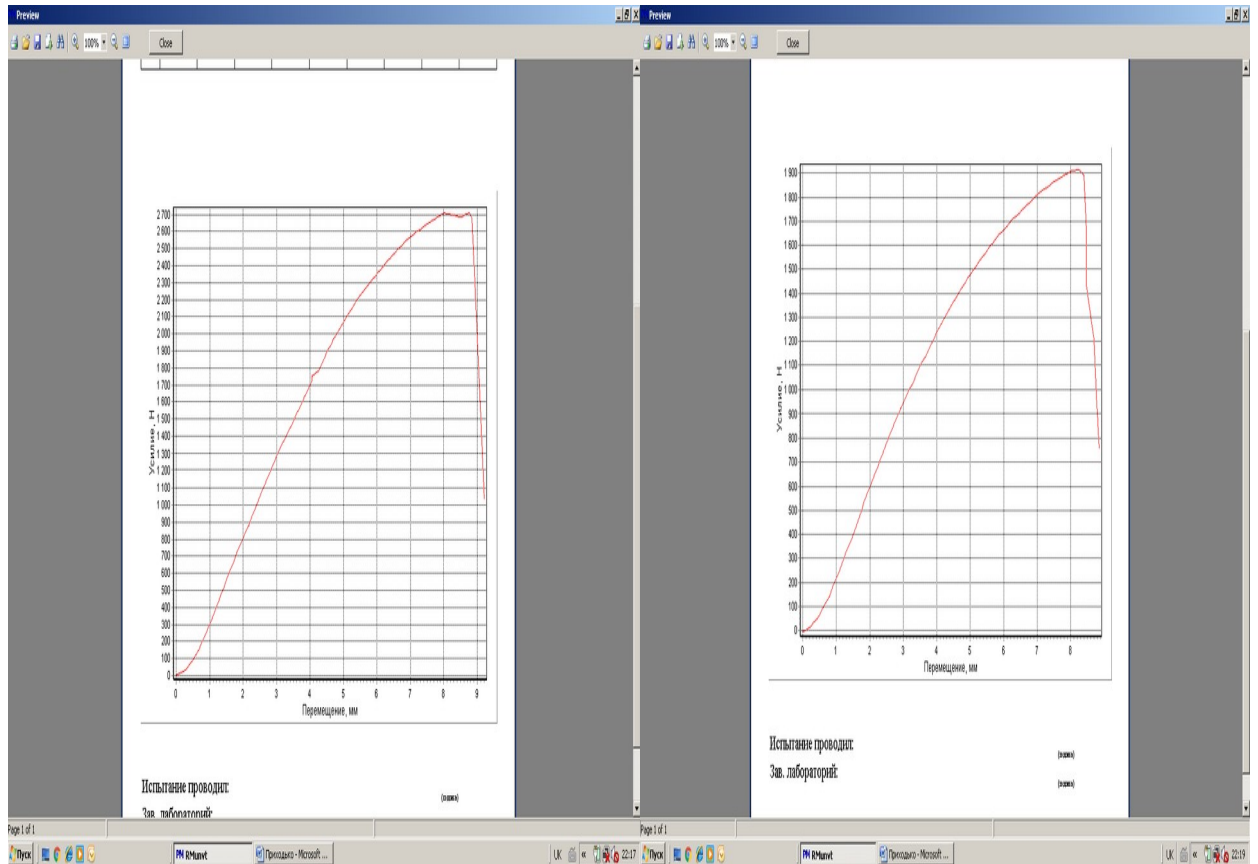
бук 21

бук 22



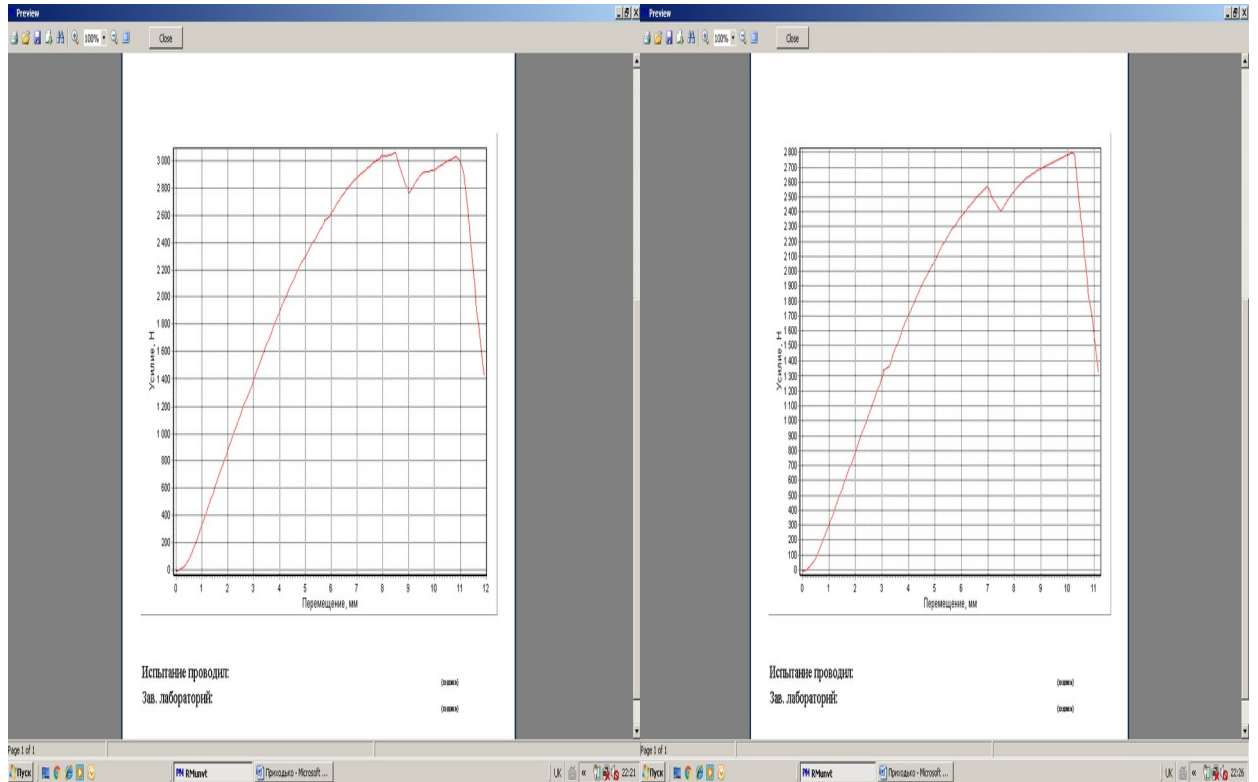
бук 23

бук 24



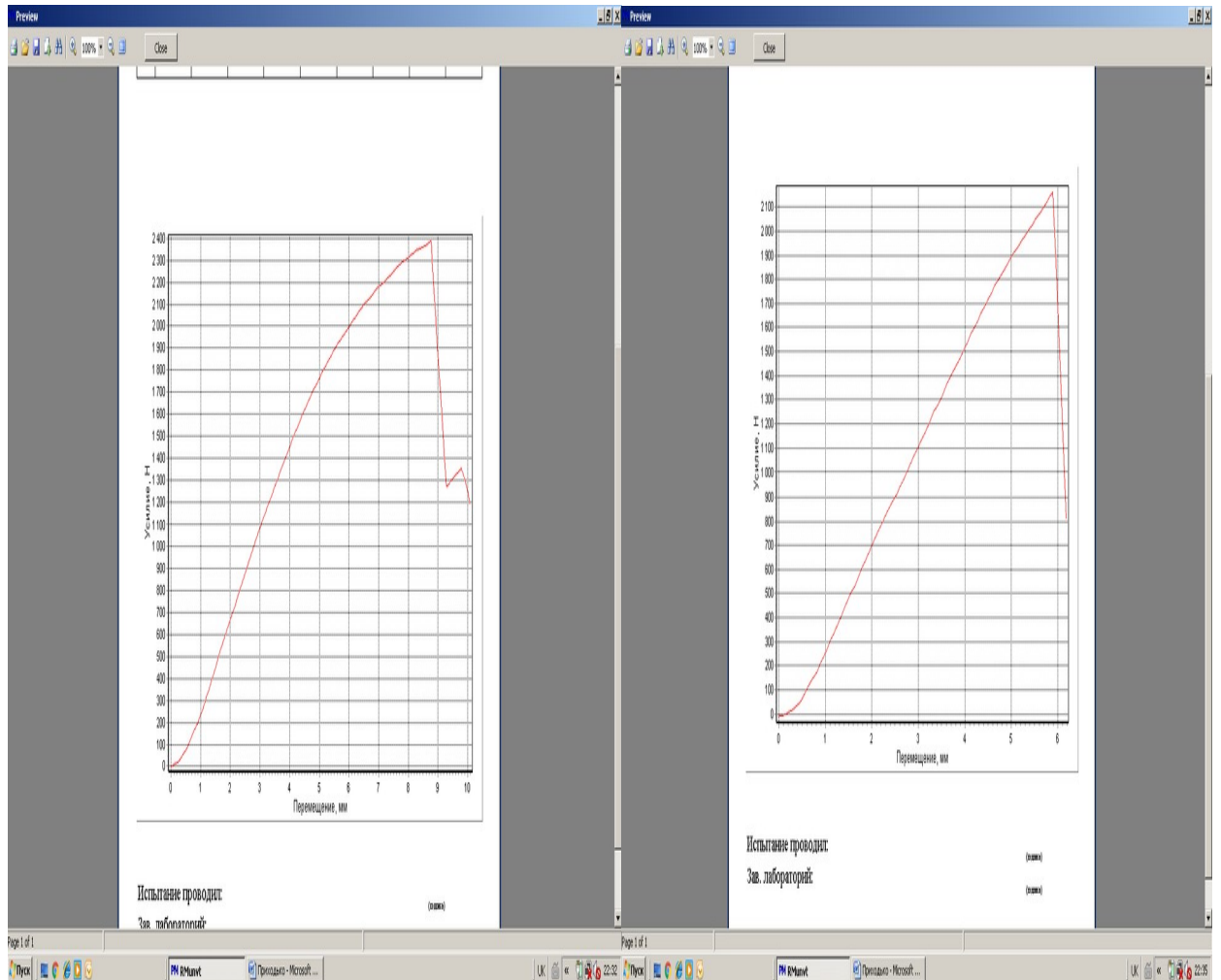
бук 25

бук 26



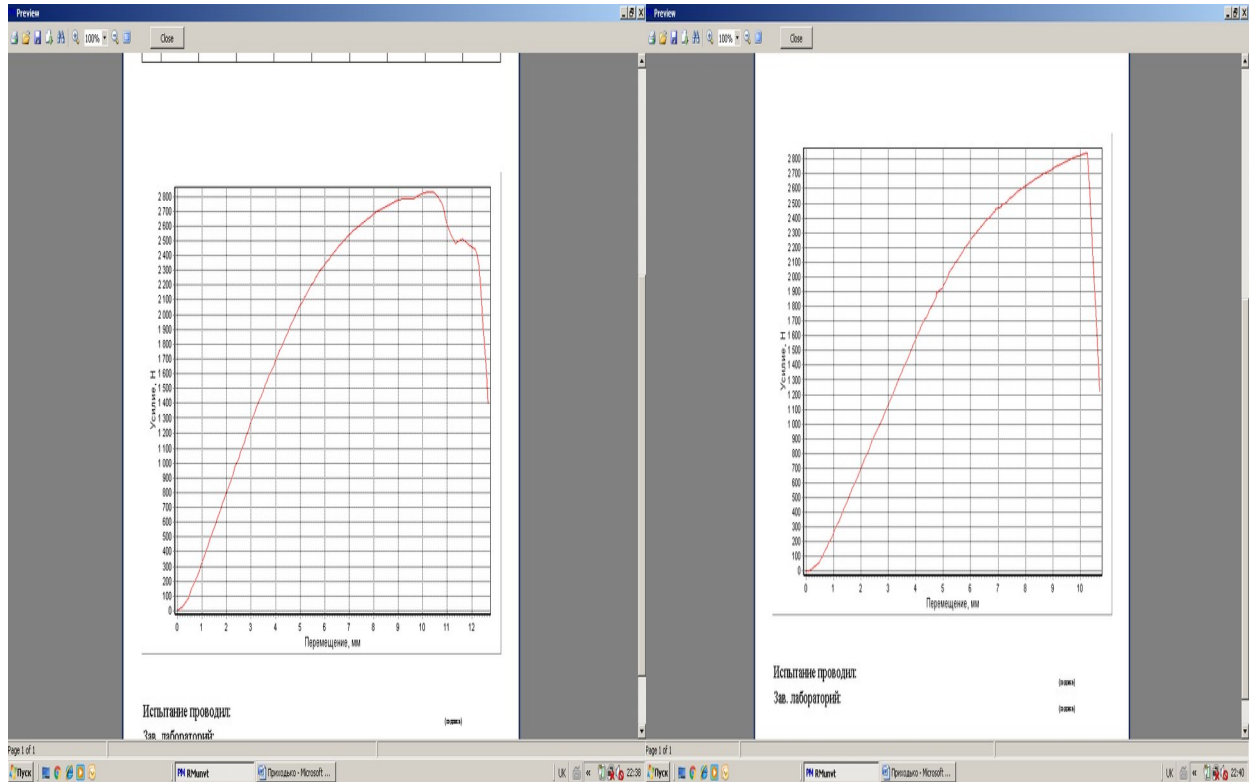
бук 27

бук 28



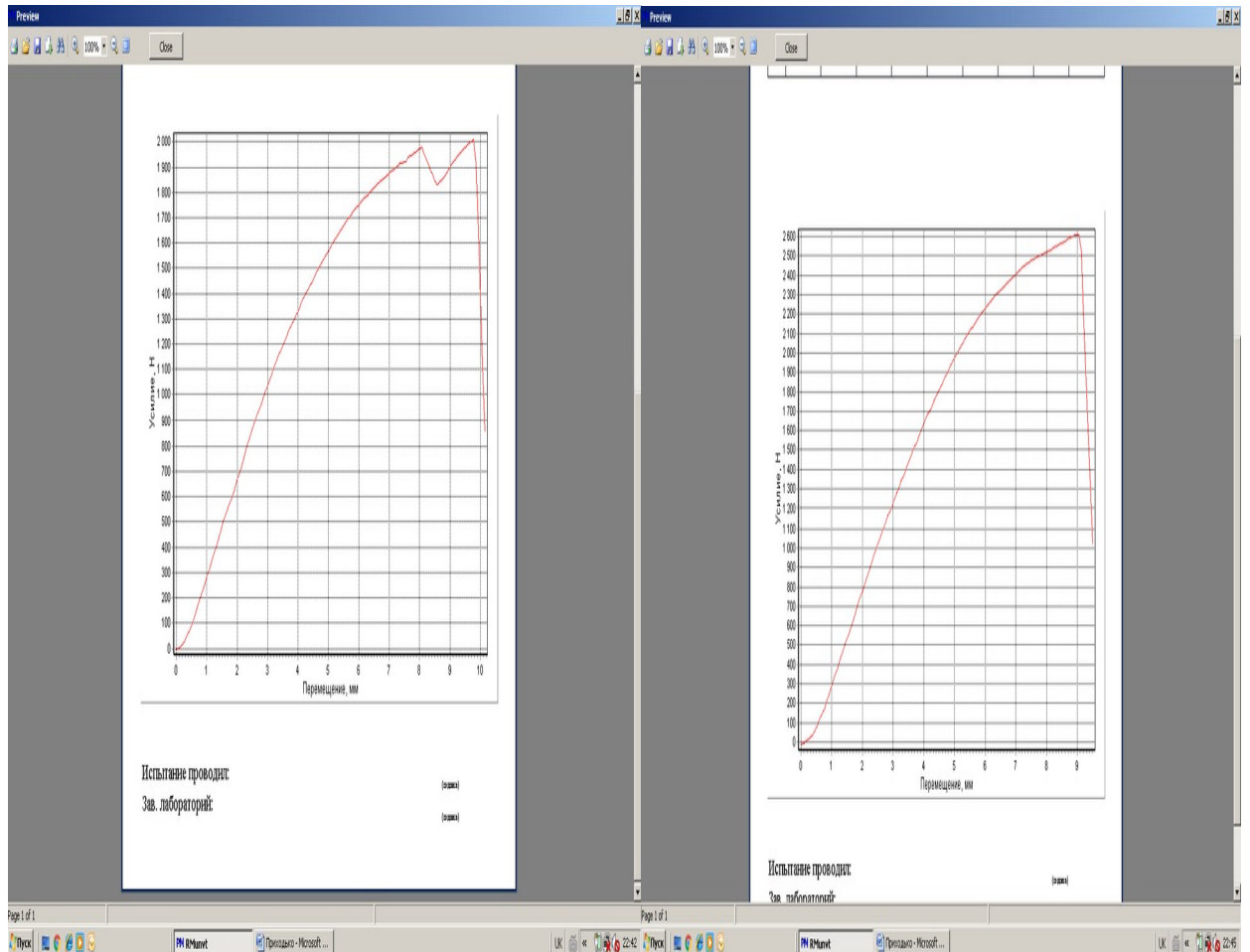
бук 29

бук 30



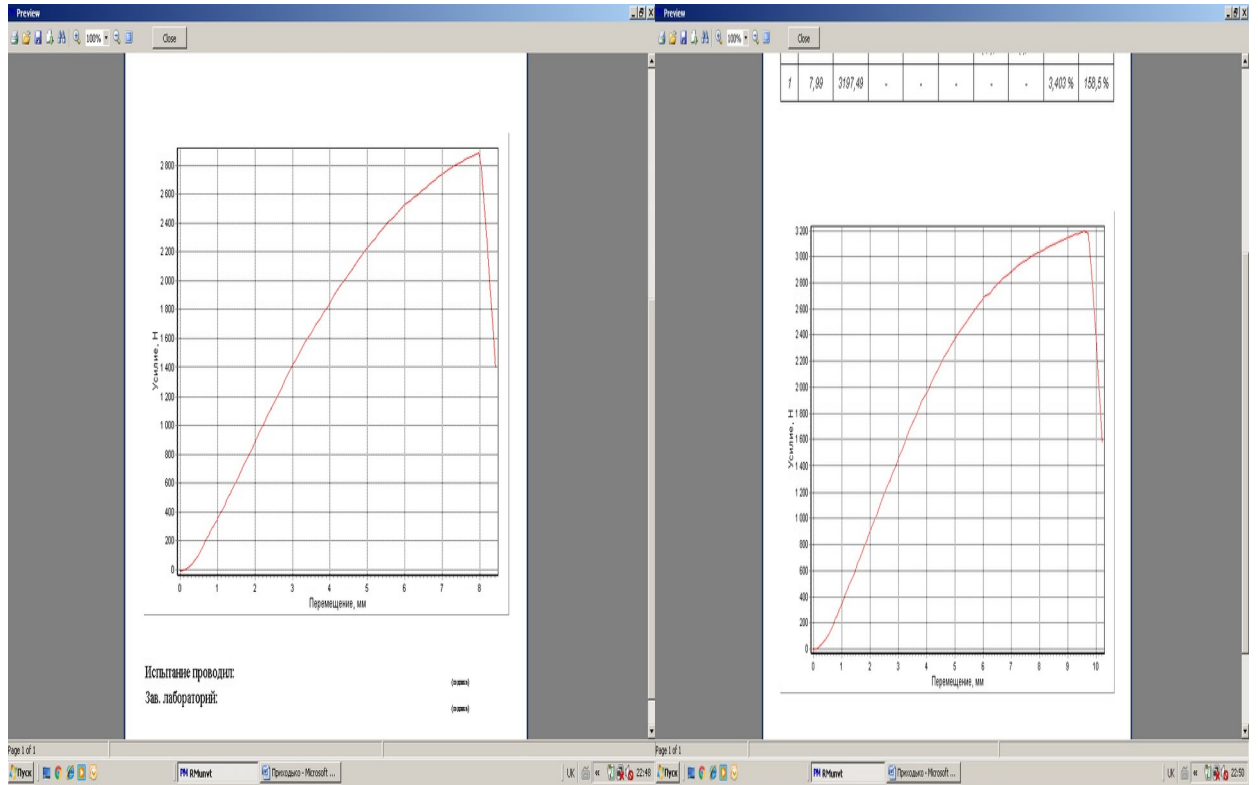
бук 31

бук 32

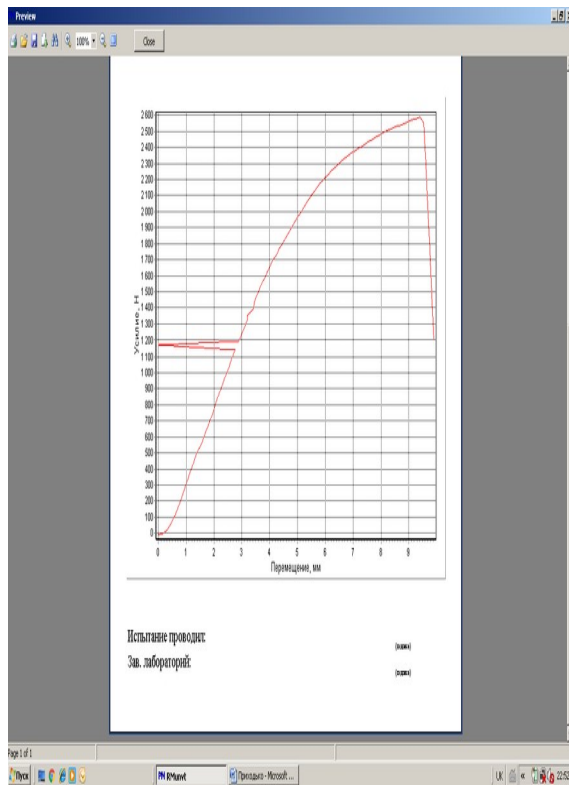


бук 33

бук 34



бук 35

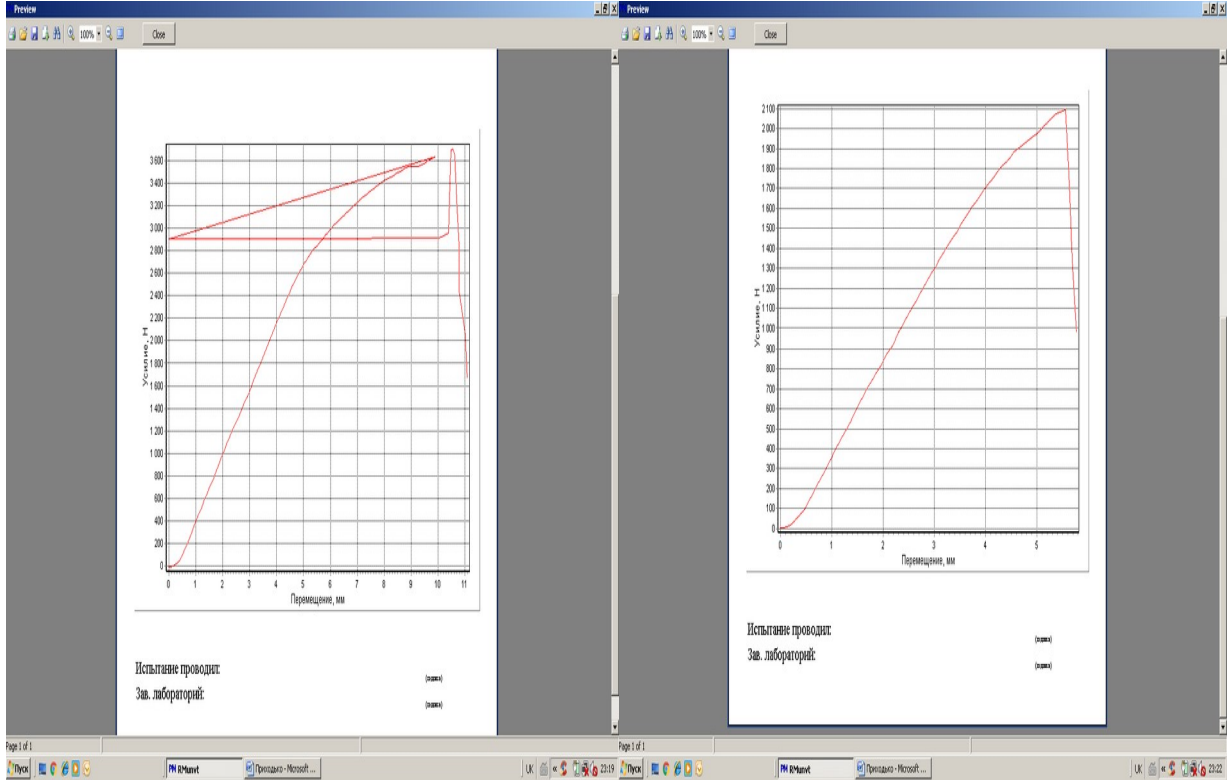


Додаток А.3

Графіки зміни міцності зразків деревини ясен при випробування на статичний згин

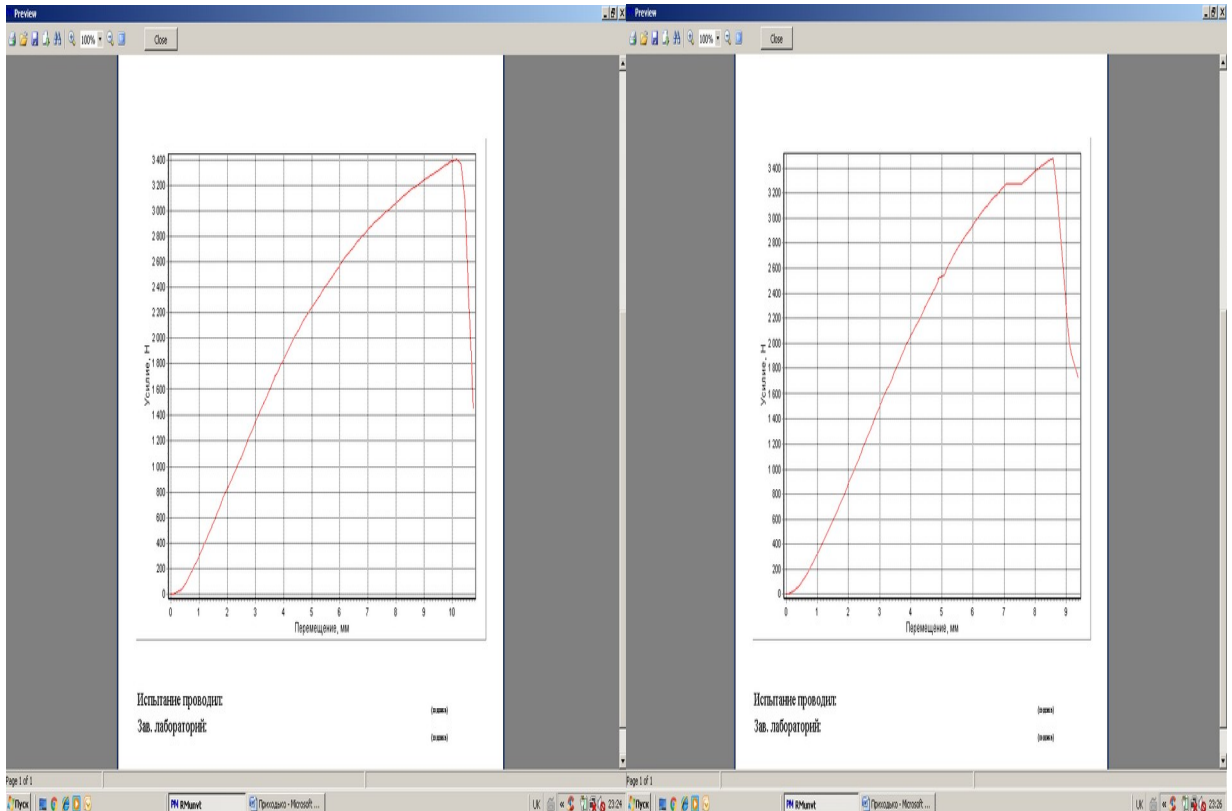
ясен 1

ясен 2

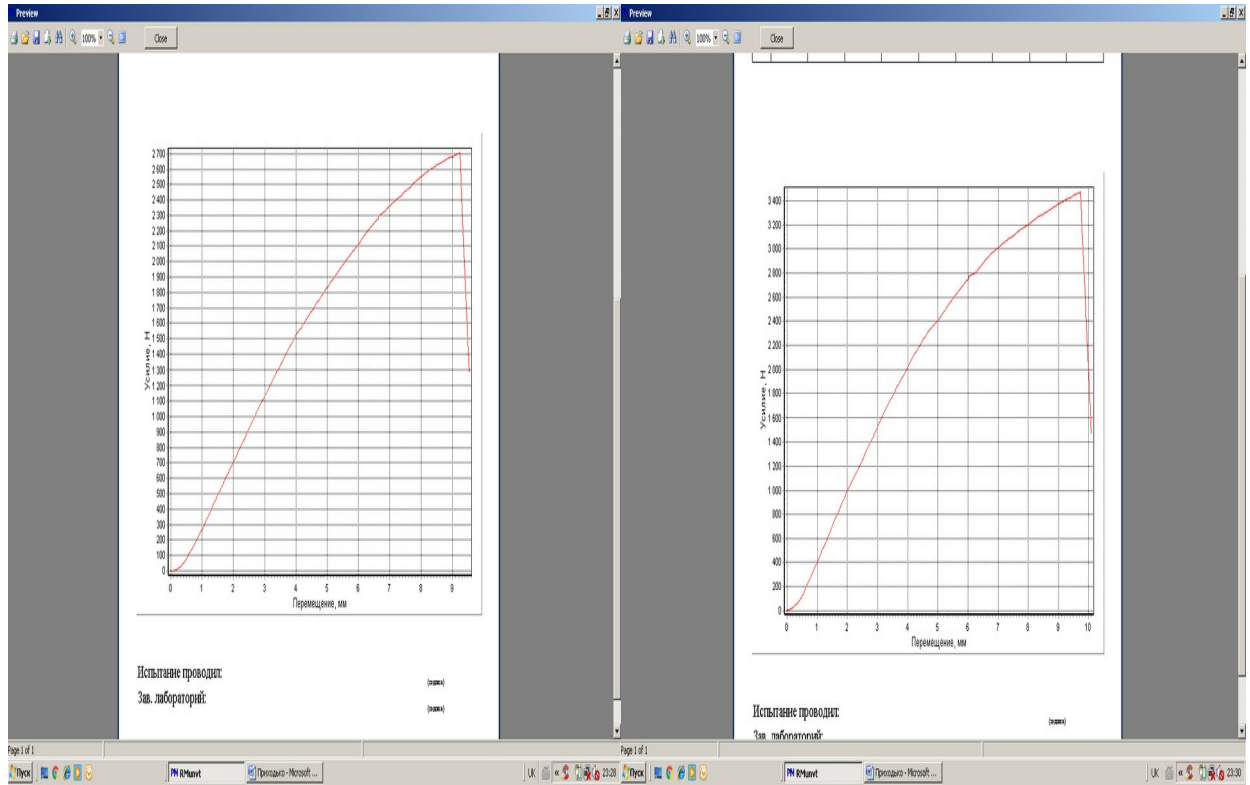


ясен 3

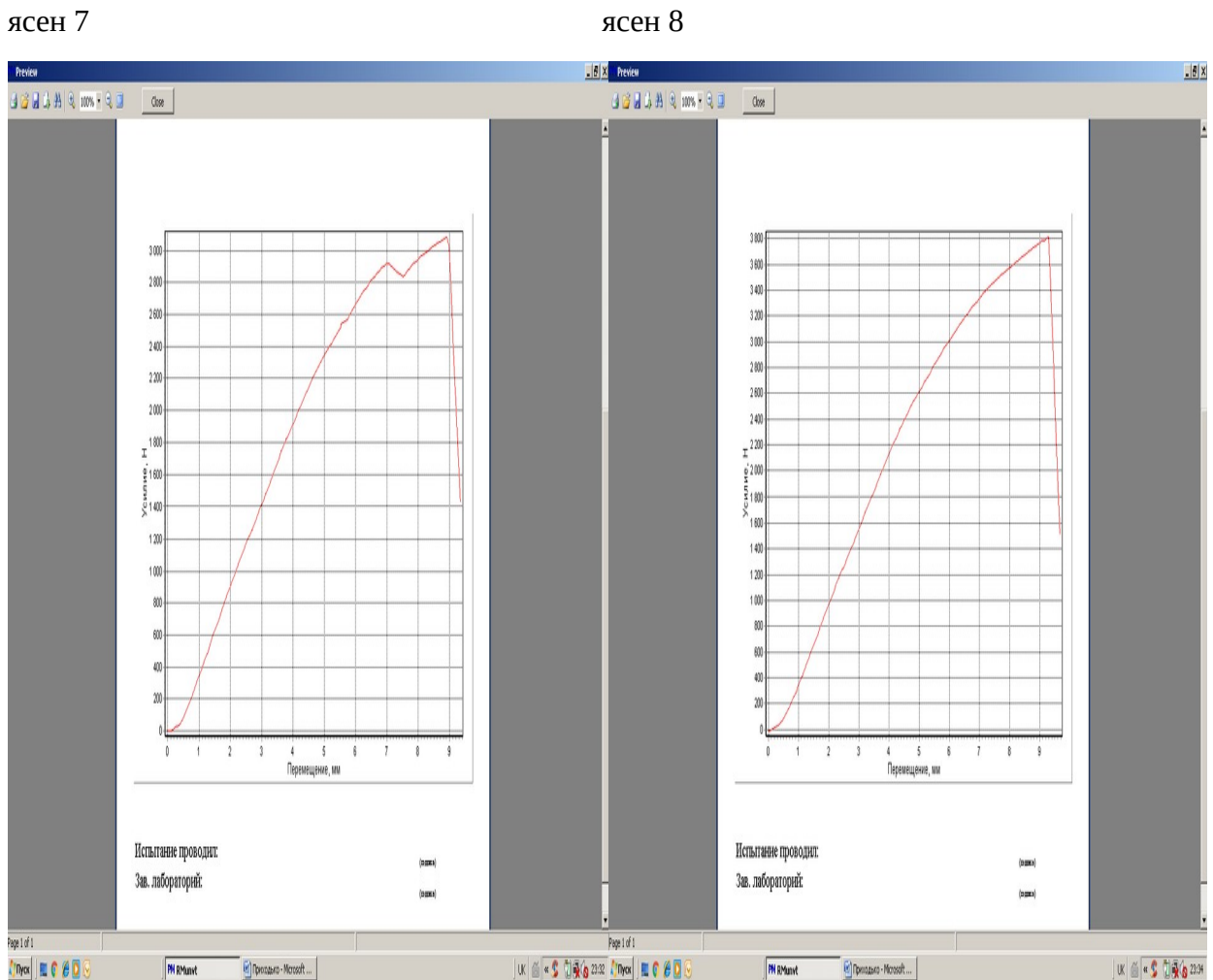
ясен 4



ясен 5

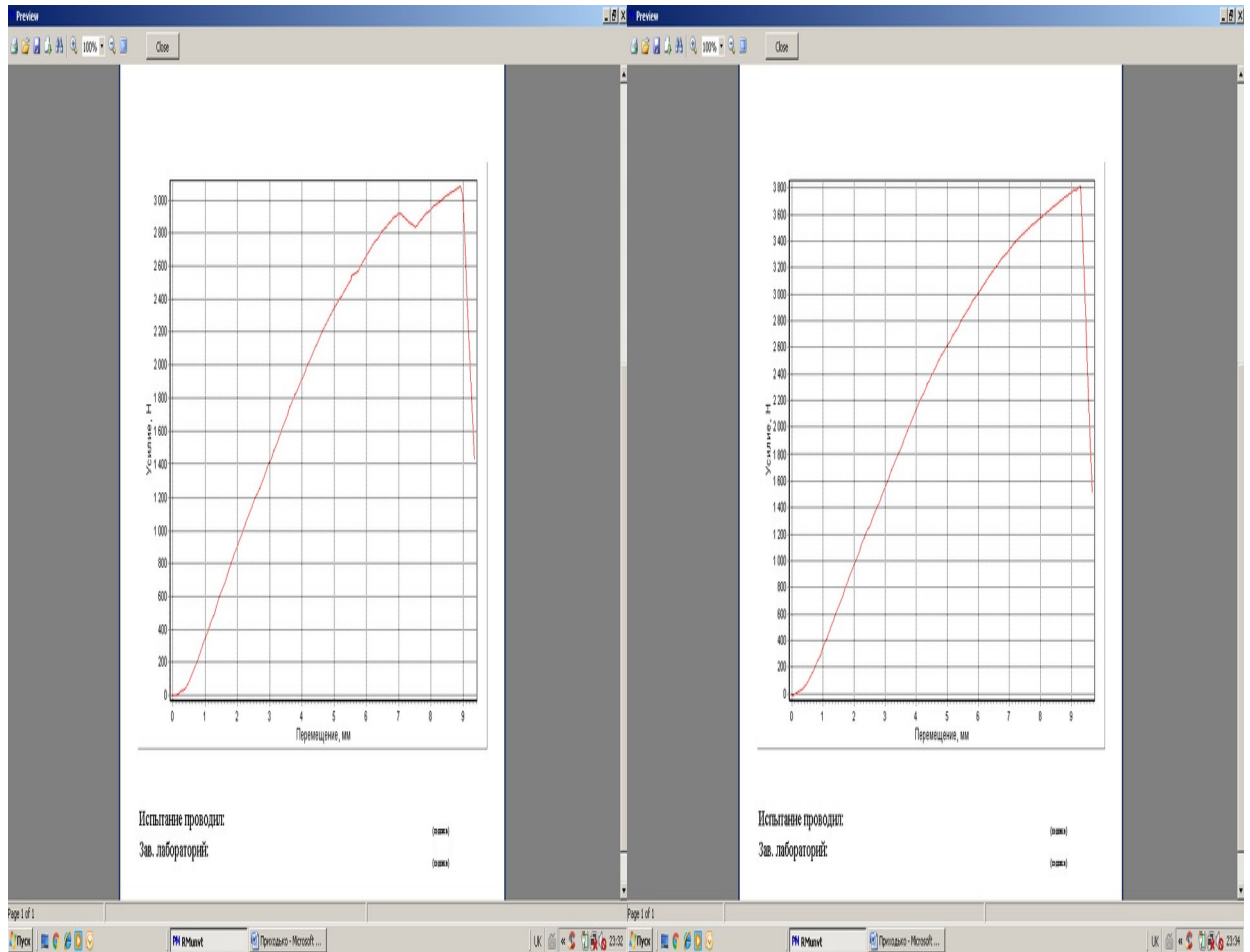


ясен 6



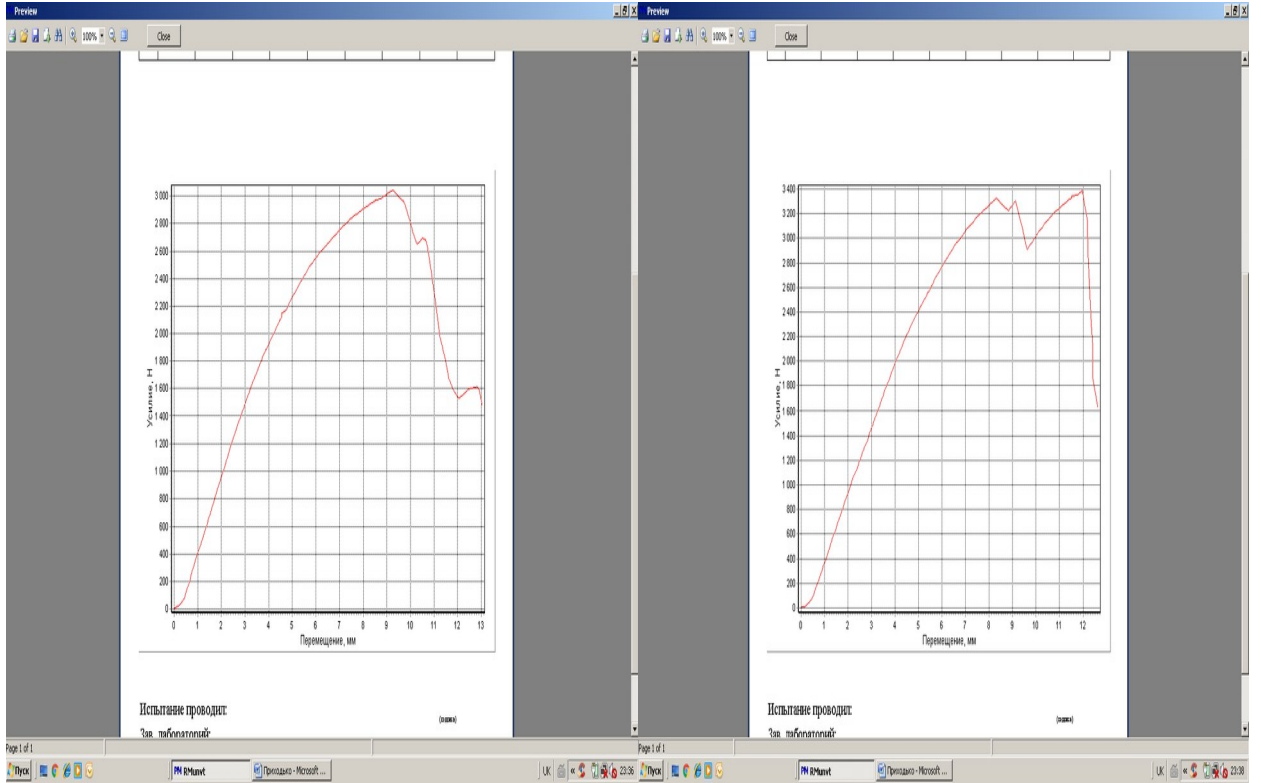
ясен 7

ясен 8



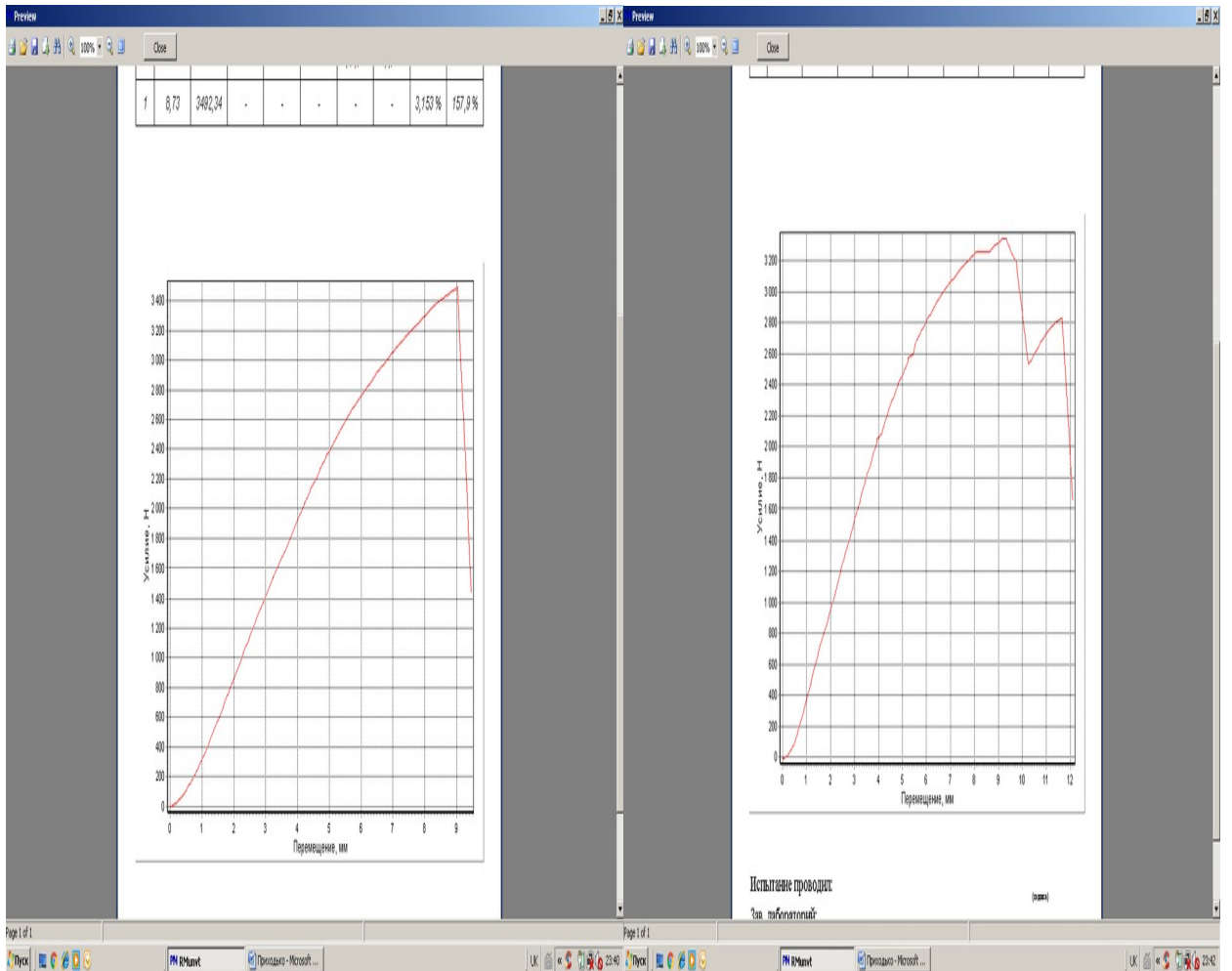
ясен 9

ясен 10

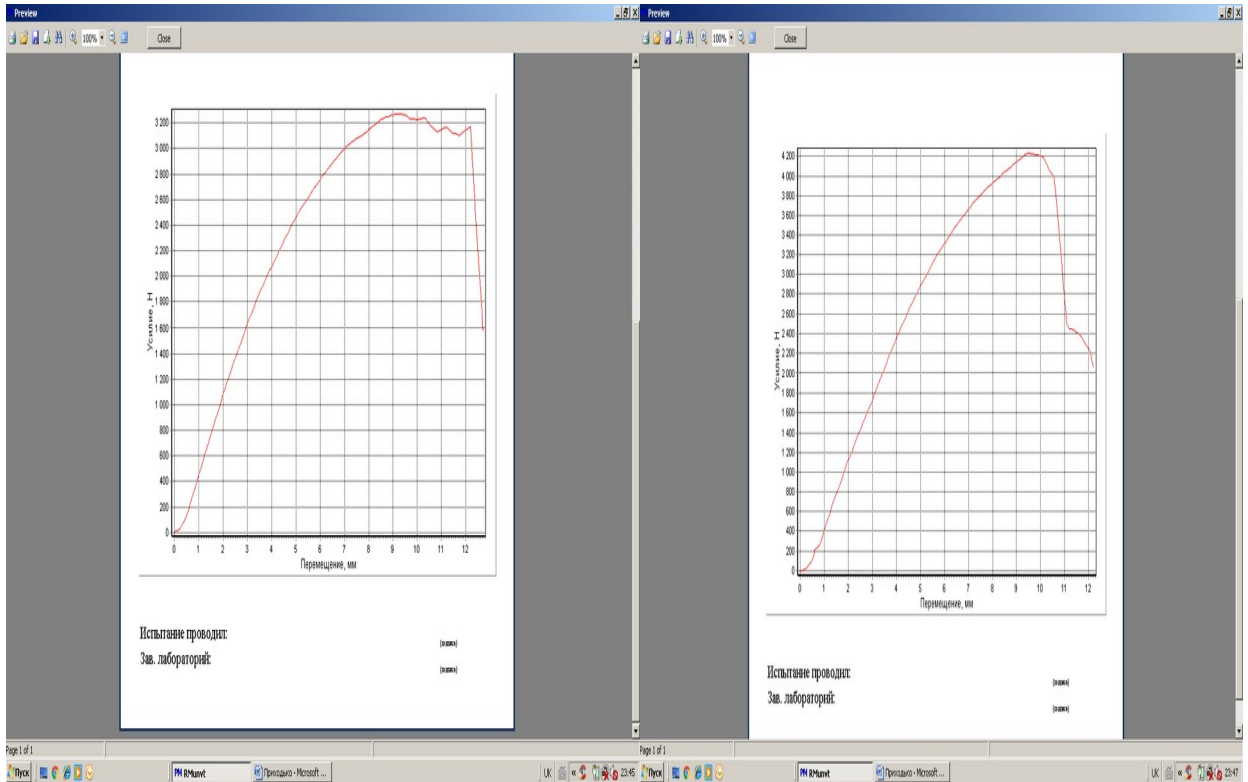


ясен 11

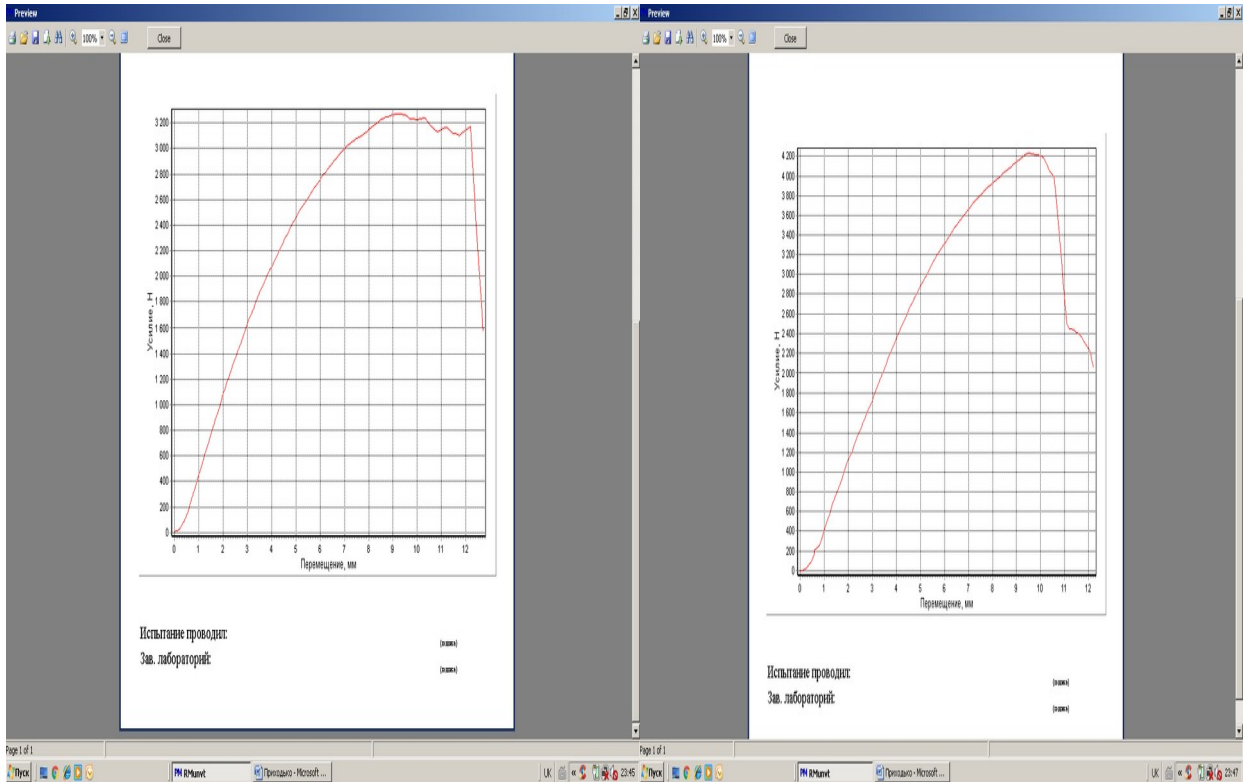
ясен 12



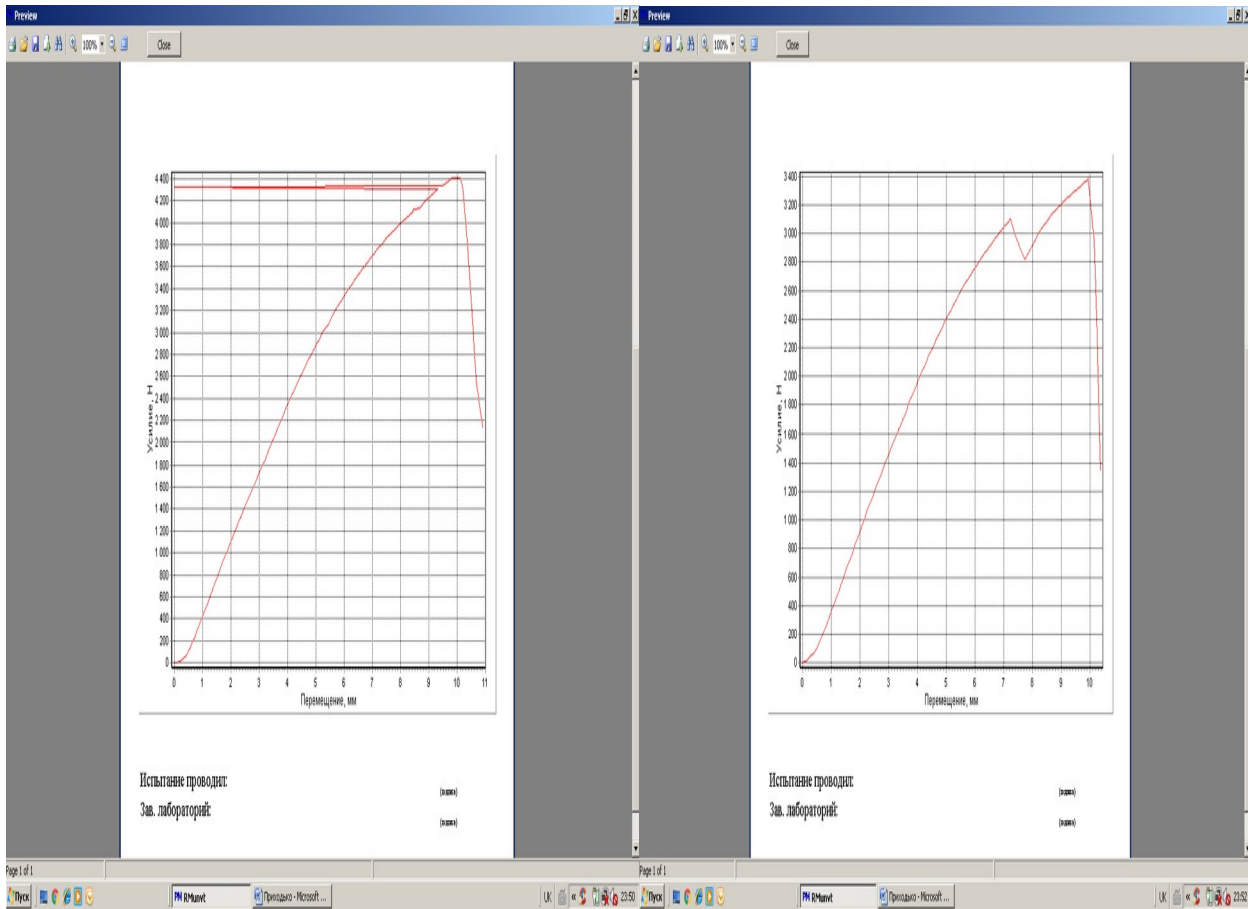
ясен 13



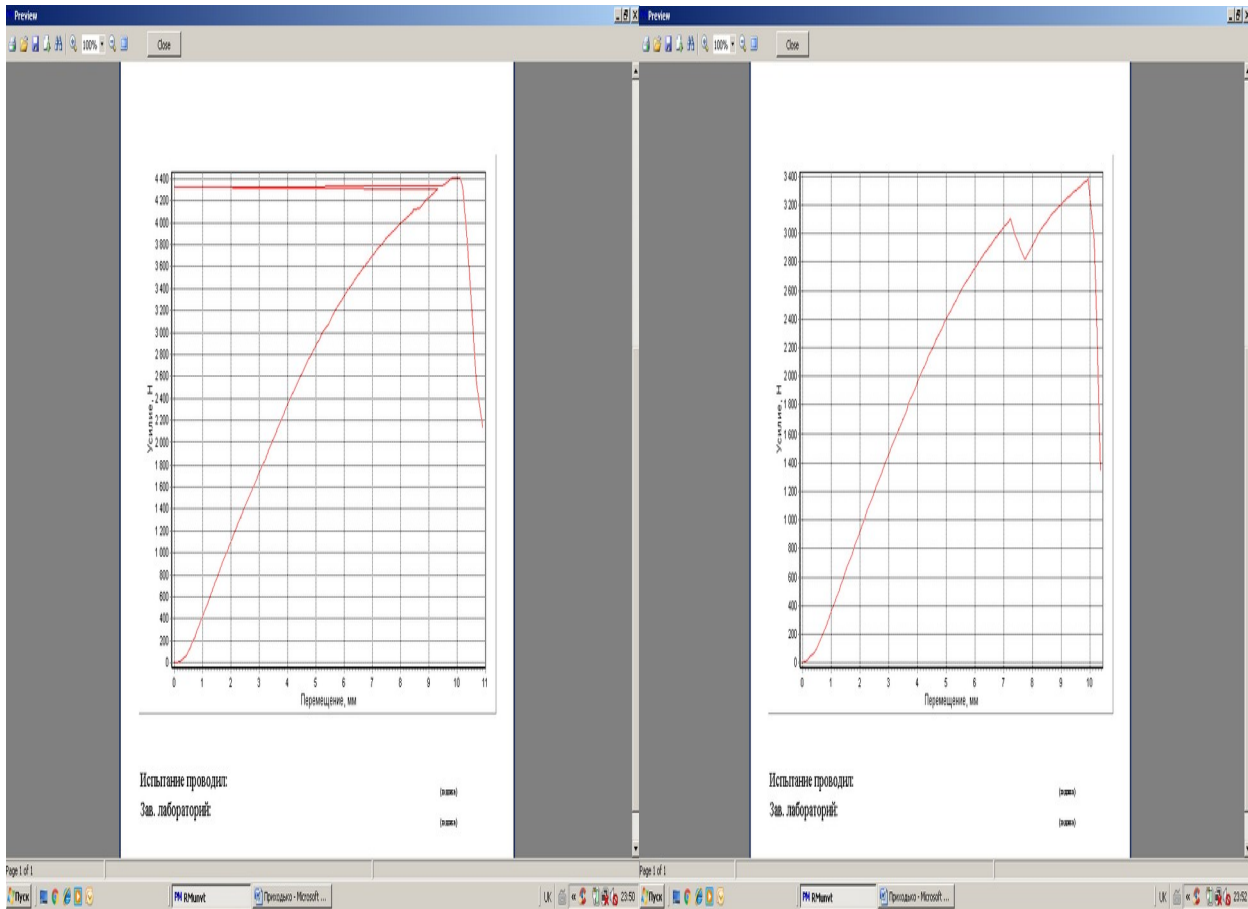
ясен 14



ясен 15

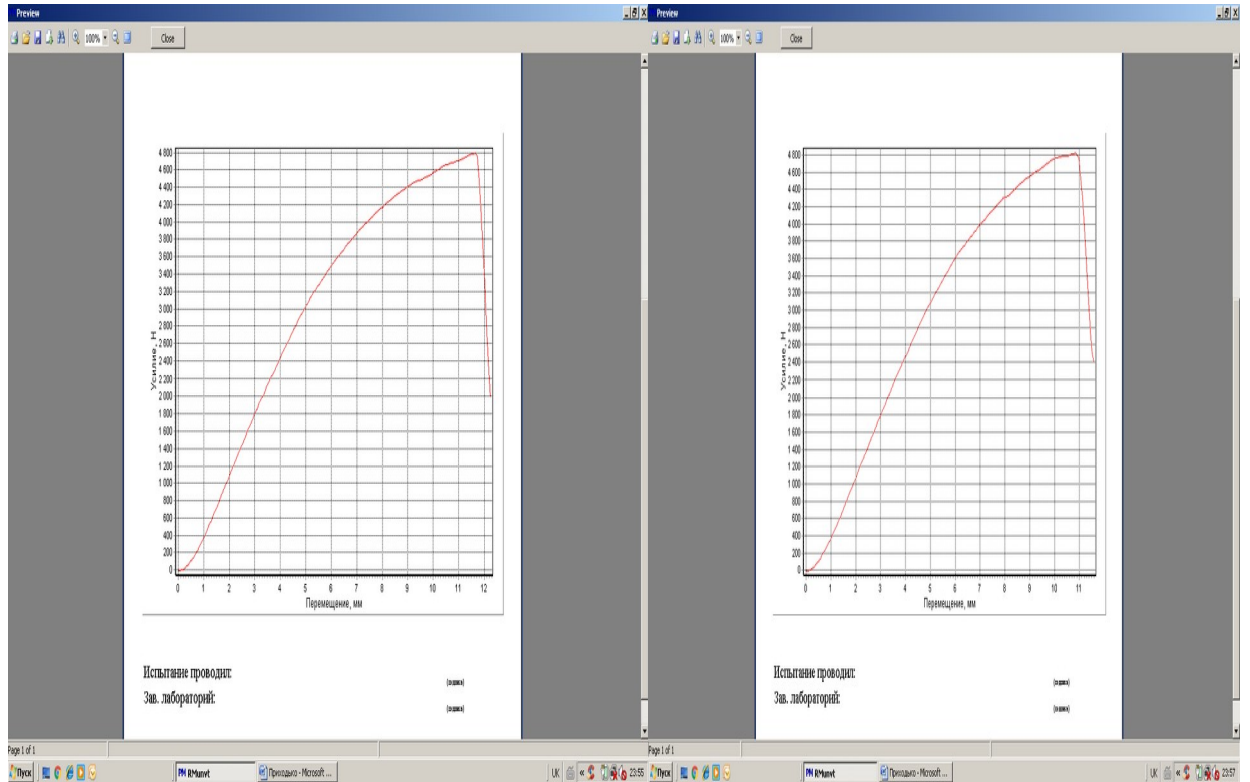


ясен 16



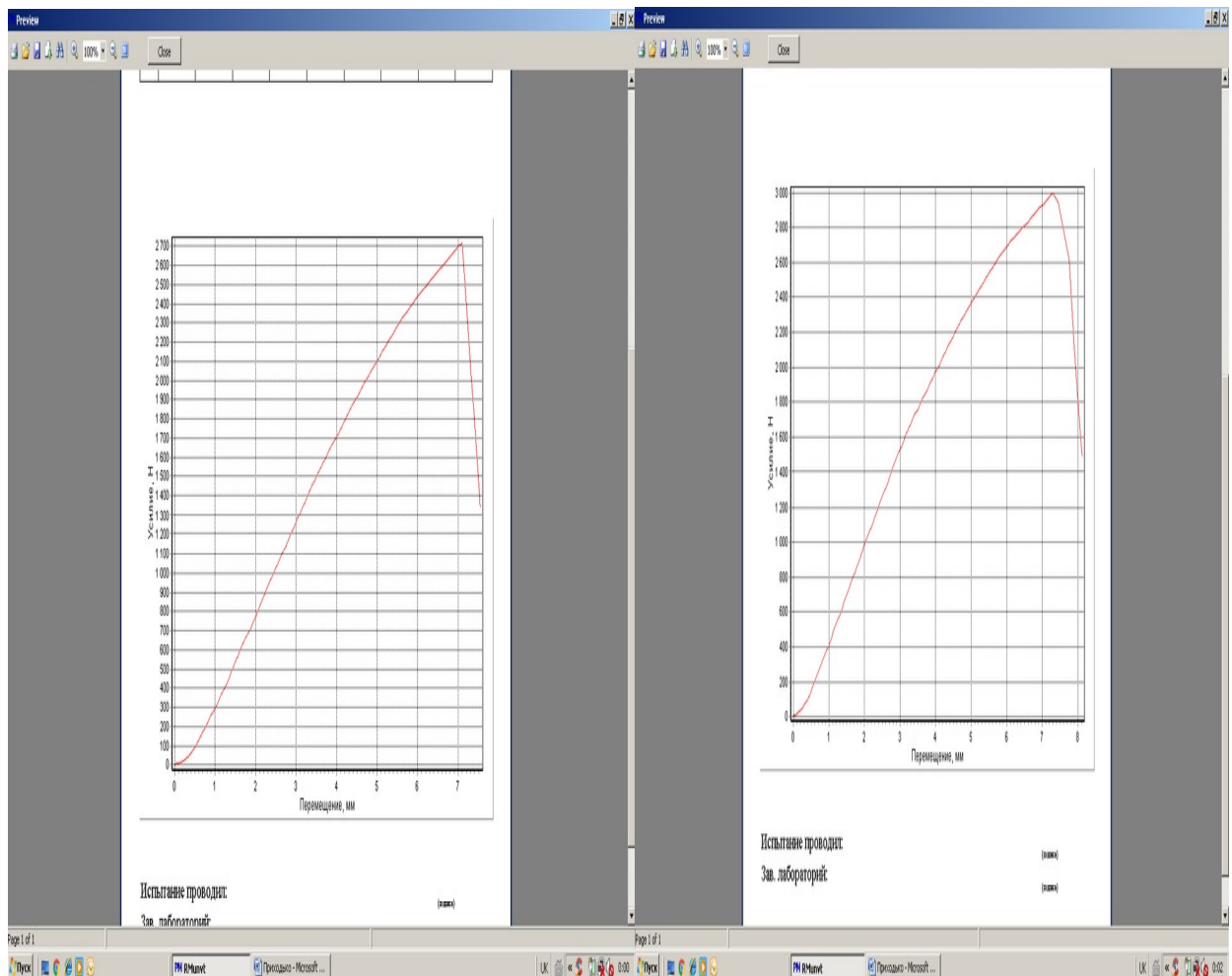
ясен 17

ясен 18



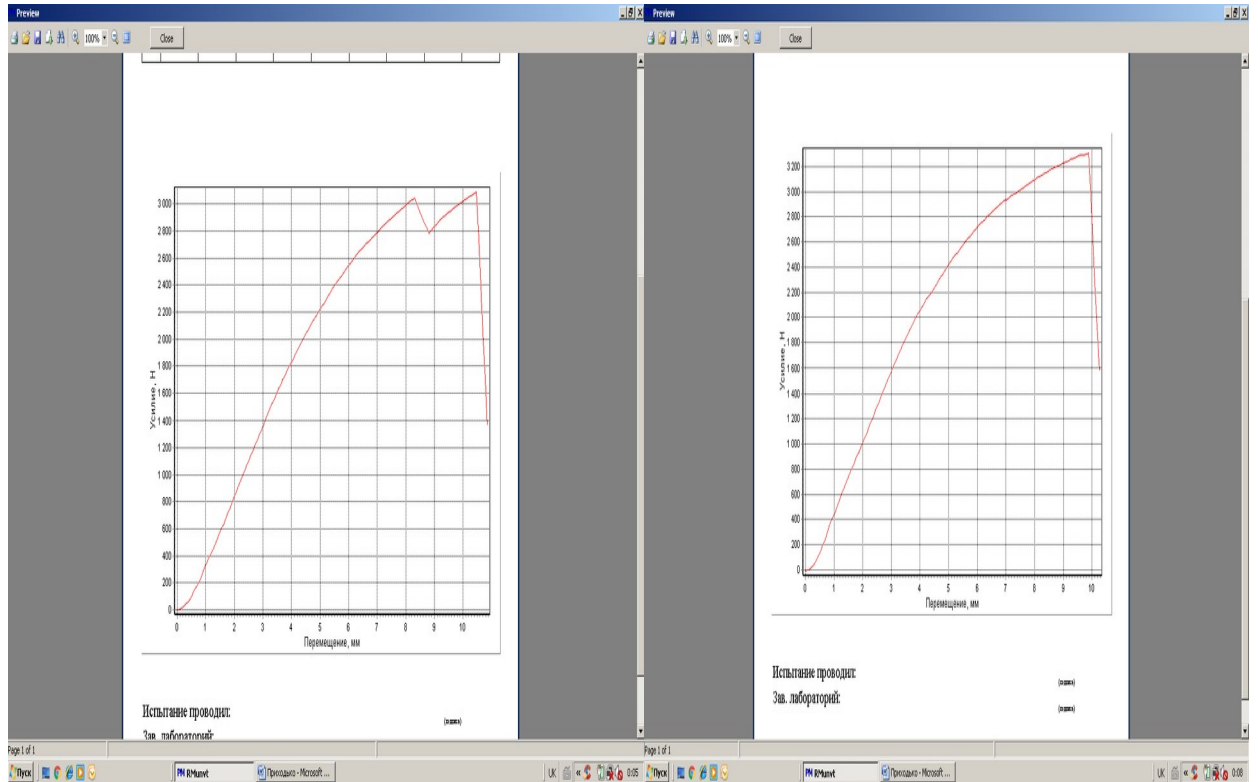
ясен 19

ясен 20



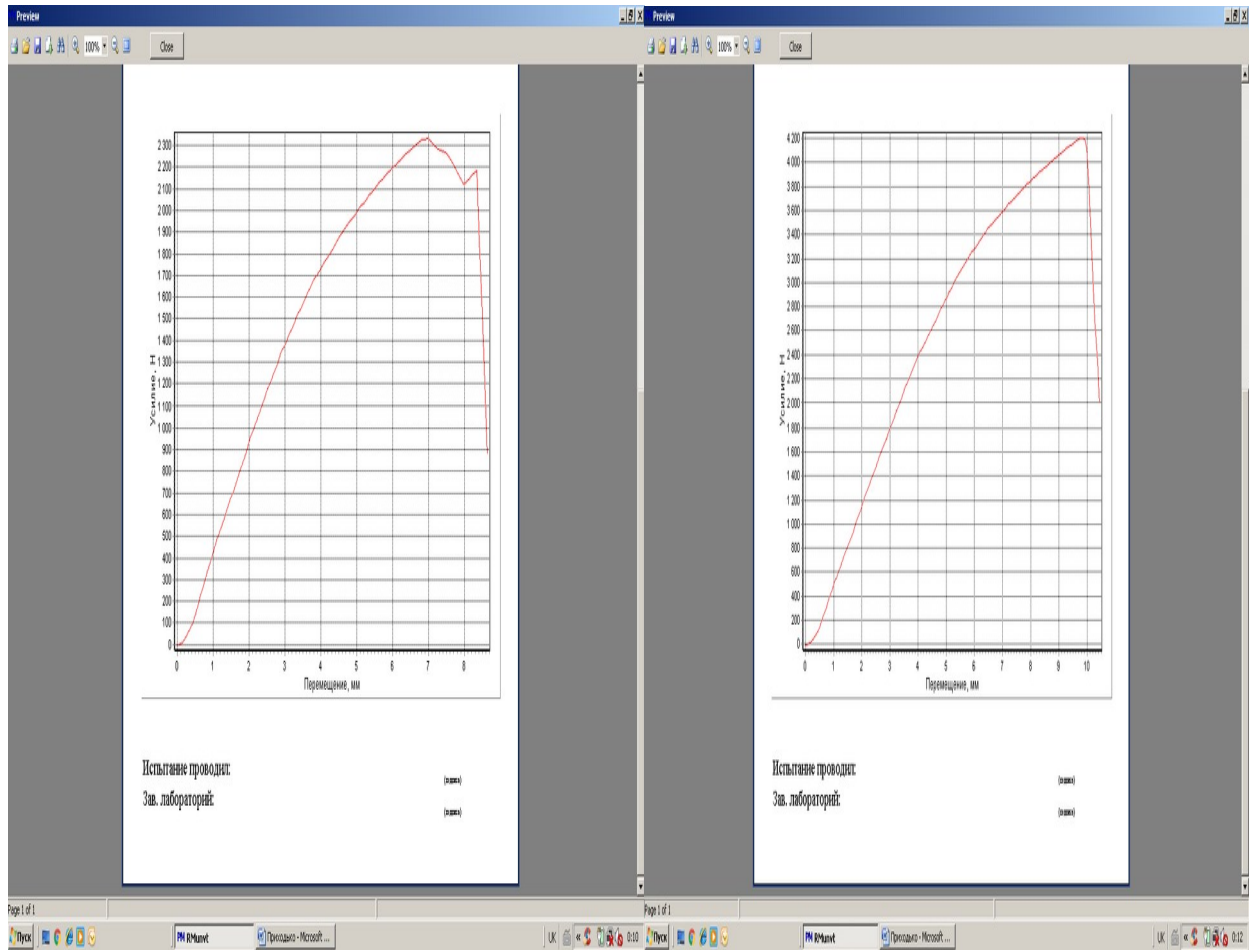
ясен 21

ясен 22

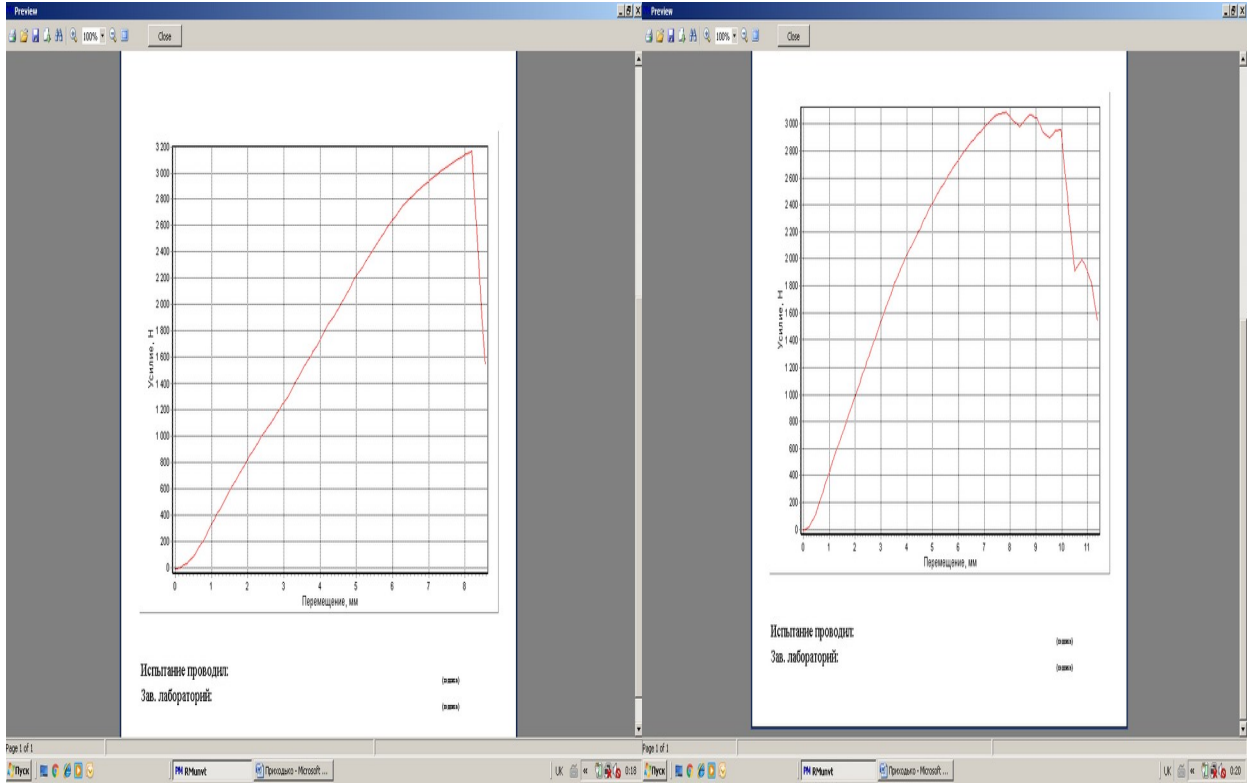


ясен 23

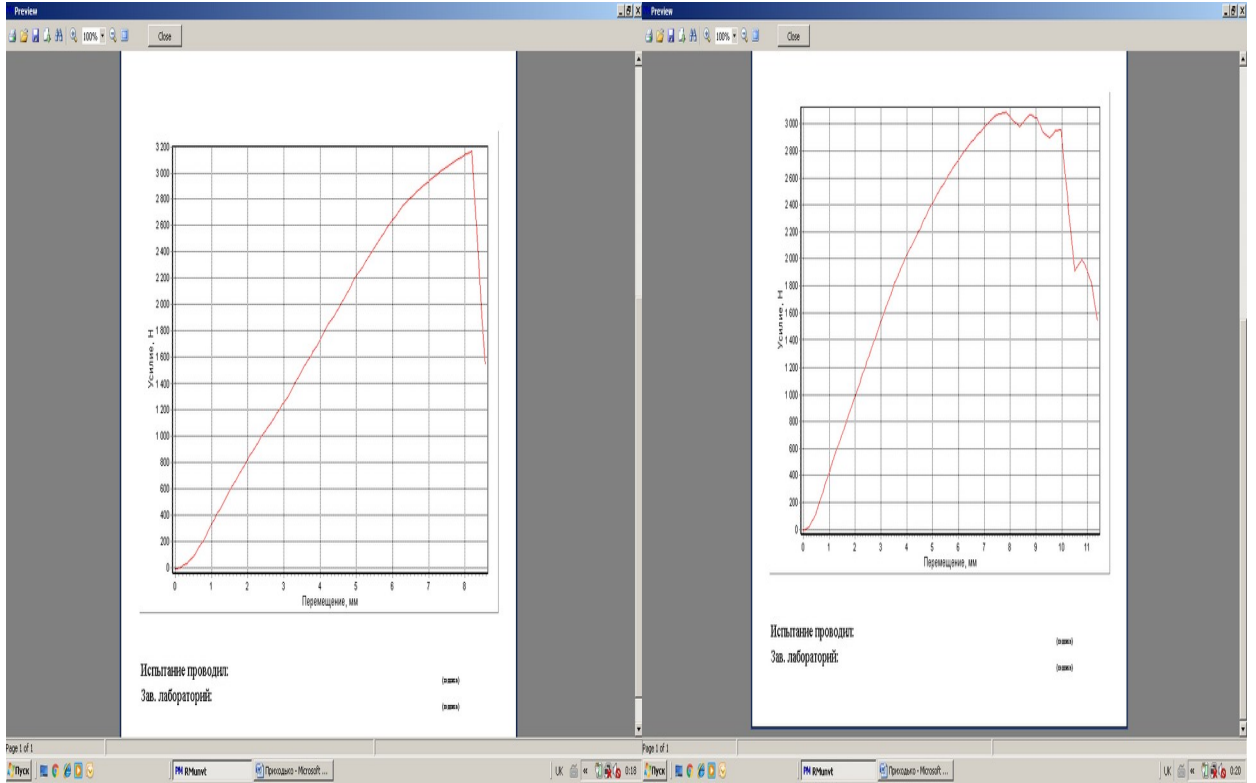
ясен 24



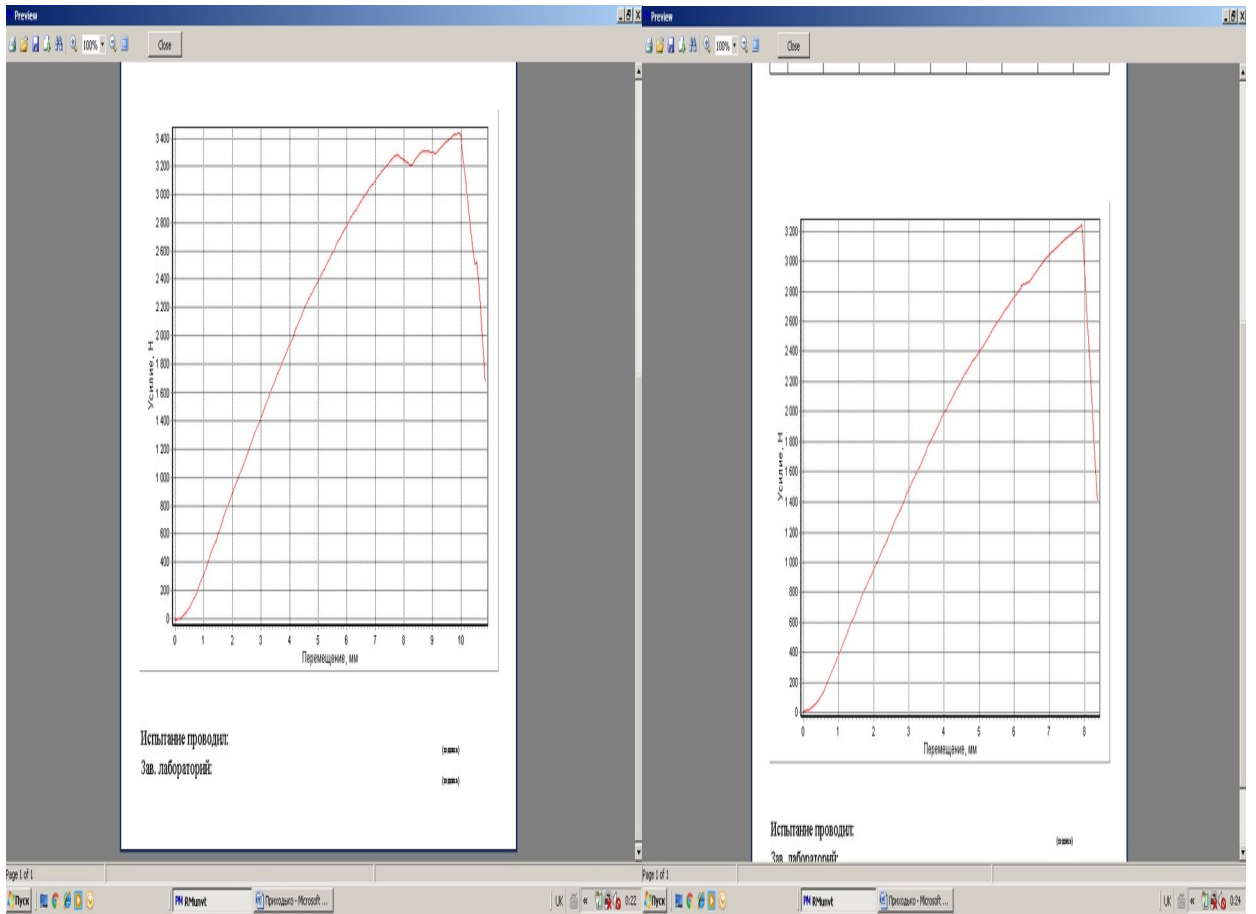
ясен 25



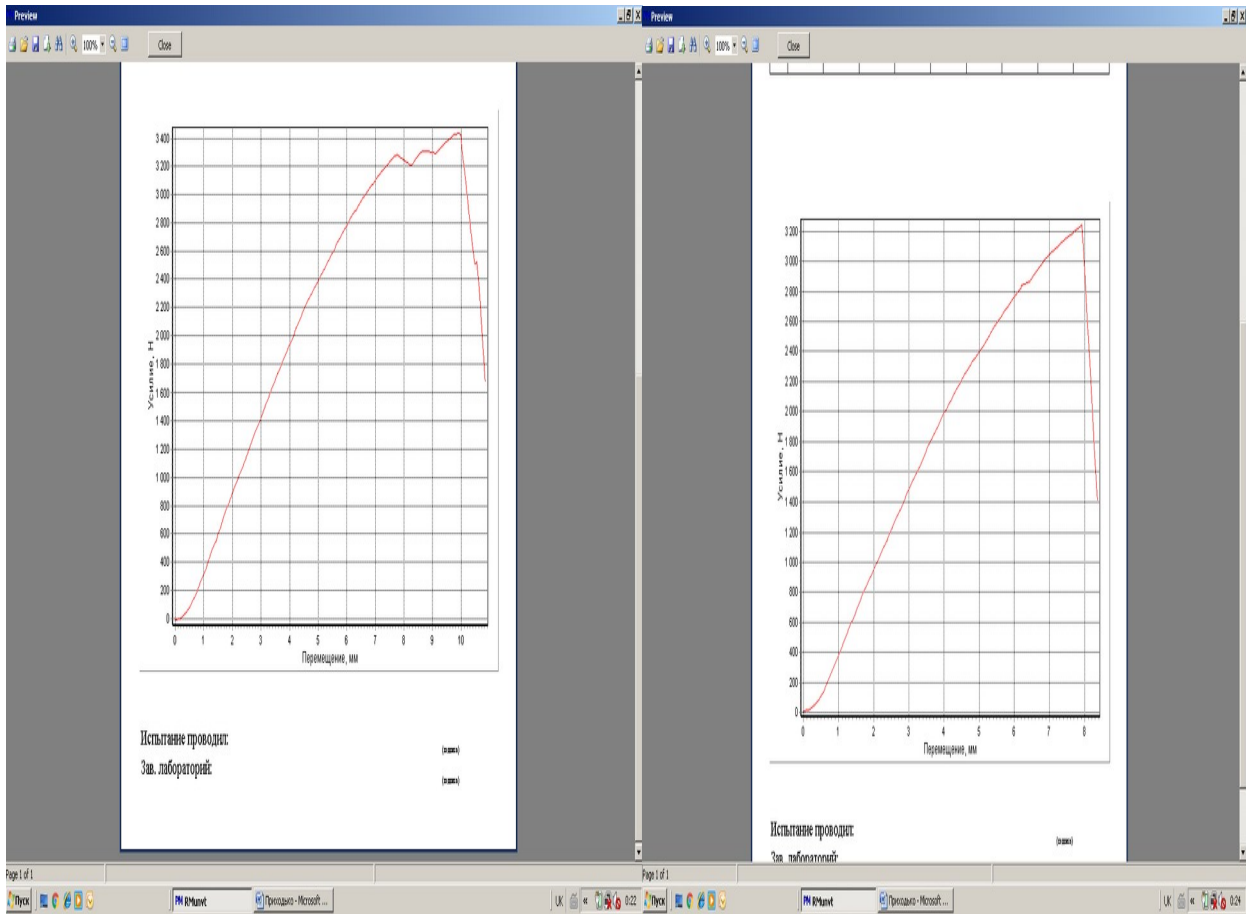
ясен 26



ясен 27

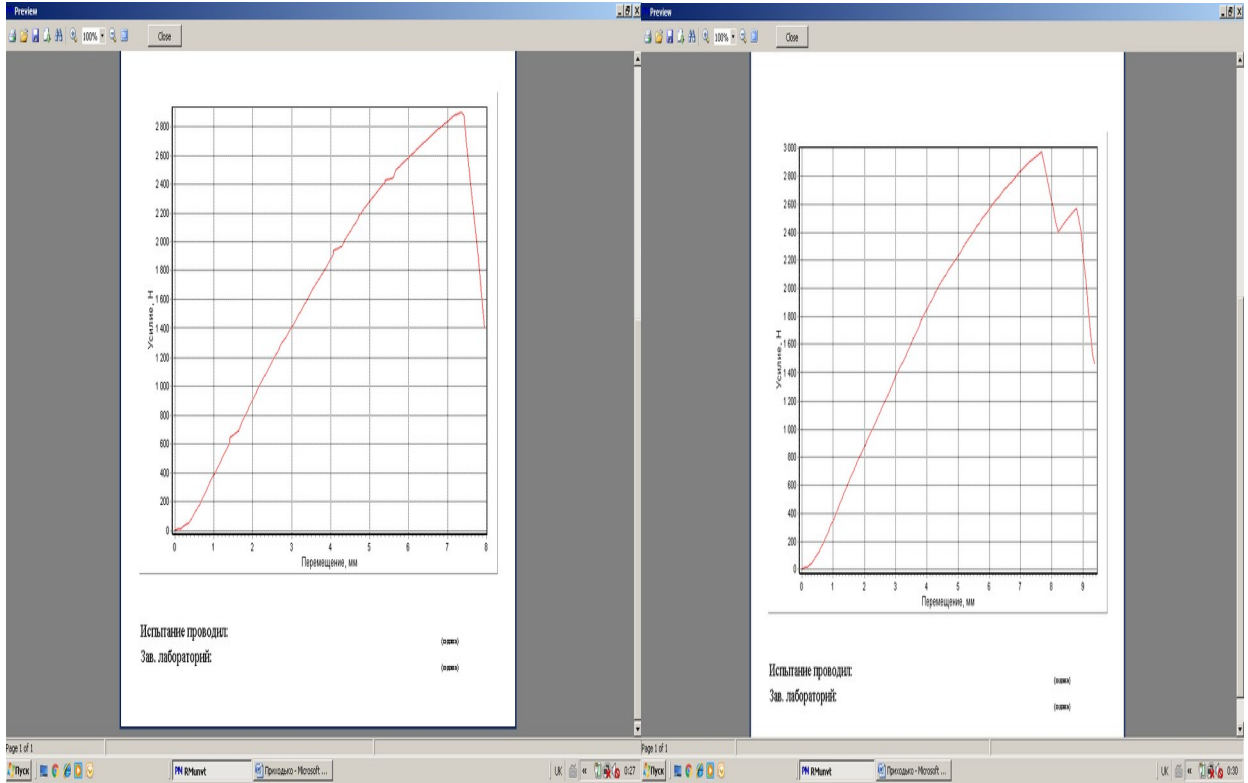


ясен 28



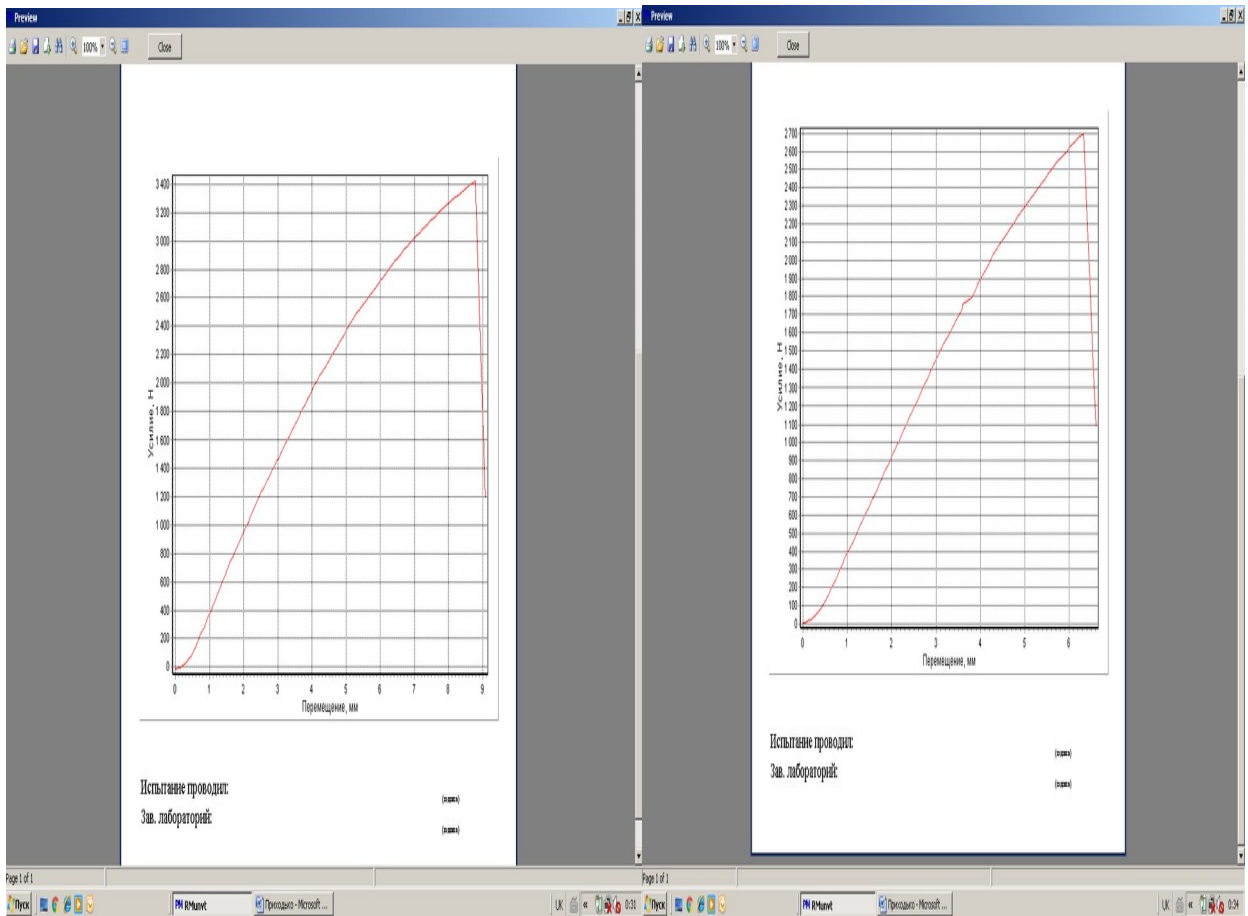
ясен 29

ясен 30



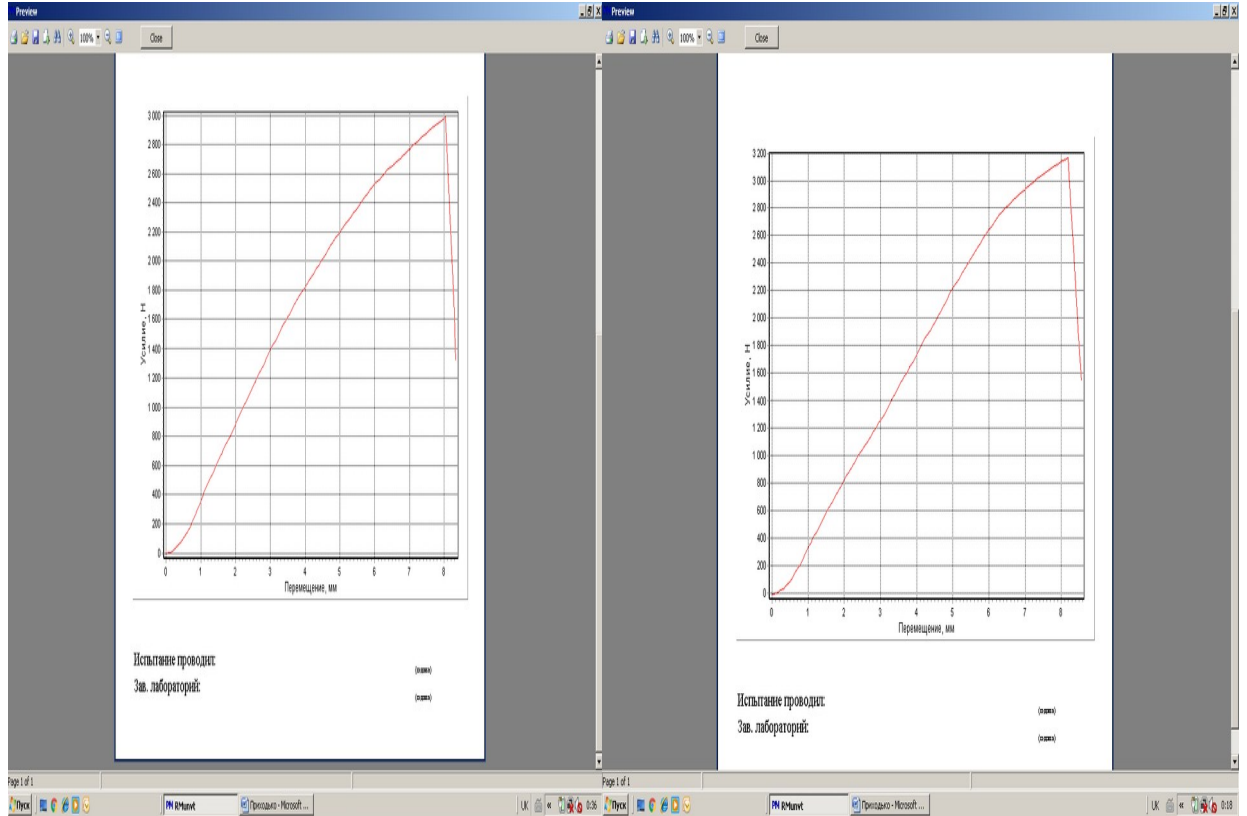
ясен 31

ясен 32

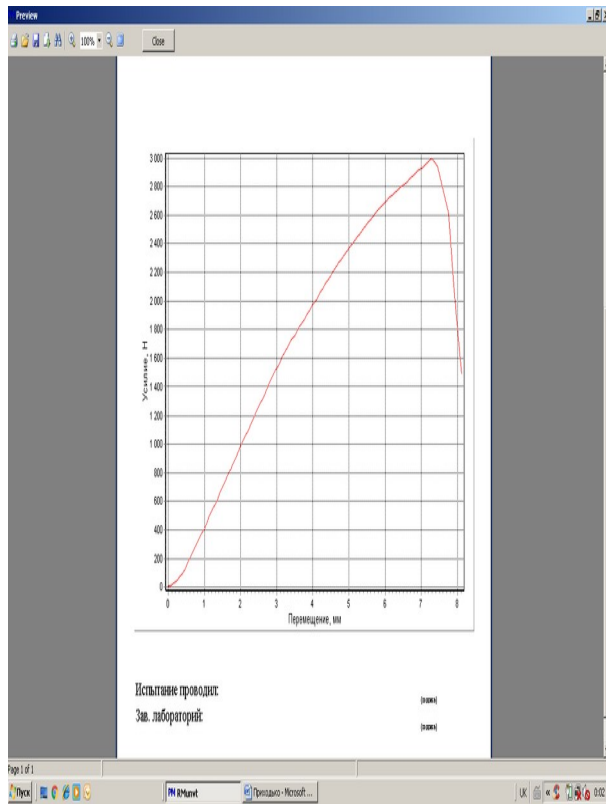


ясен 33

ясен 34



ясен 35

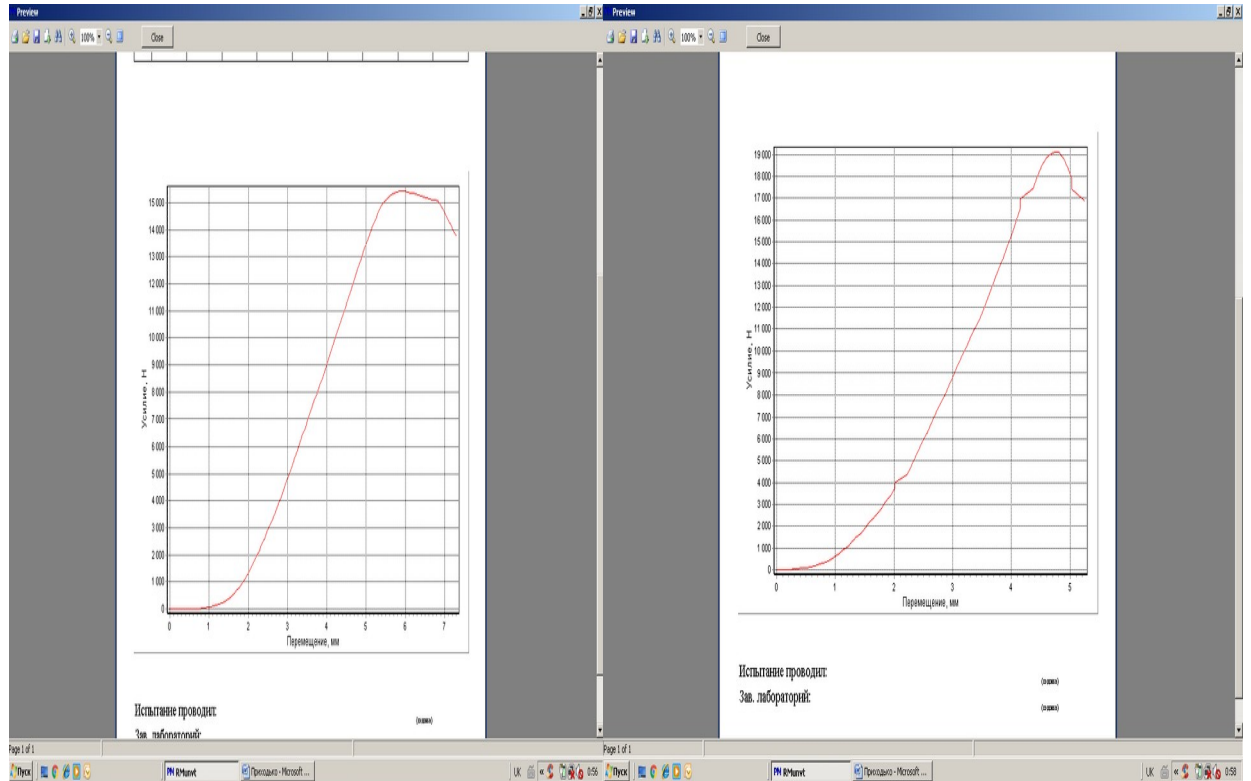


Додаток Б.1

Графіки зміни міцності зразків деревини осики при випробування на стиск уздовж волокон

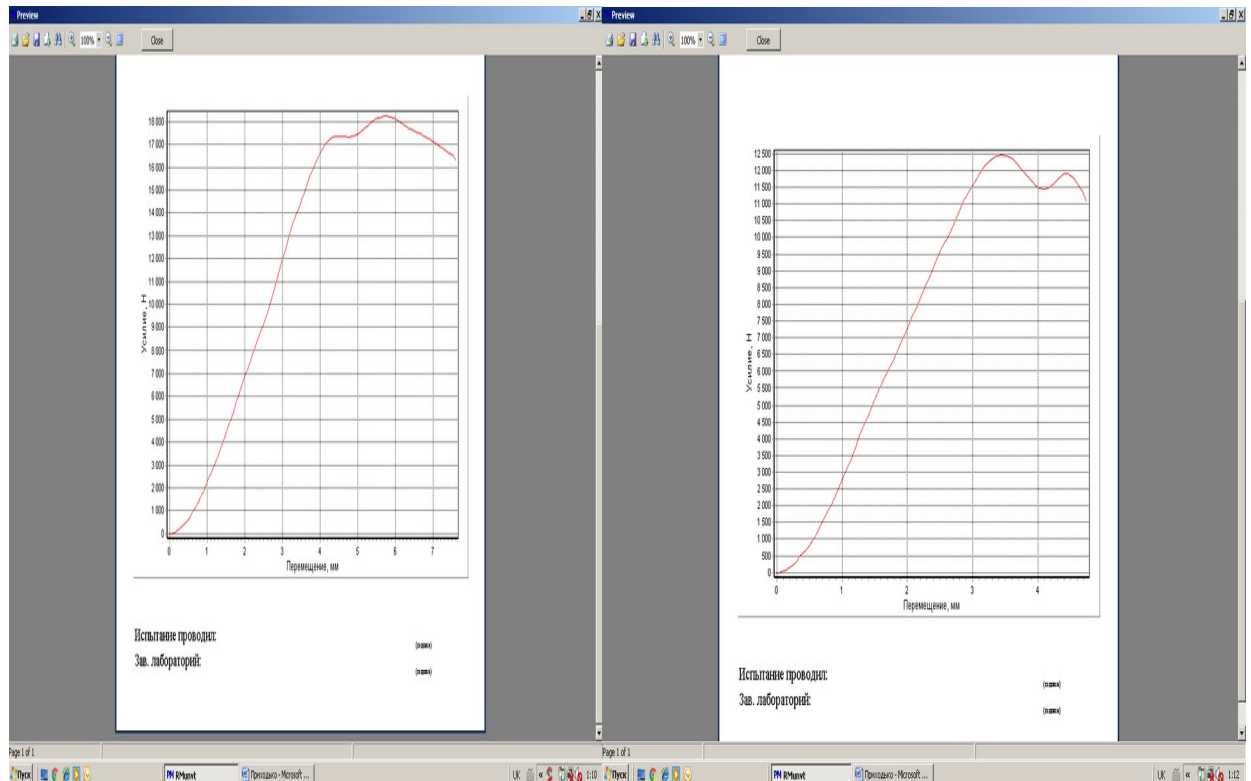
осика 1

осика 2

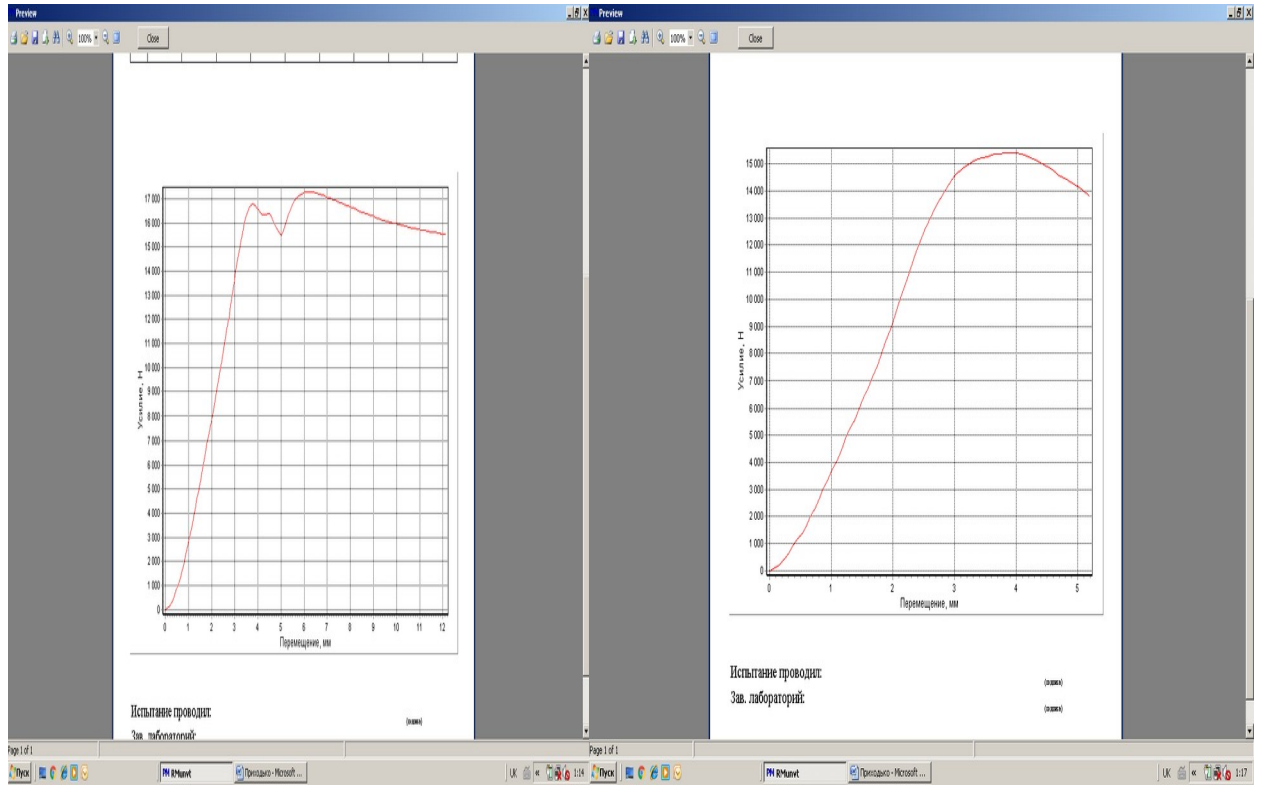


осика 3

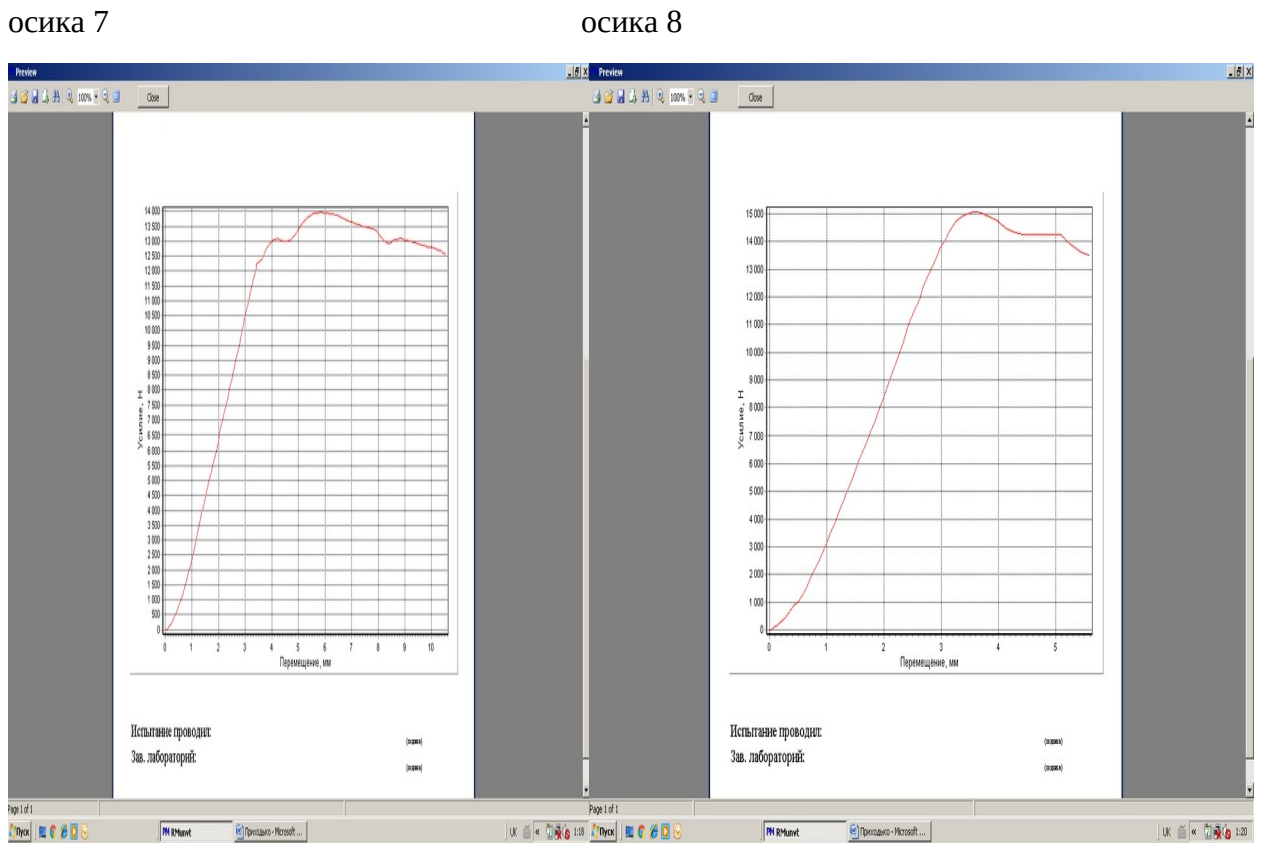
осика 4



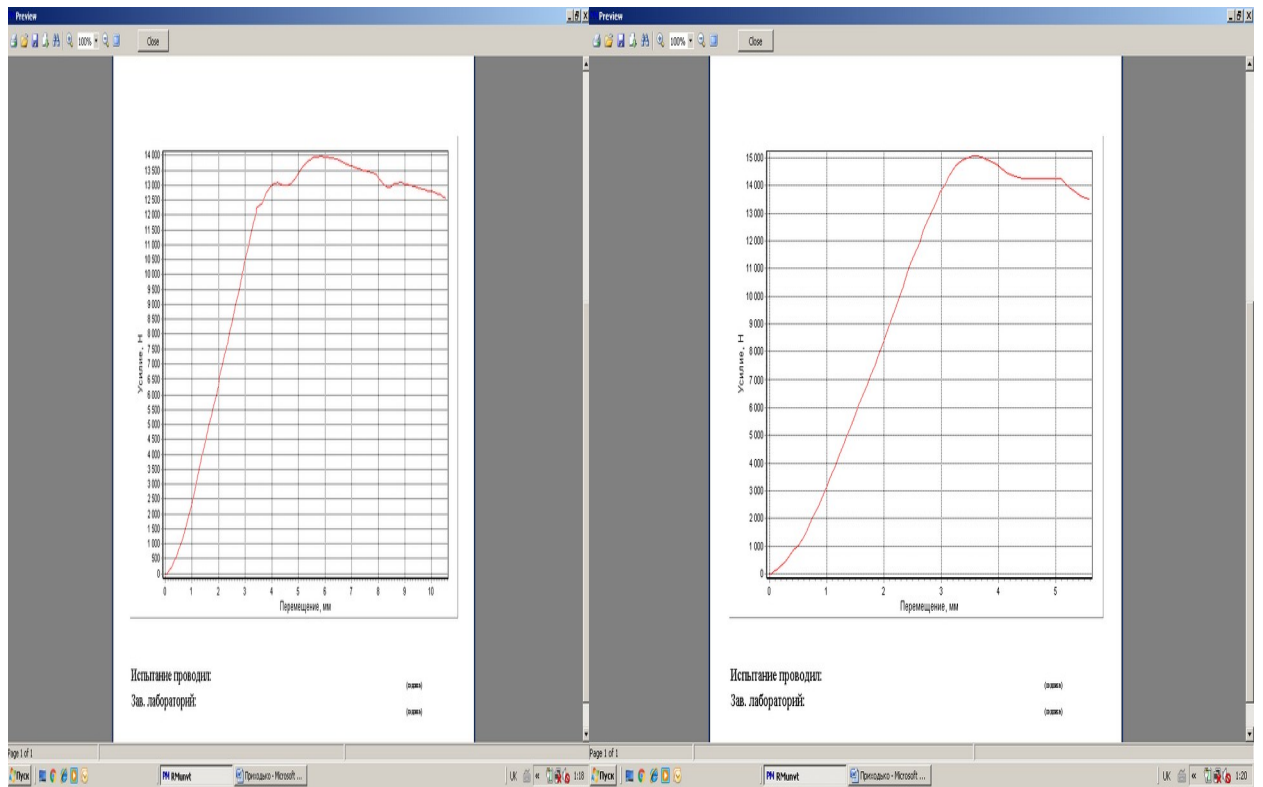
осика 5



осика 6



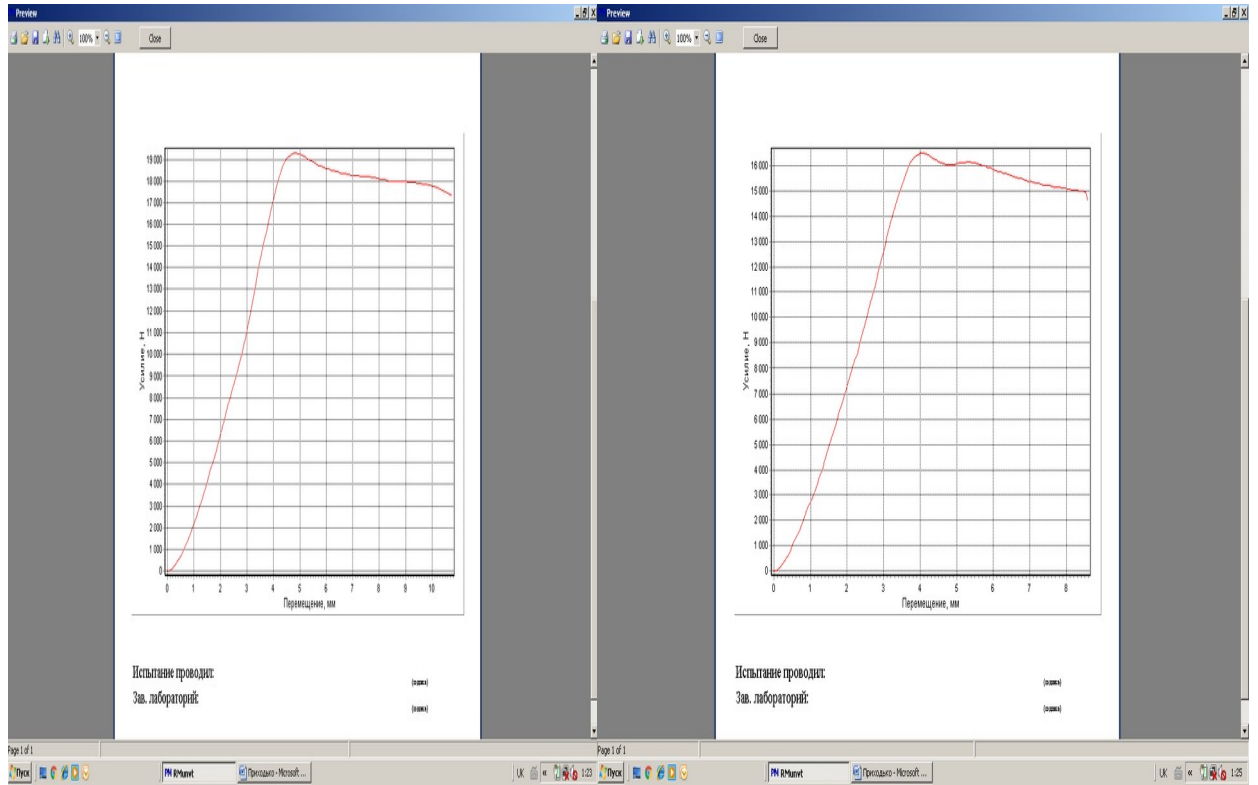
осика 7



осика 8

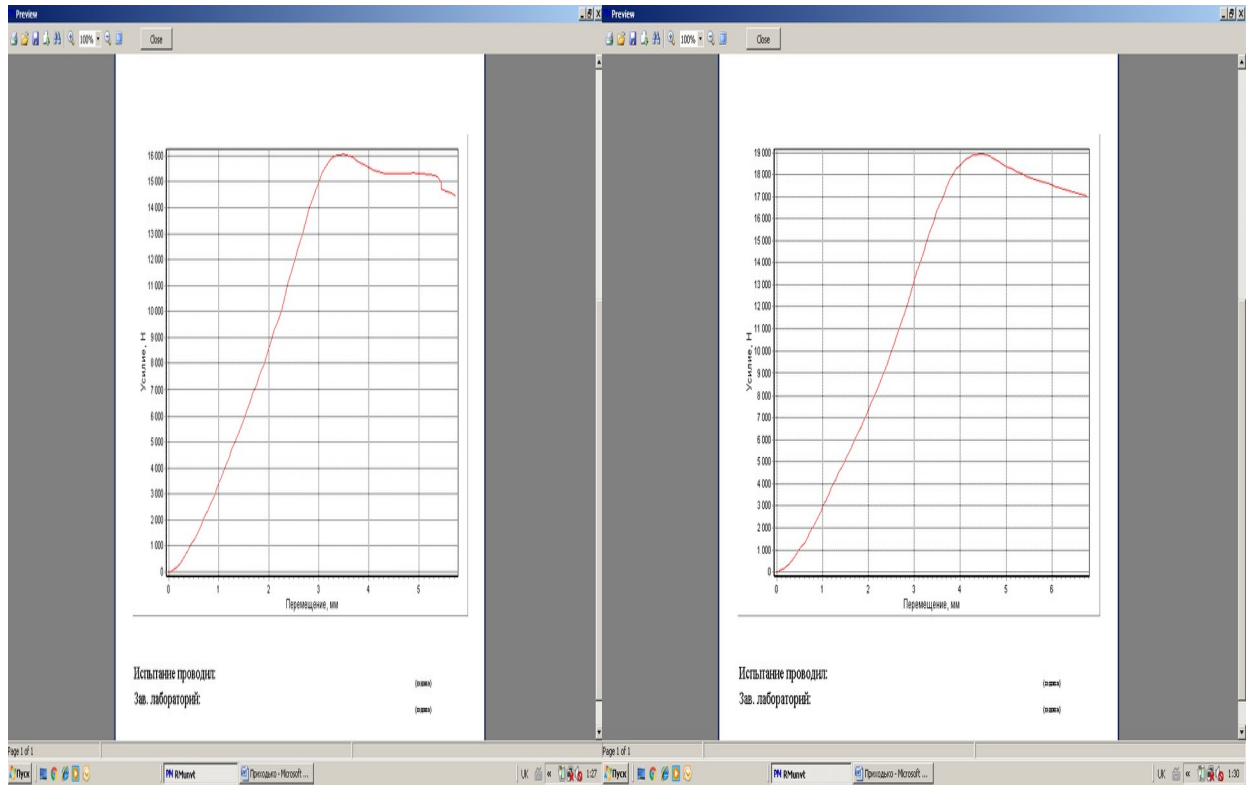
осика 9

осика 10



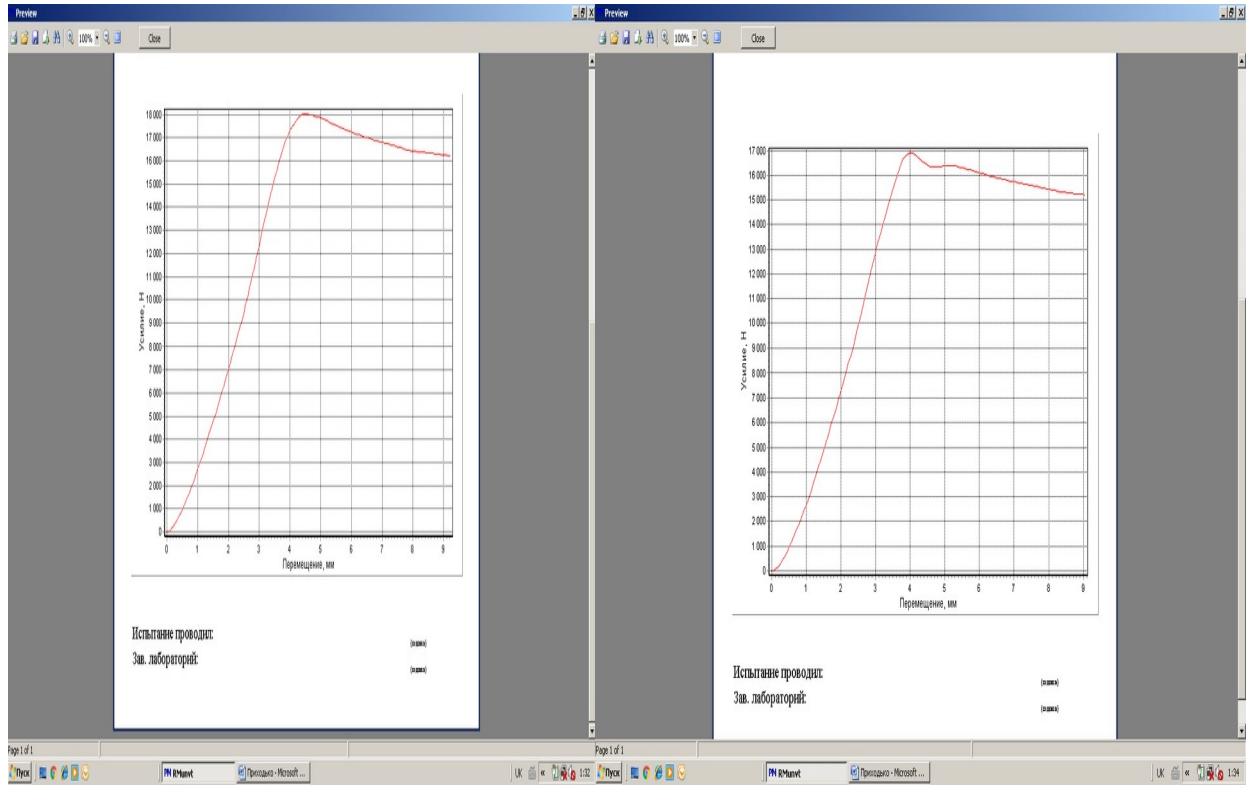
осика 11

осика 12



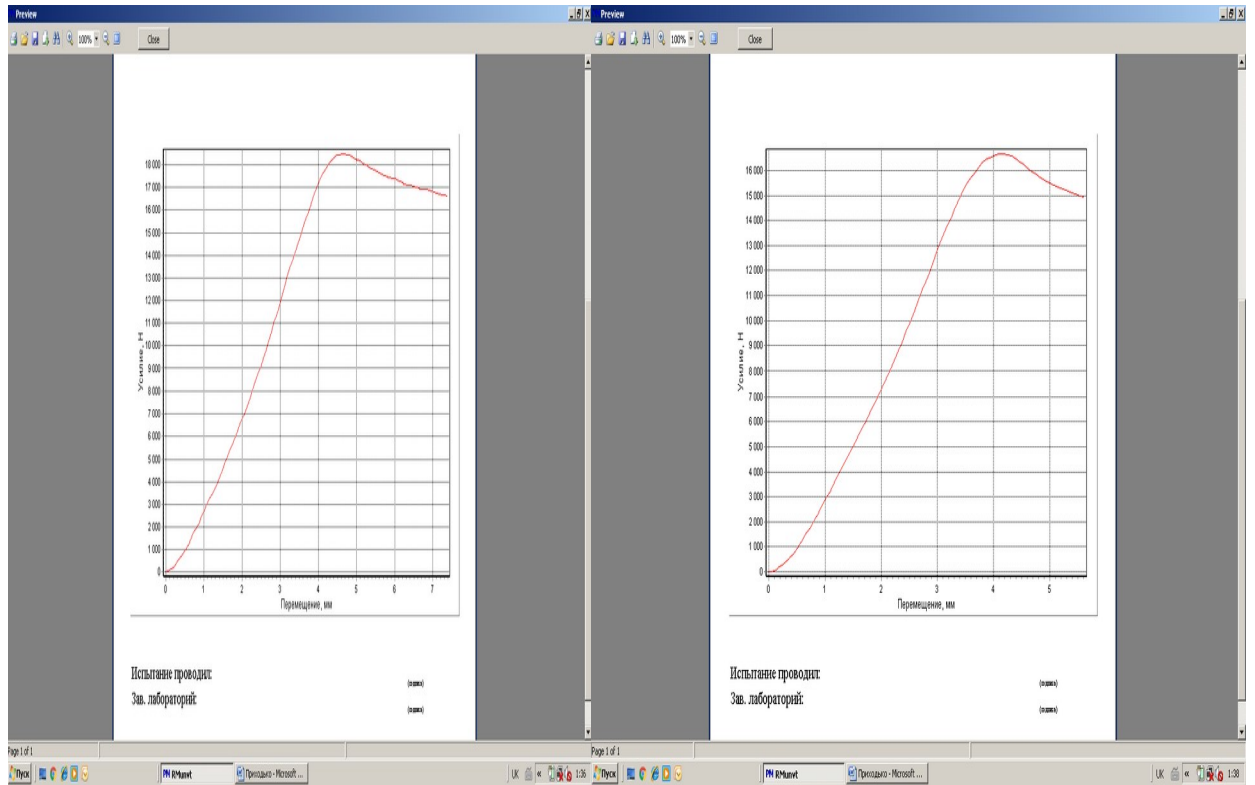
осика 13

осика 14

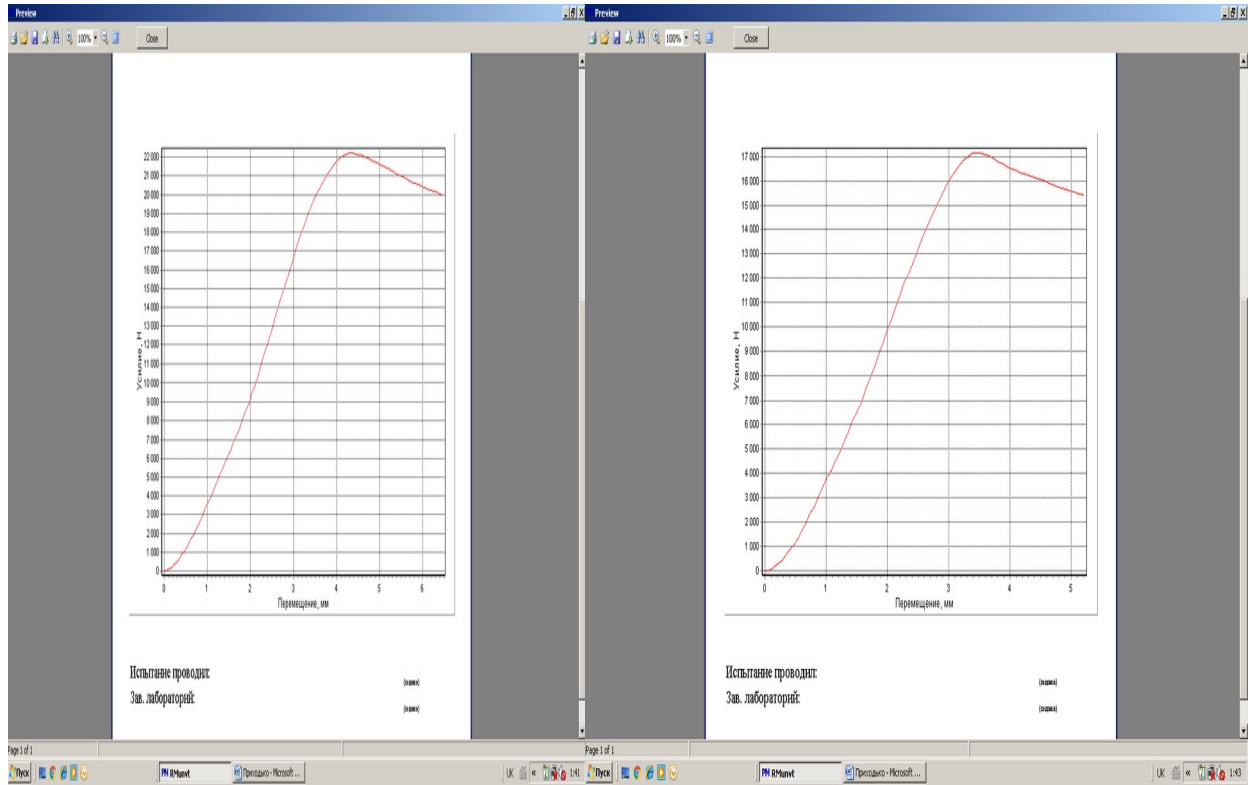


осика 15

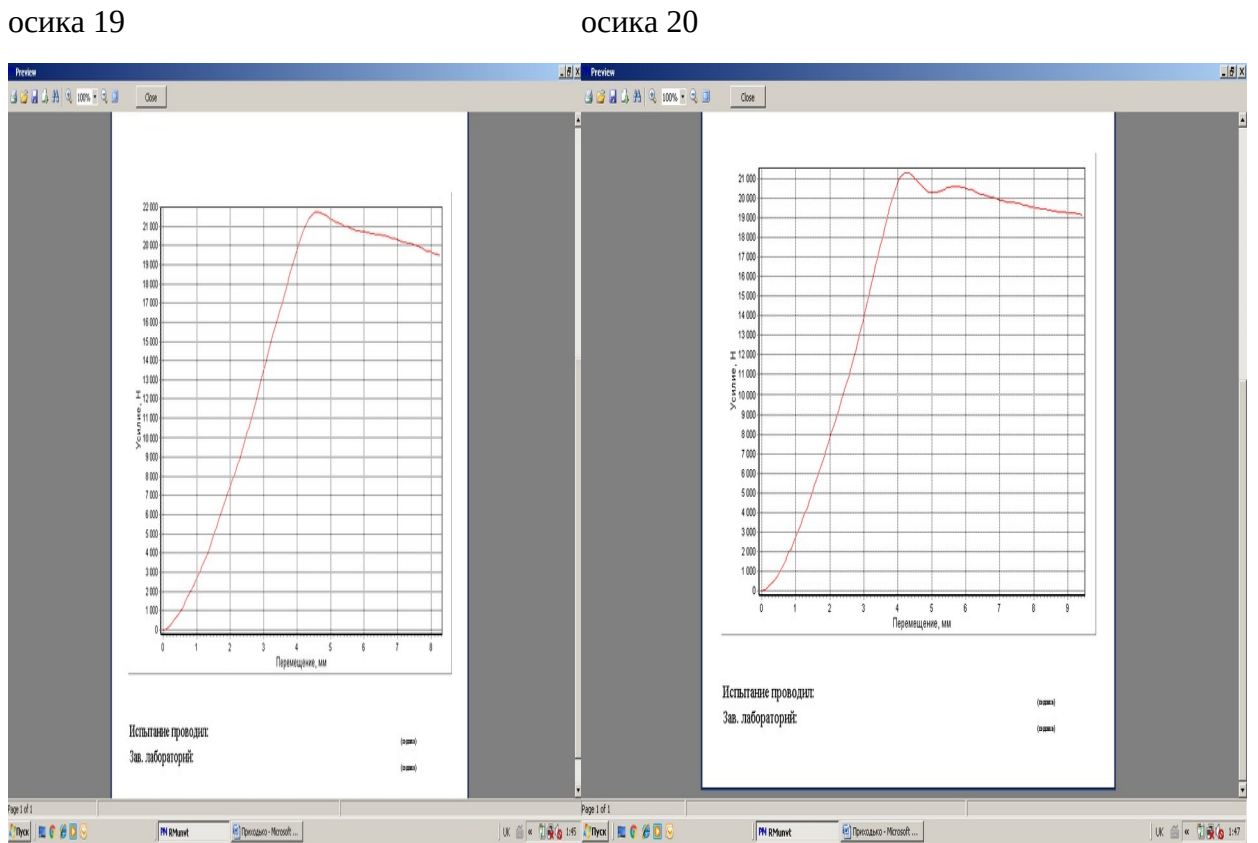
осика 16



осика 17



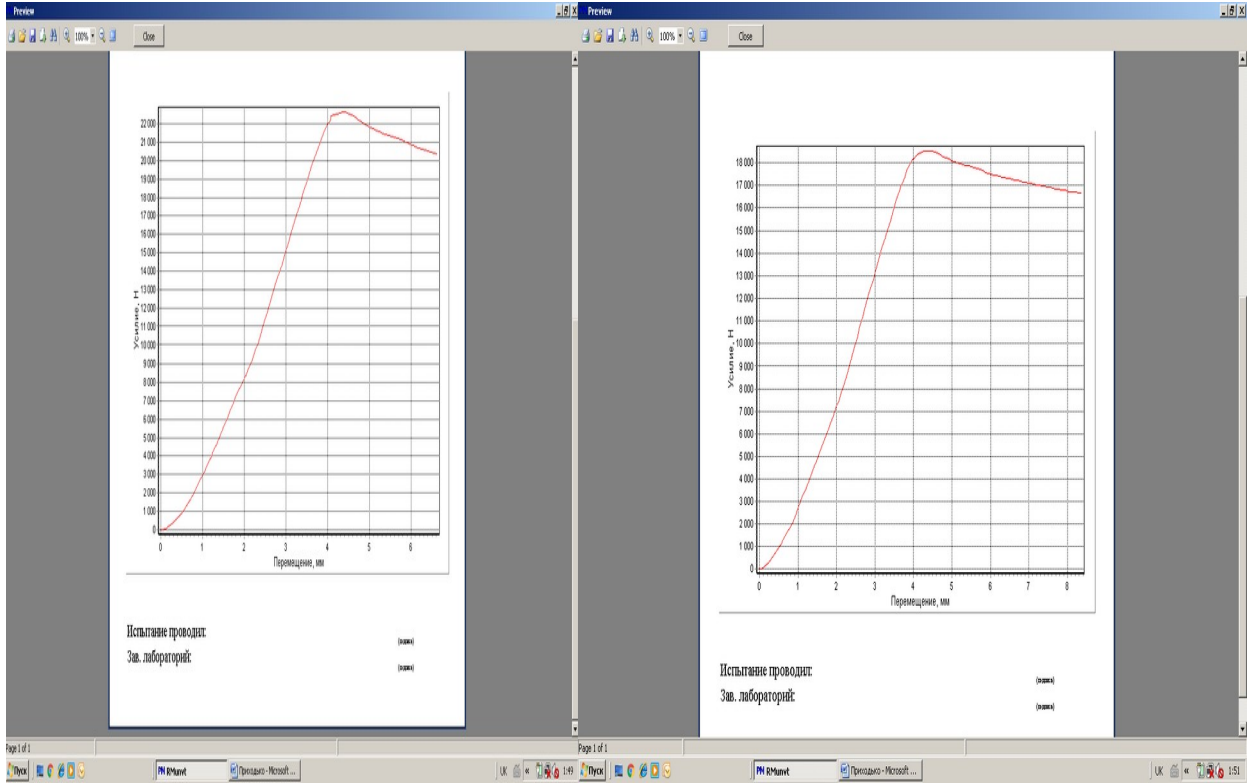
осика 18



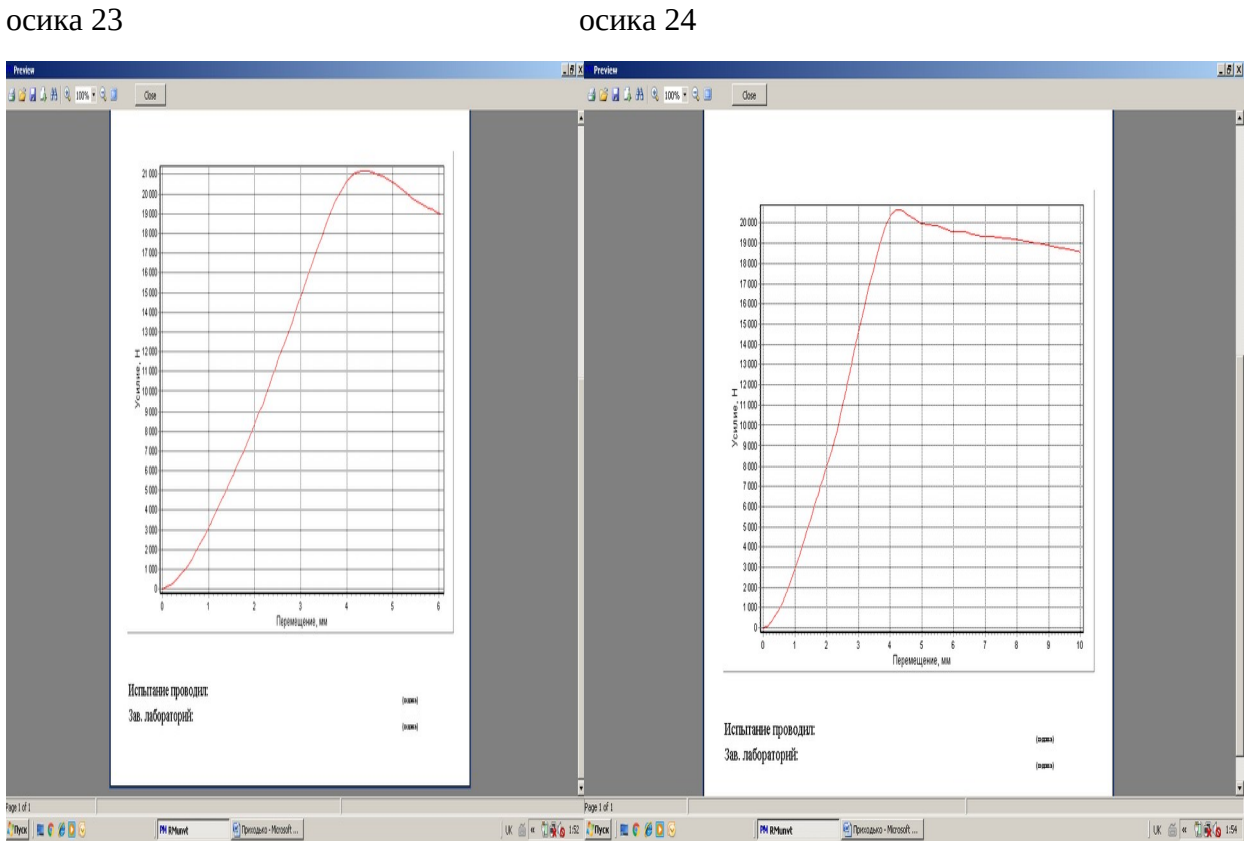
осика 19

осика 20

осика 21



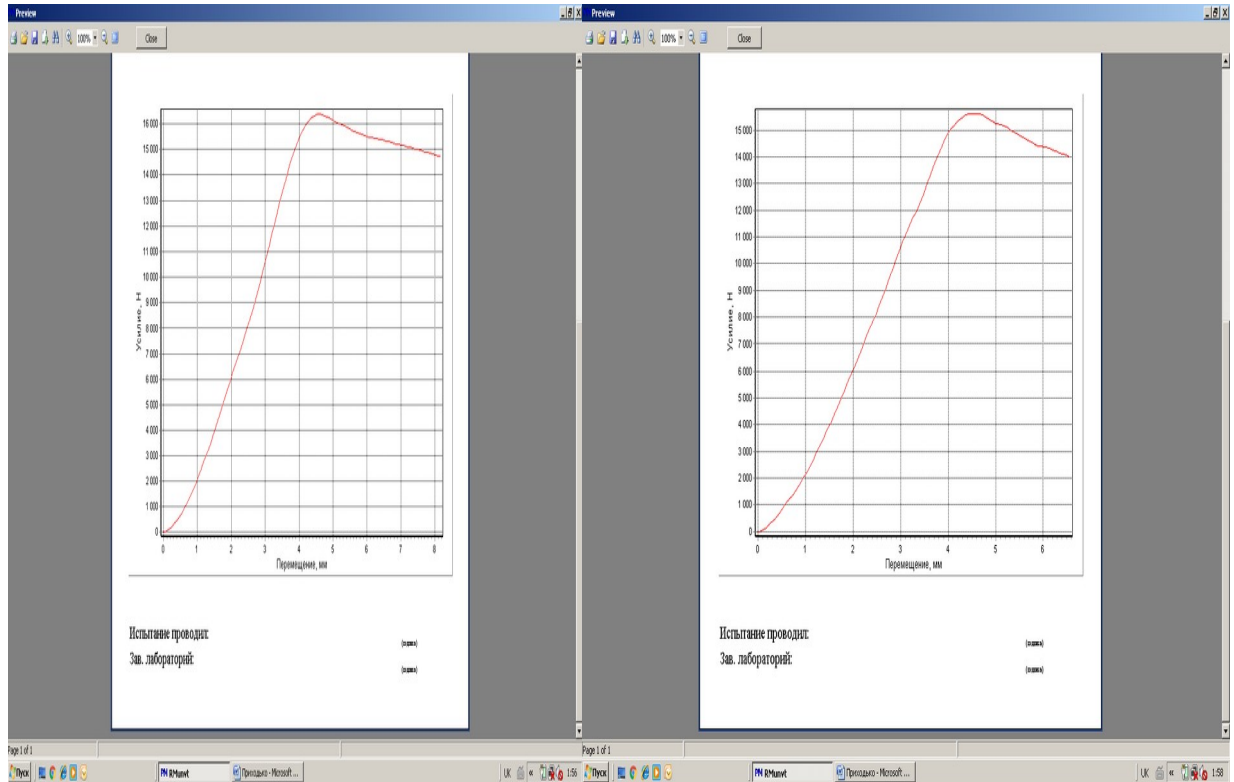
осика 22



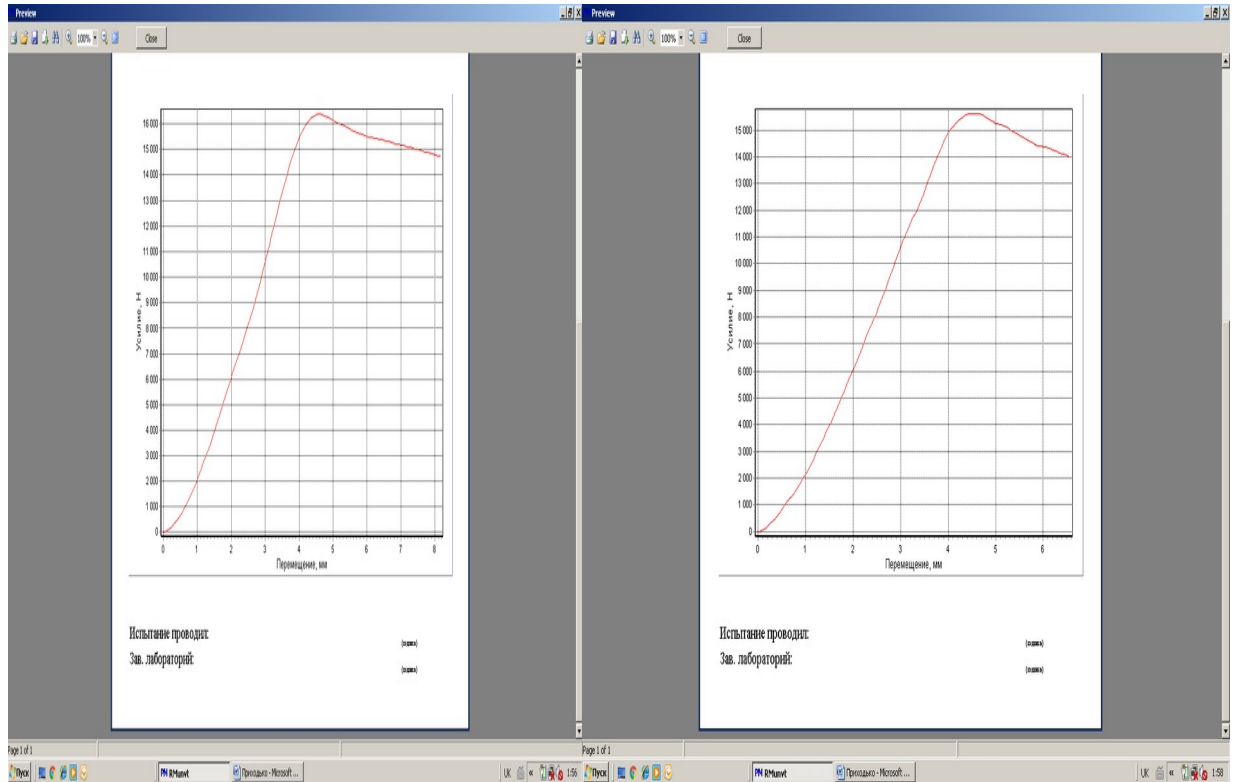
осика 23

осика 24

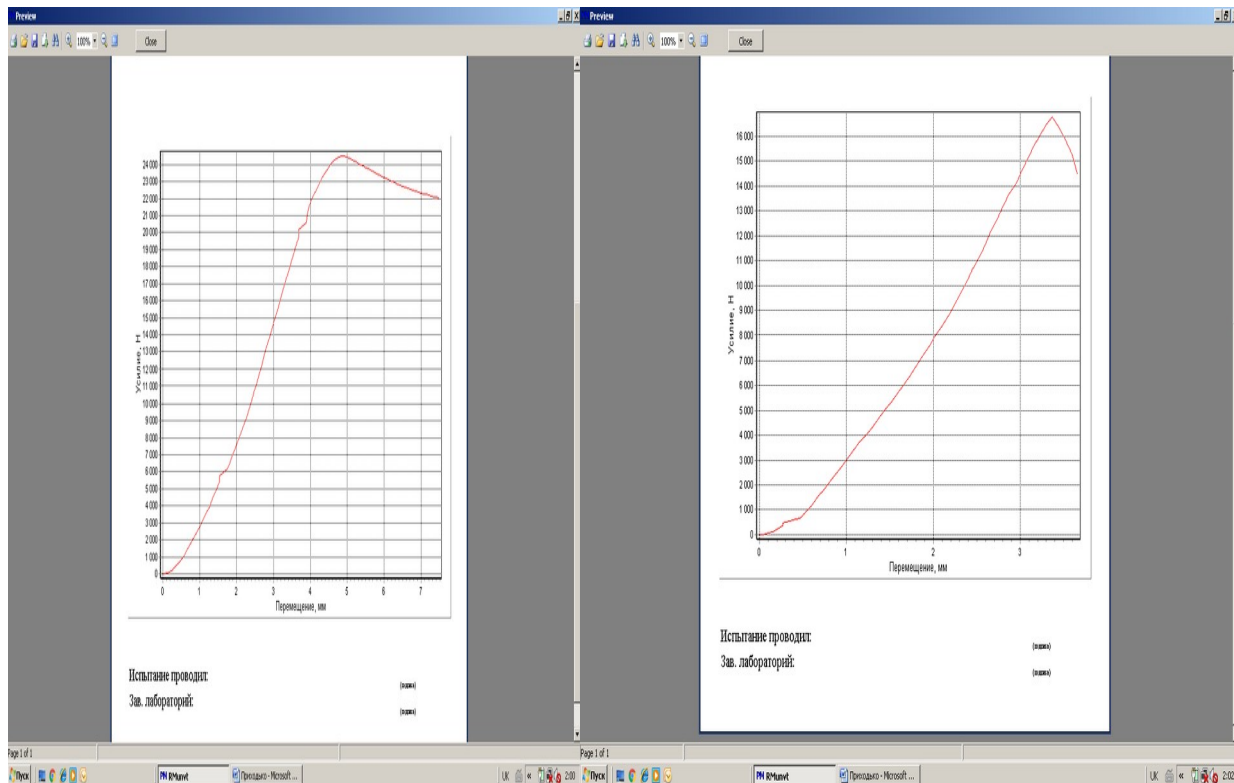
осика 25



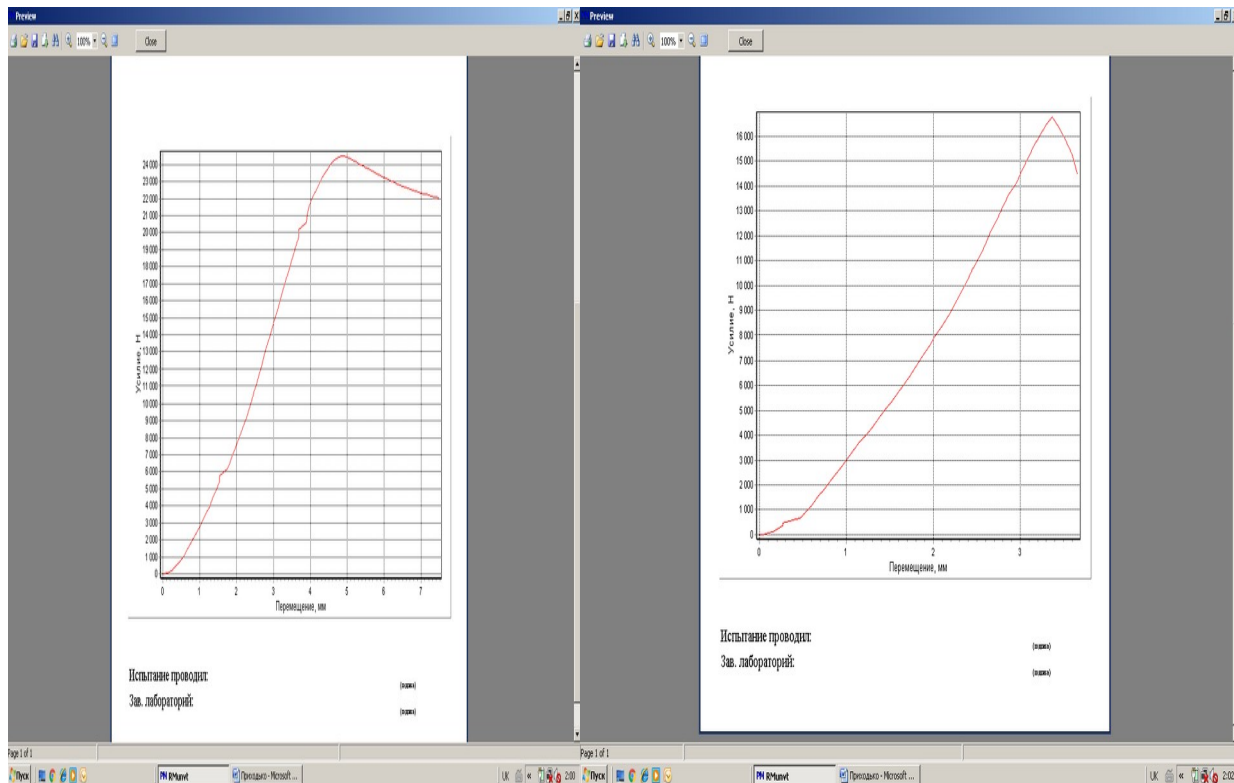
осика 26



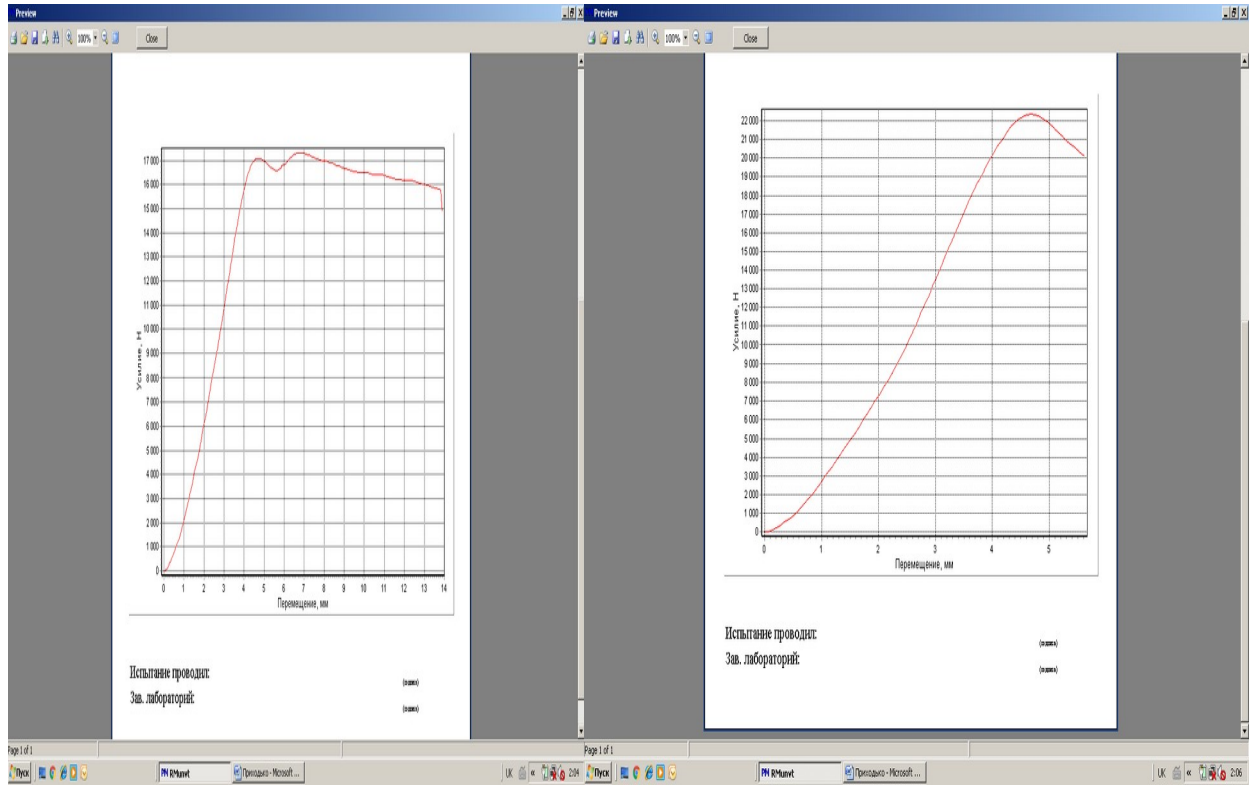
осика 27



осика 28

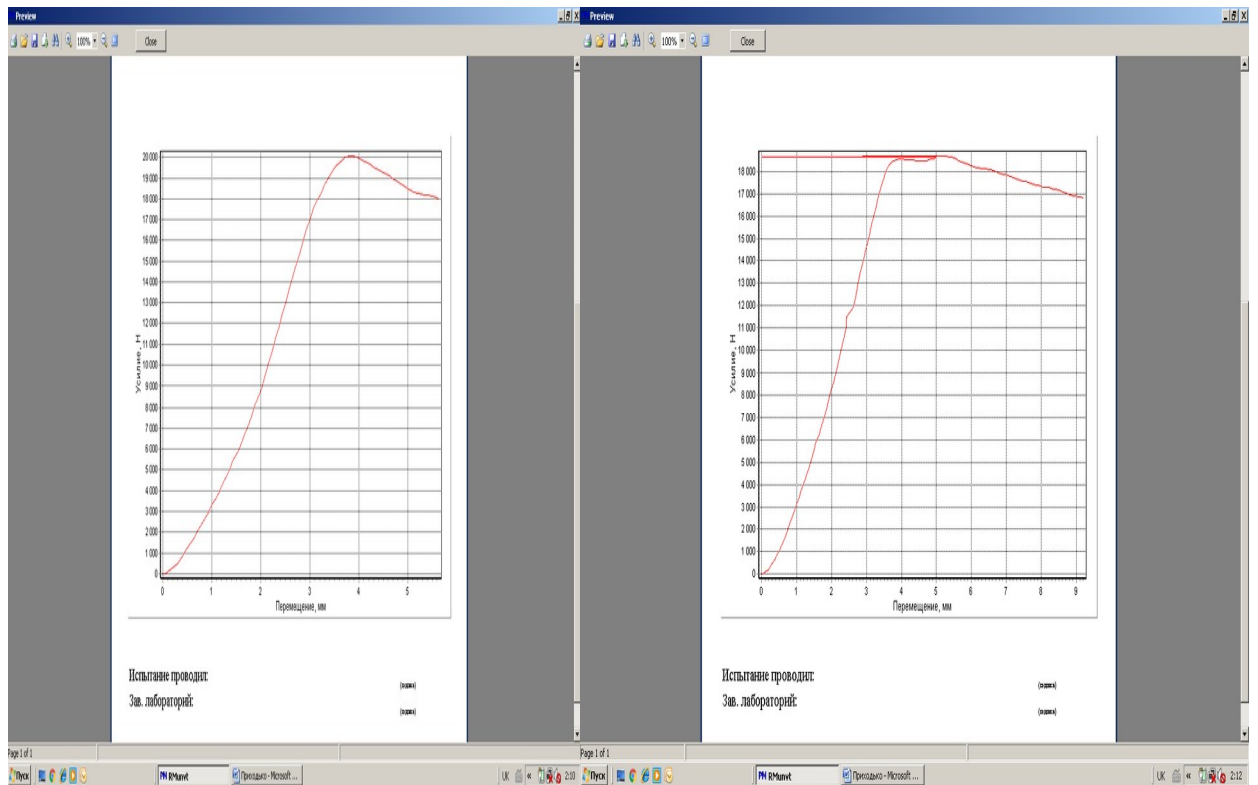


осика 29



осика 30

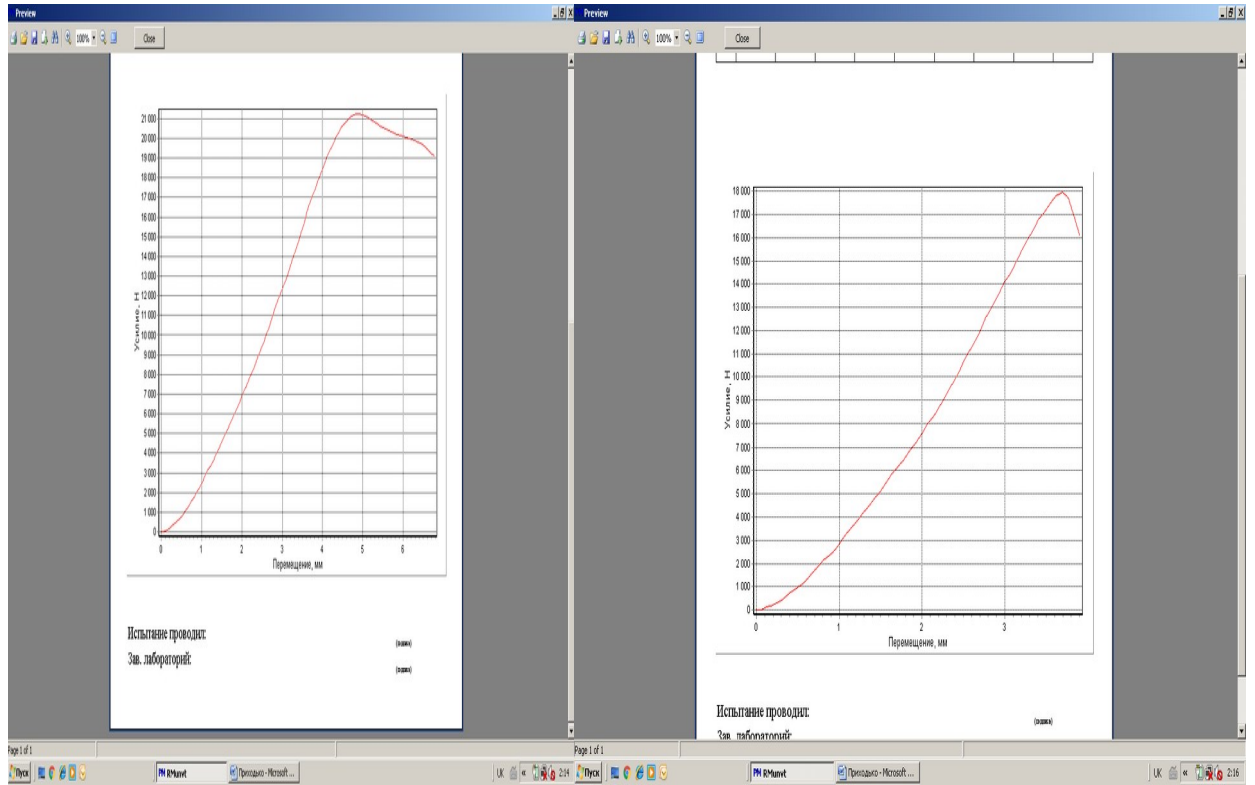
осика 31



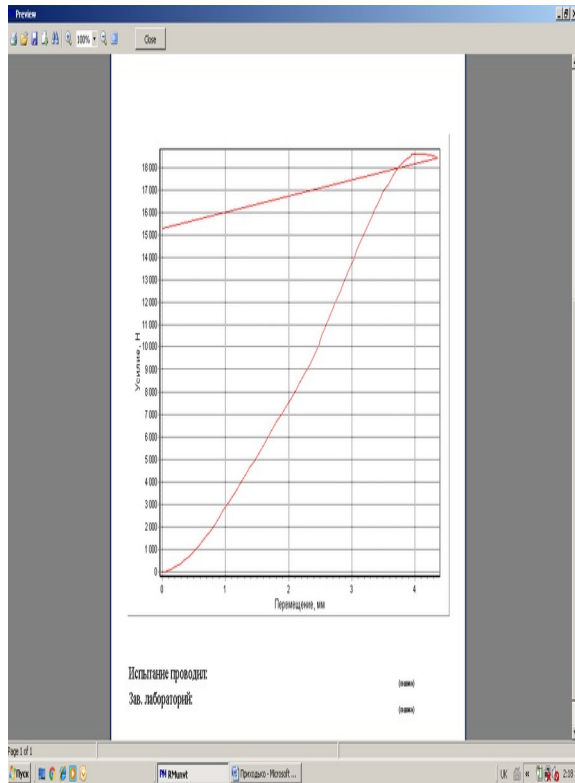
осика 32

осика 33

осика 34



осика 35

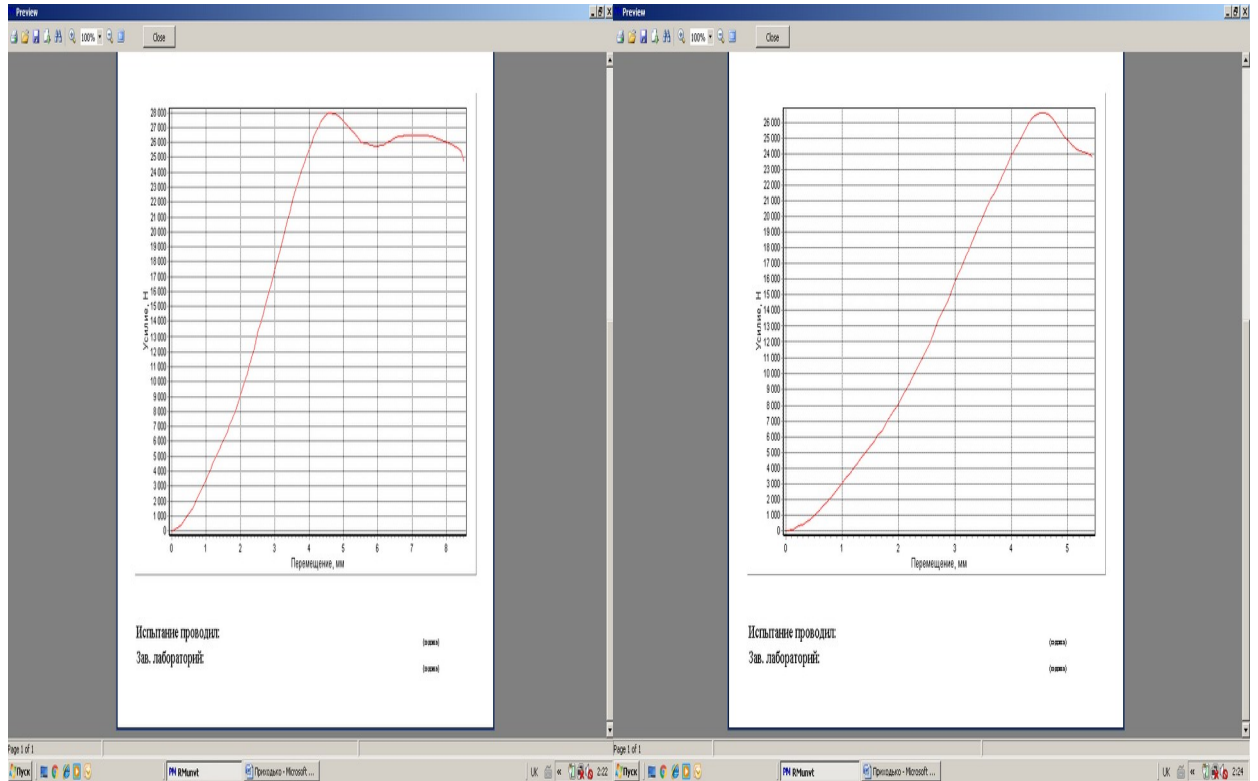


Додаток Б.2

Графіки зміни міцності зразків деревини бука при випробування на стиск уздовж волокон

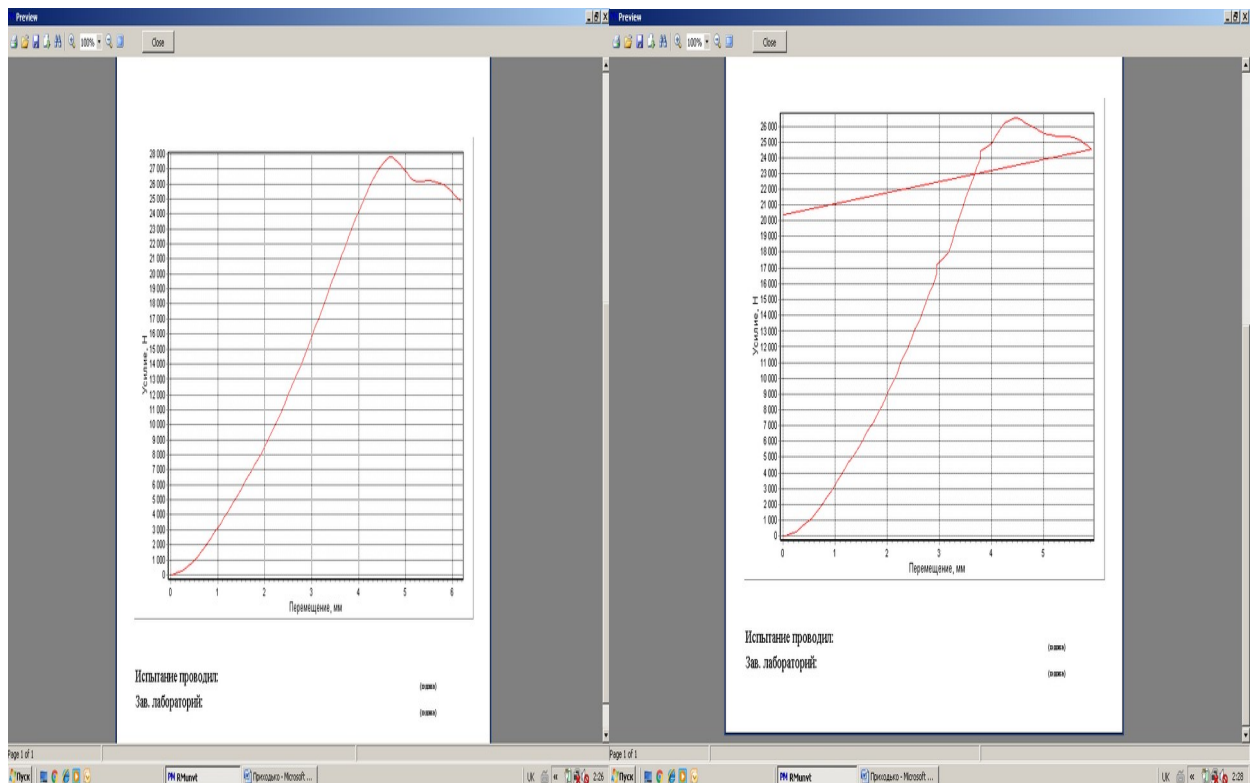
бук 1

бук 2



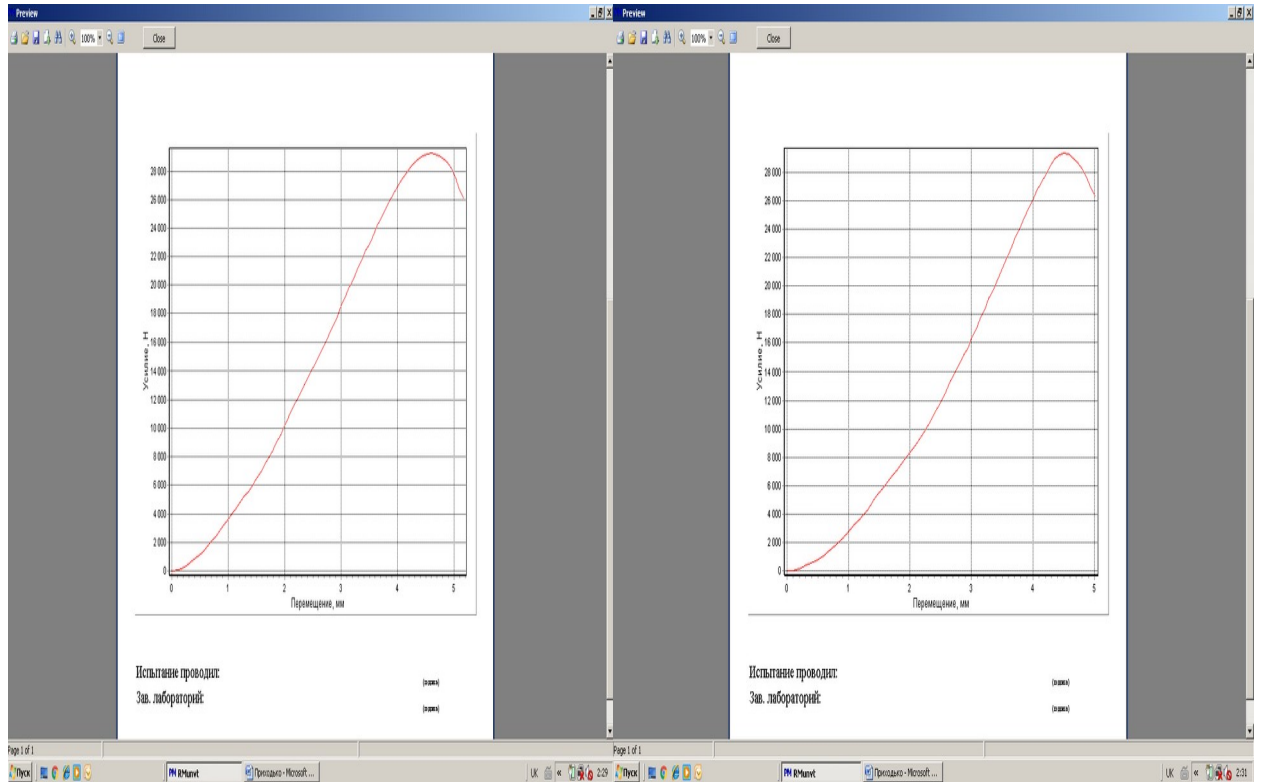
бук 3

бук 4



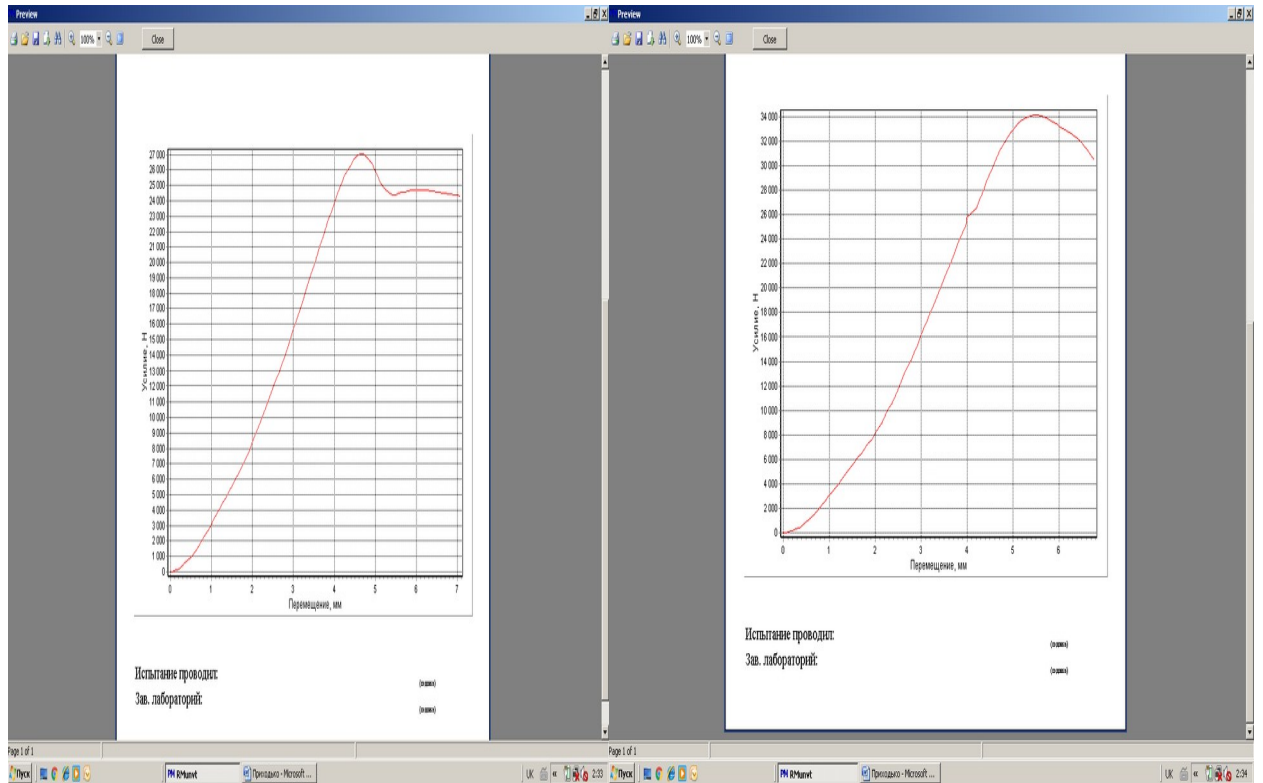
бук 5

бук 6



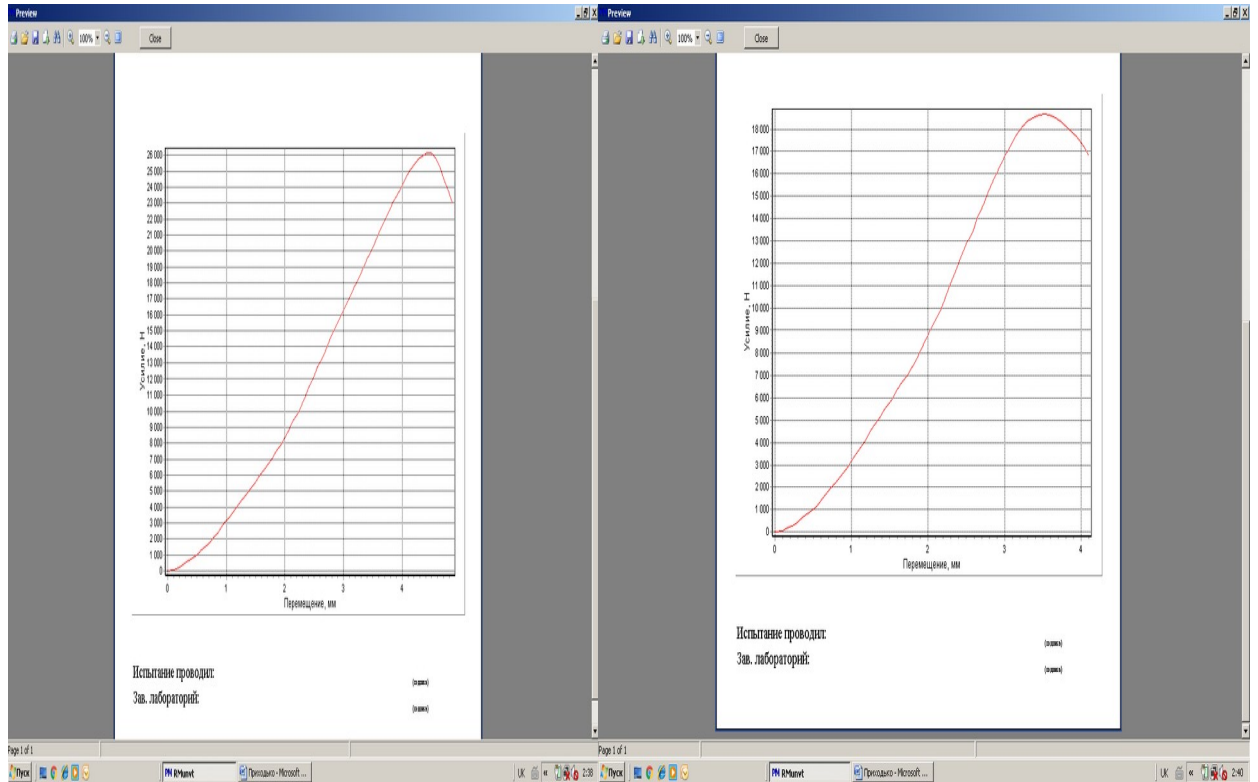
бук 7

бук 8



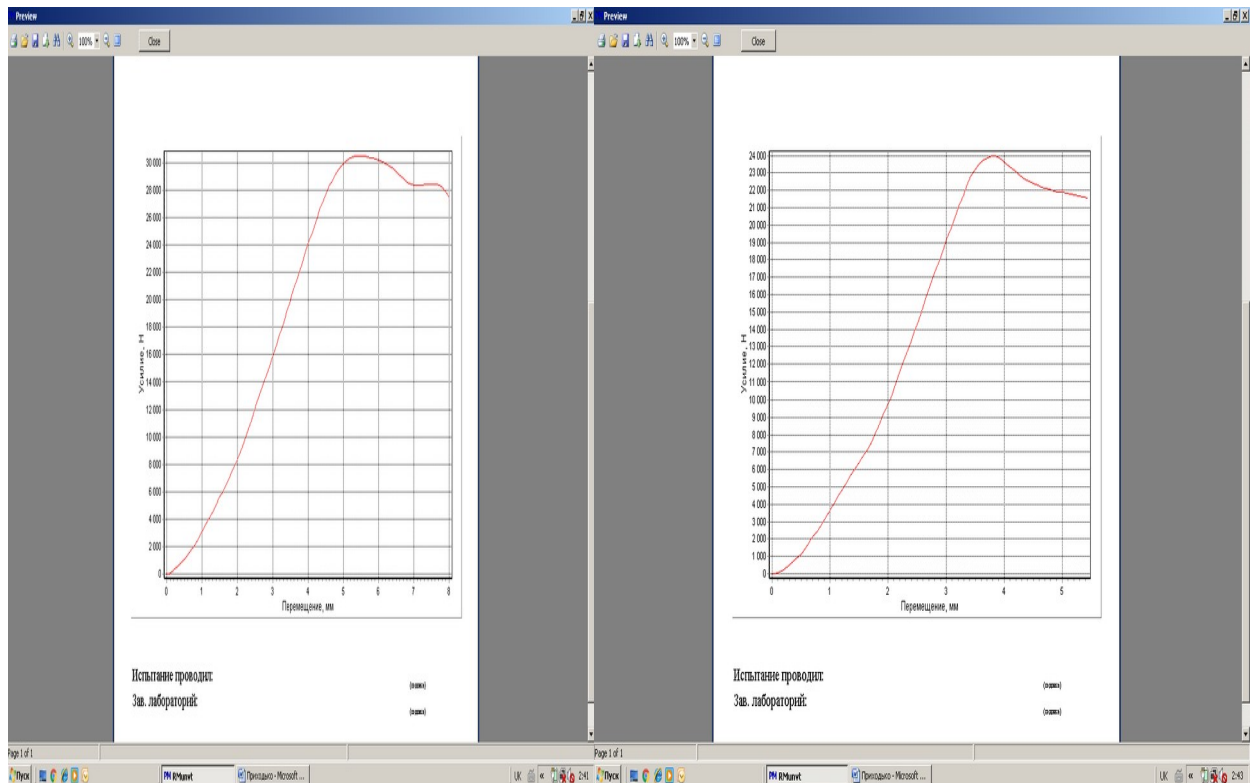
бук 9

бук 10



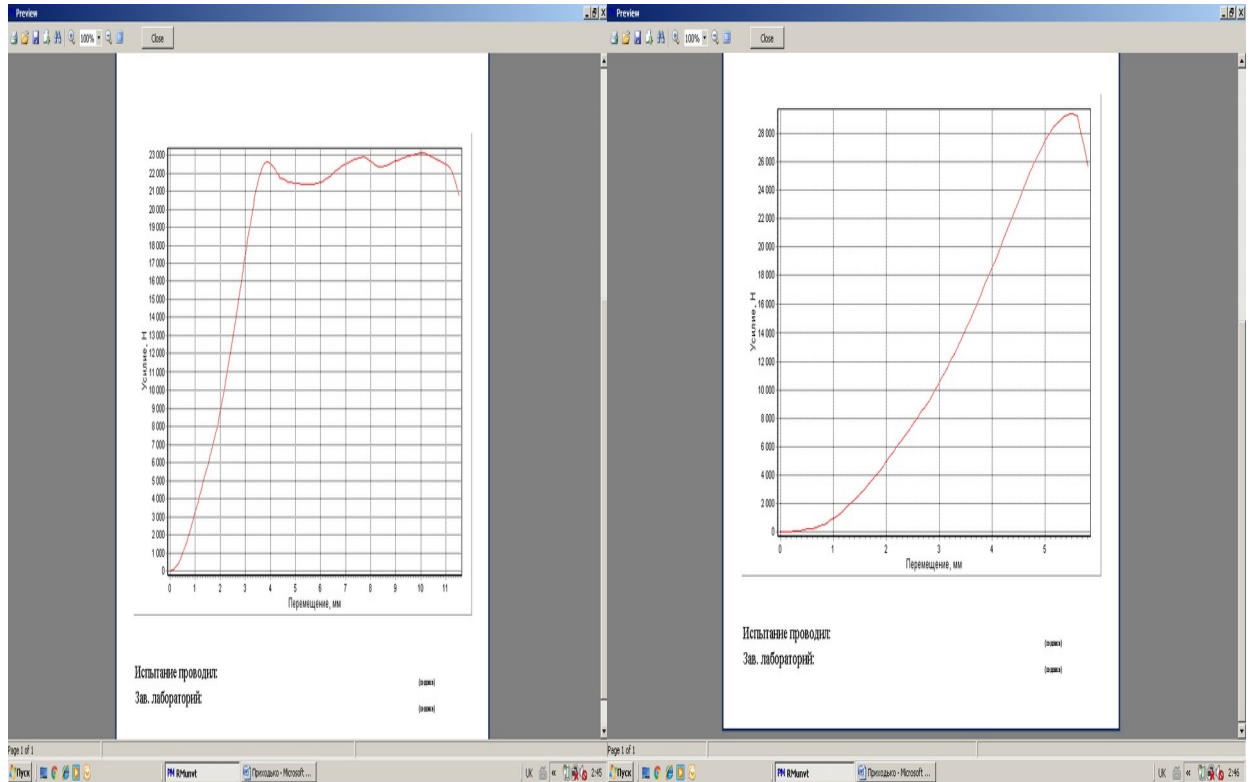
бук 11

бук 12



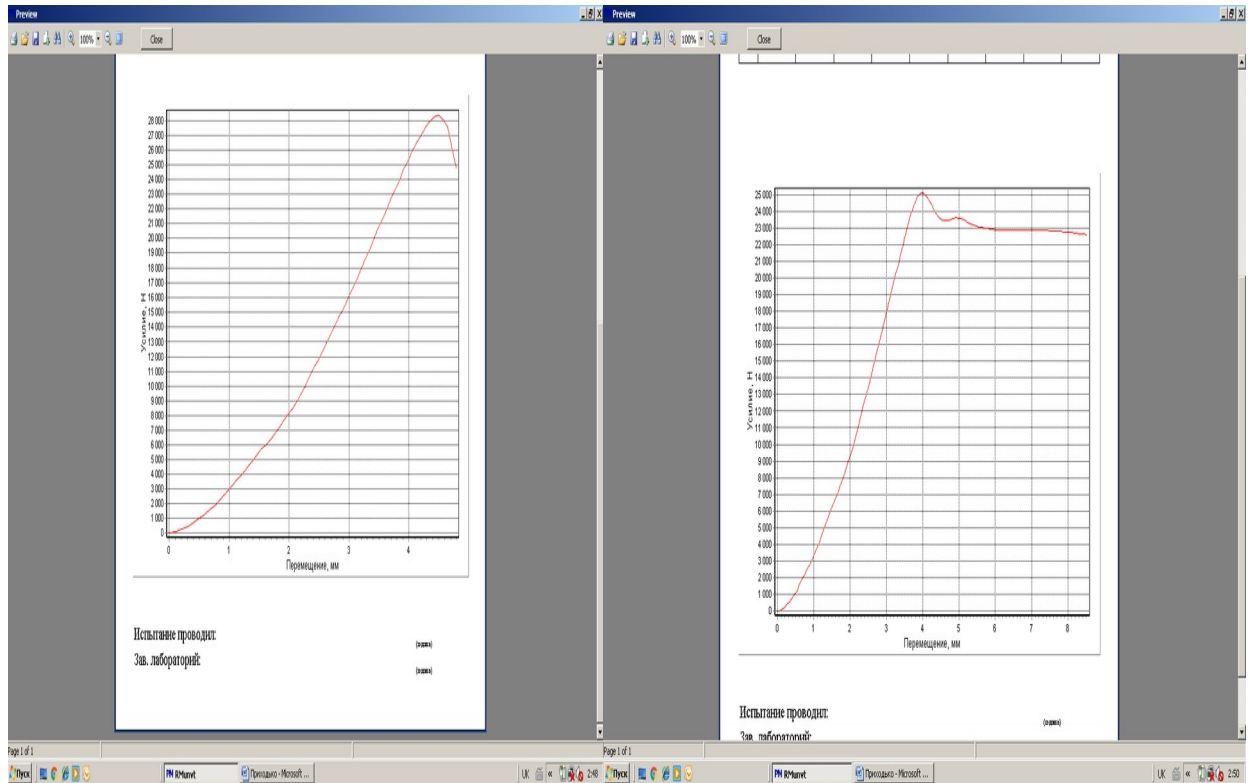
бук 13

бук 14



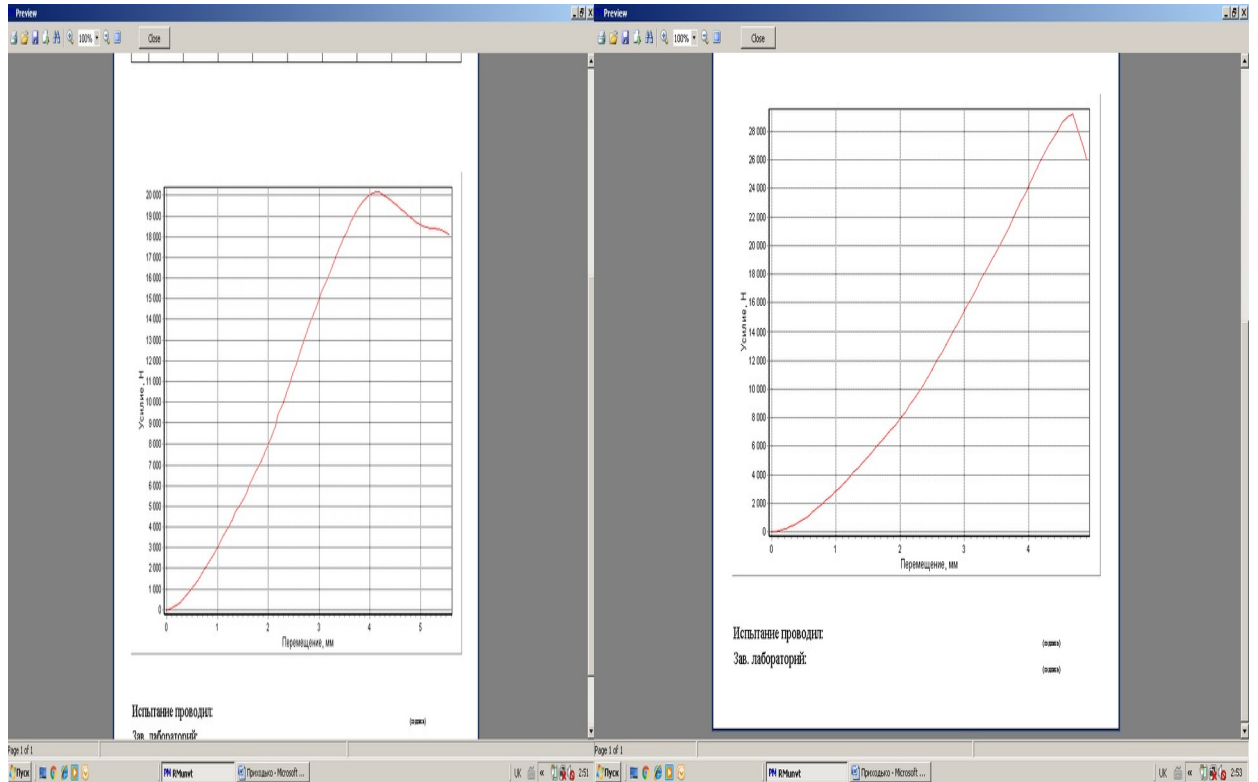
бук 15

бук 16



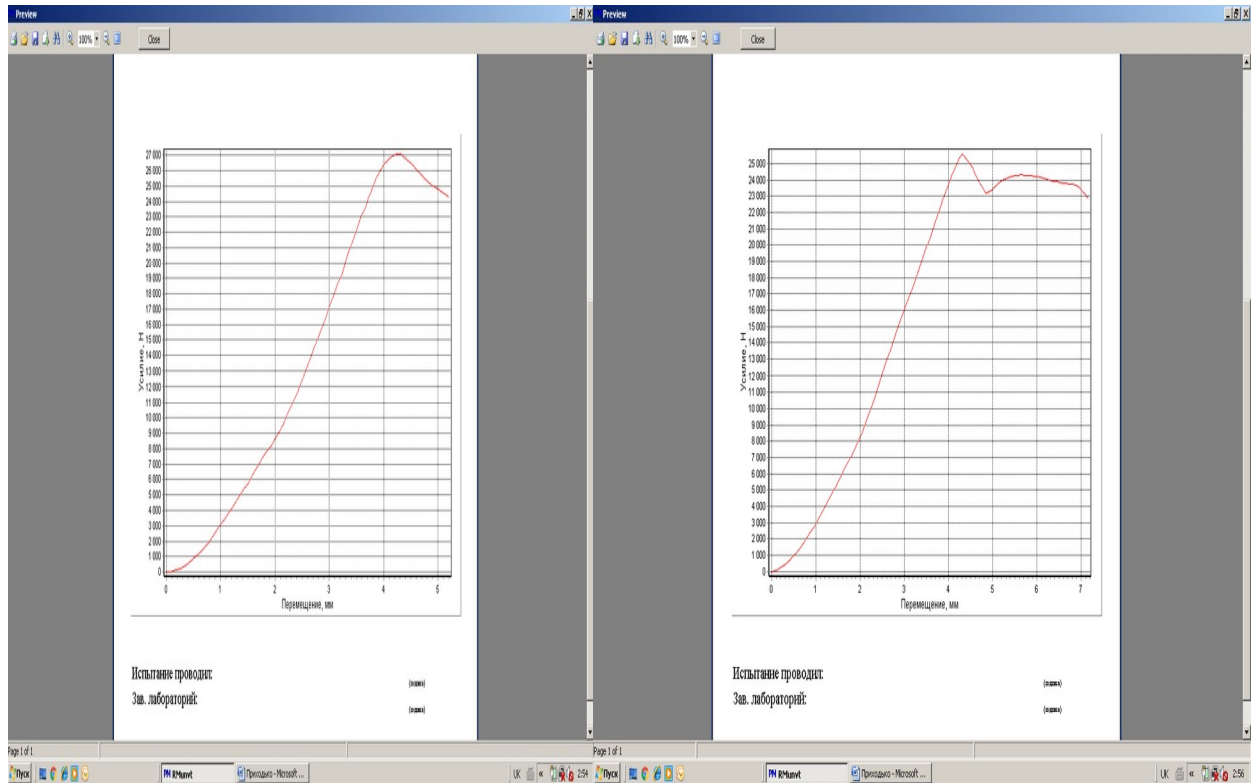
бук 17

бук 18

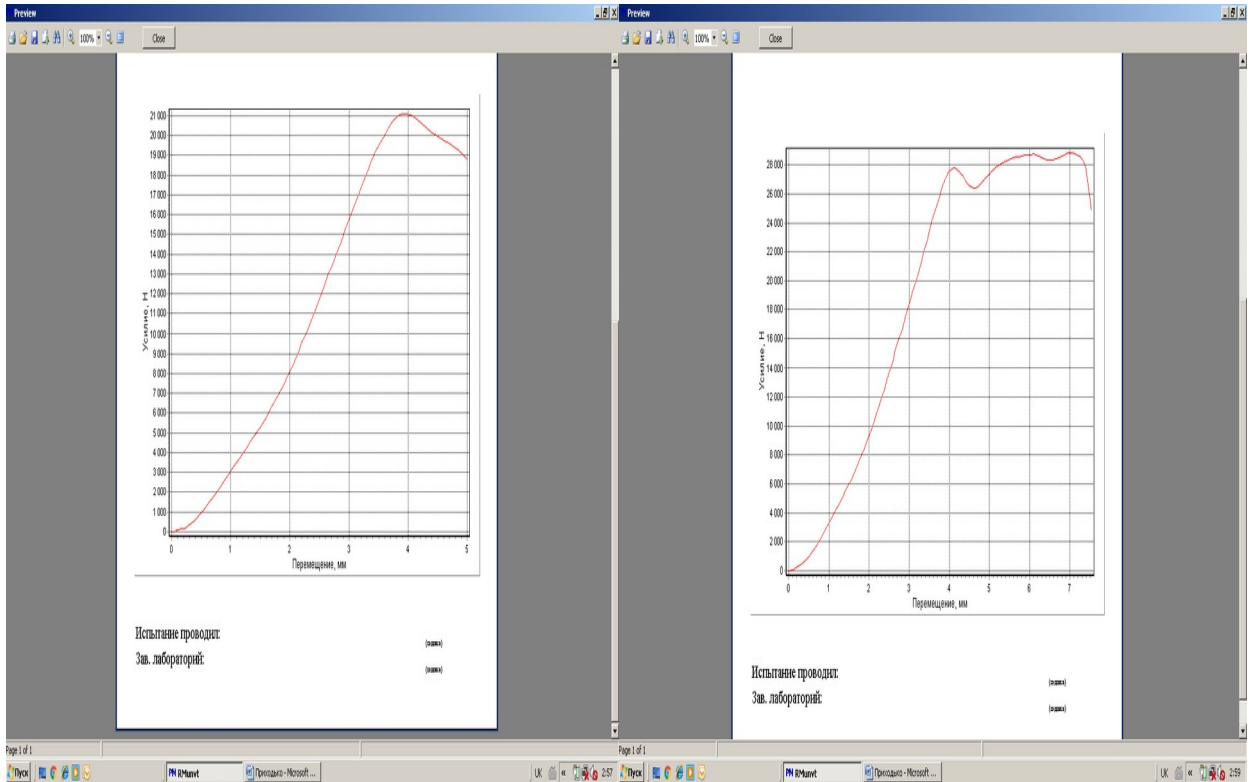


бук 19

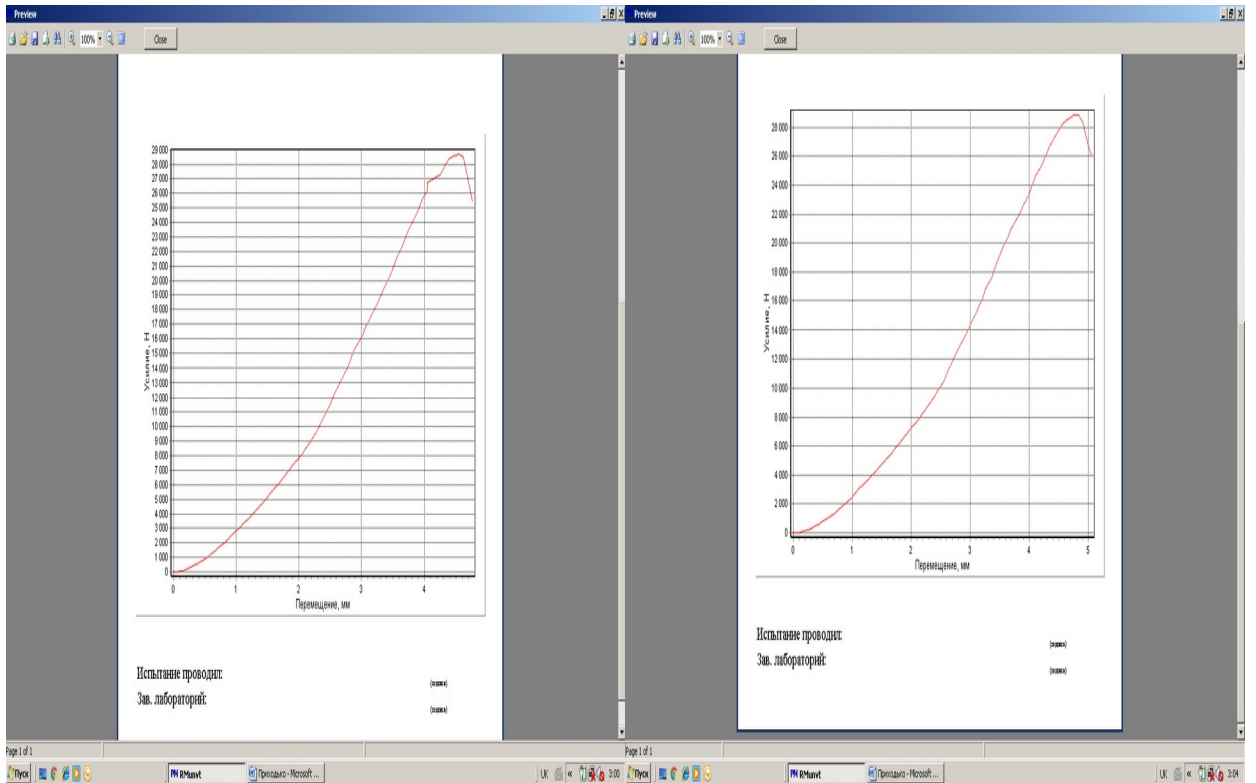
бук 20



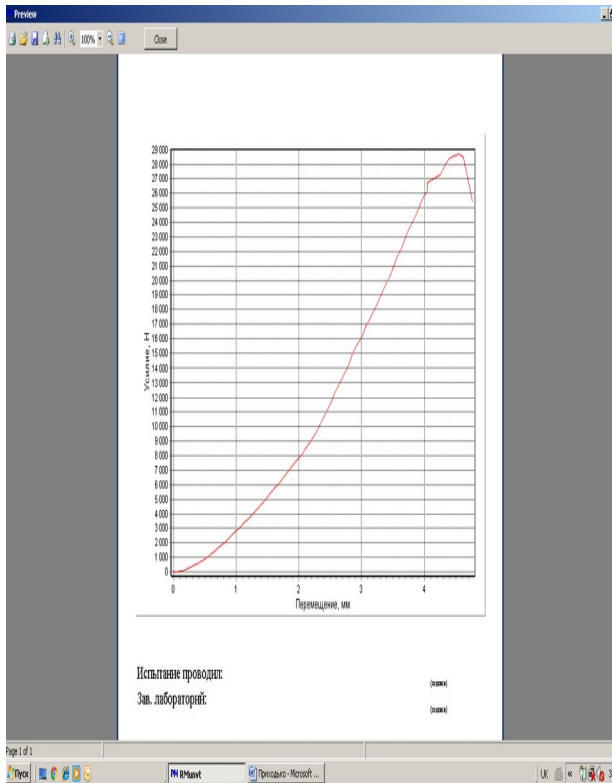
бук 21



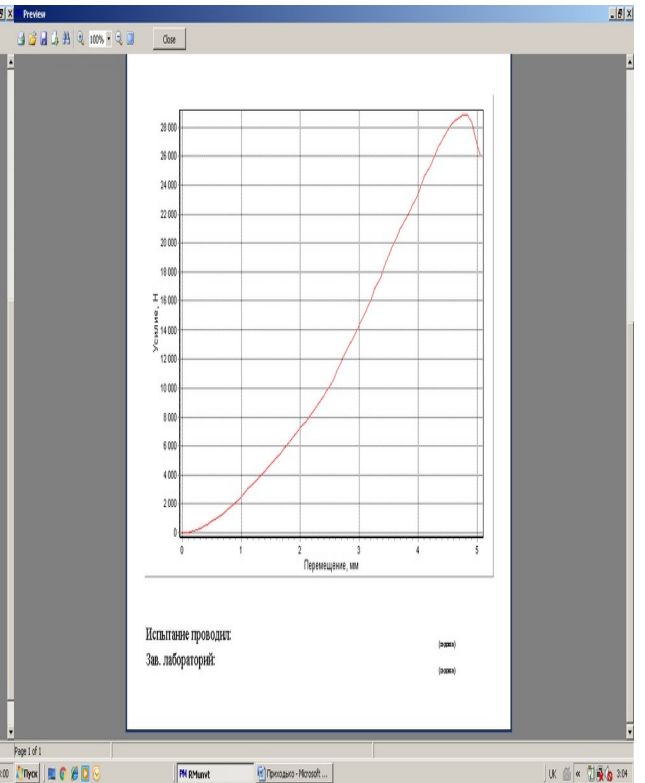
бук 22



бук 23

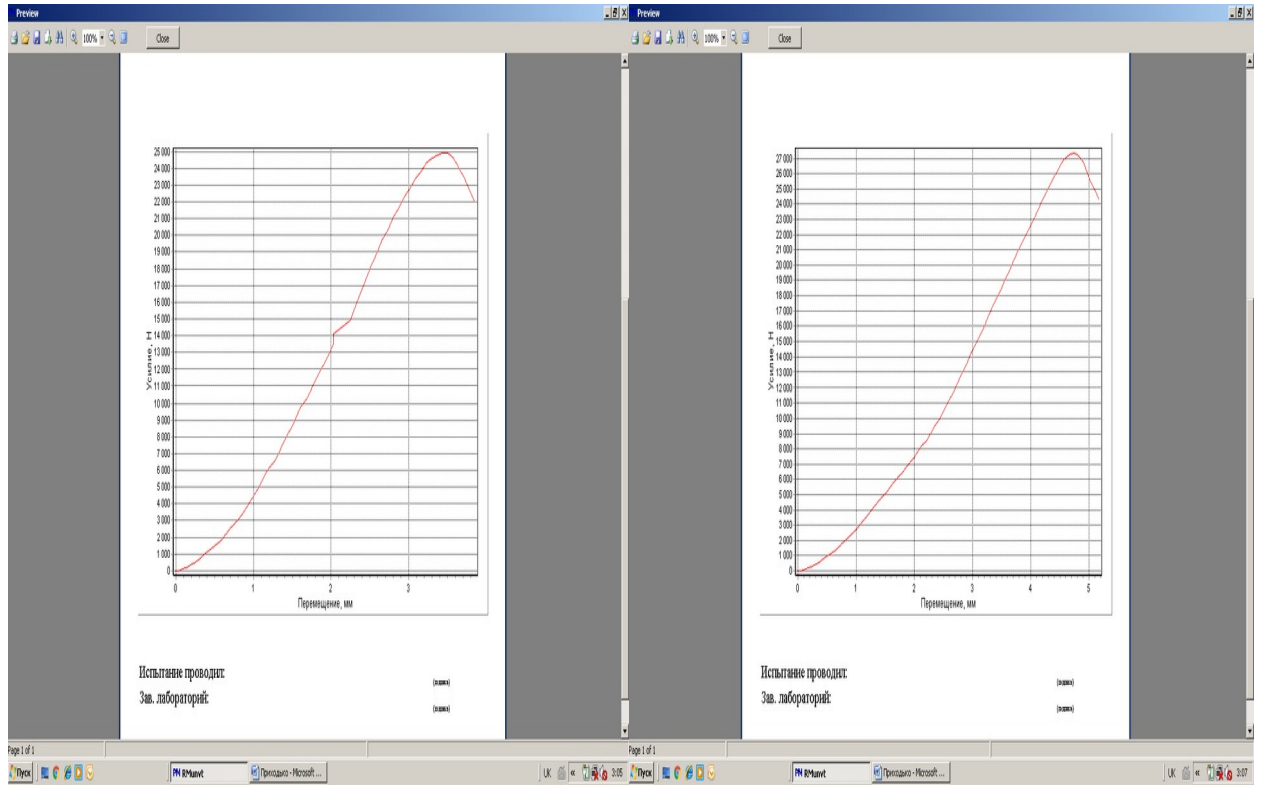


бук 24



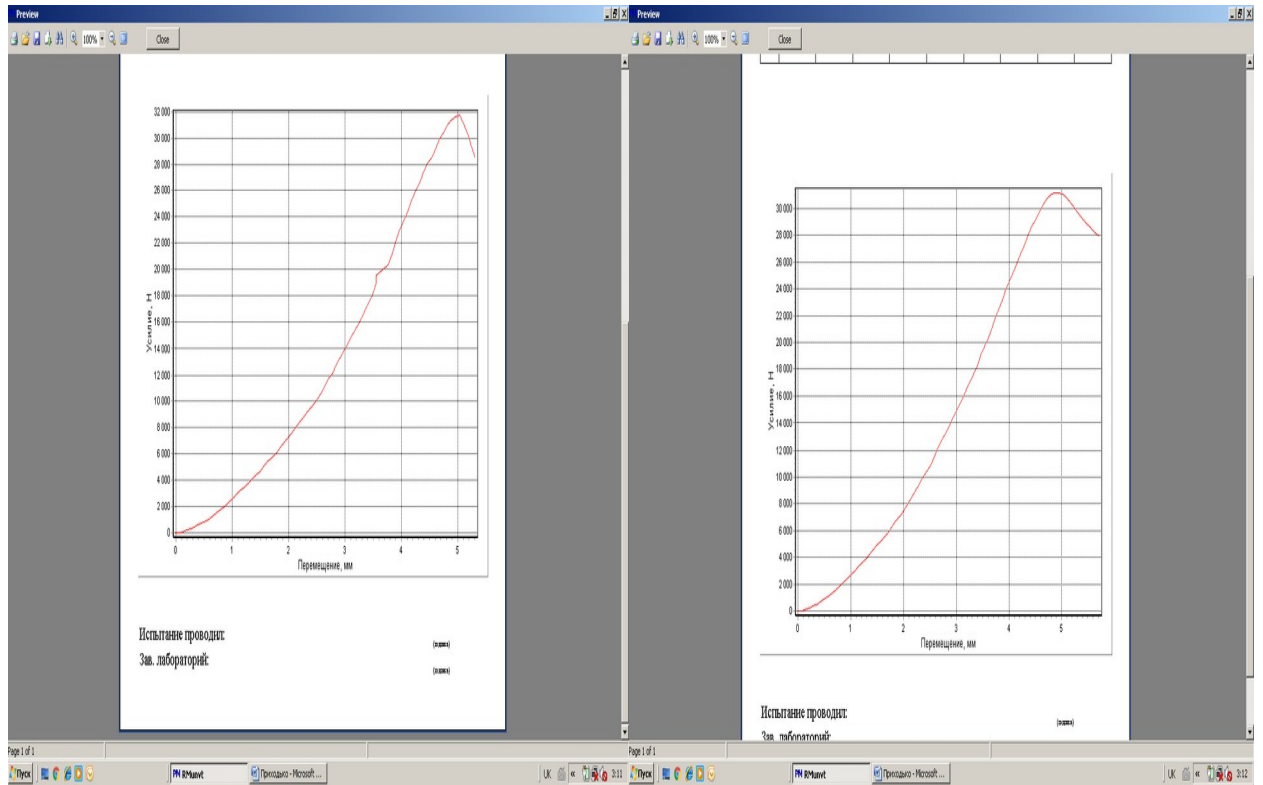
бук 25

бук 26



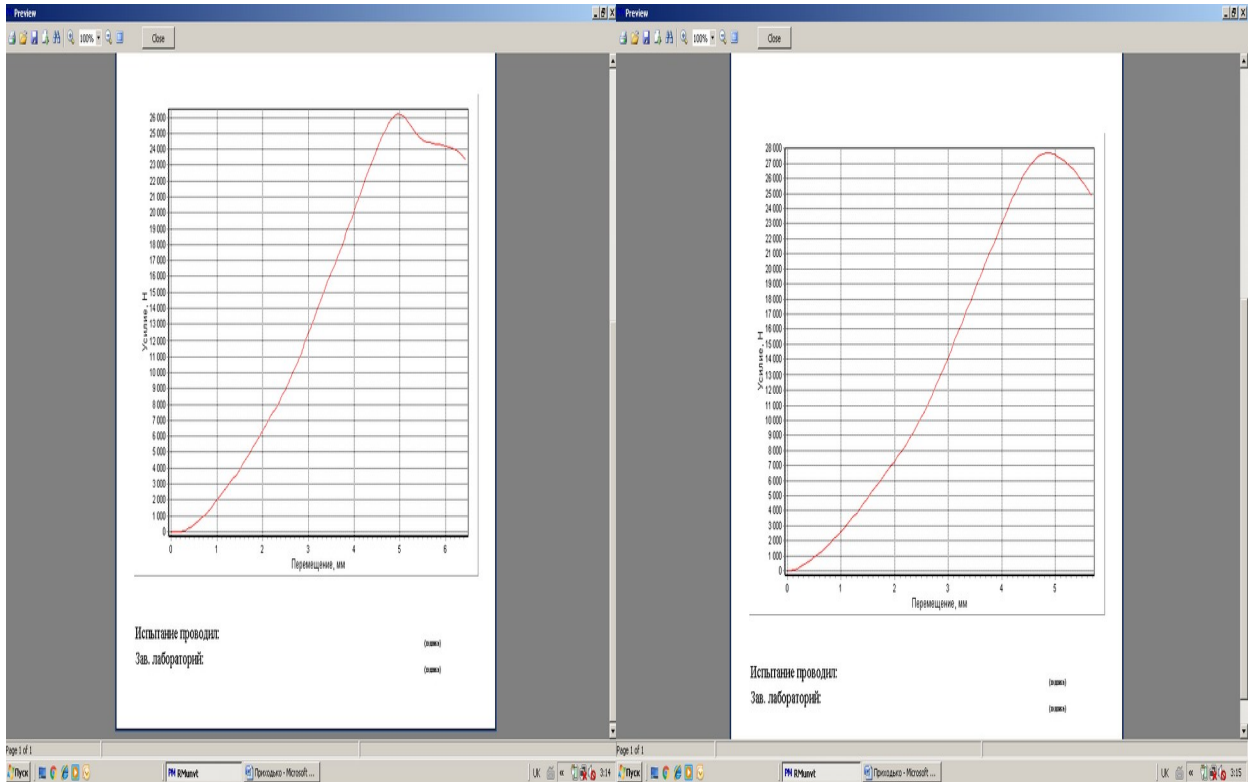
бук 27

бук 28



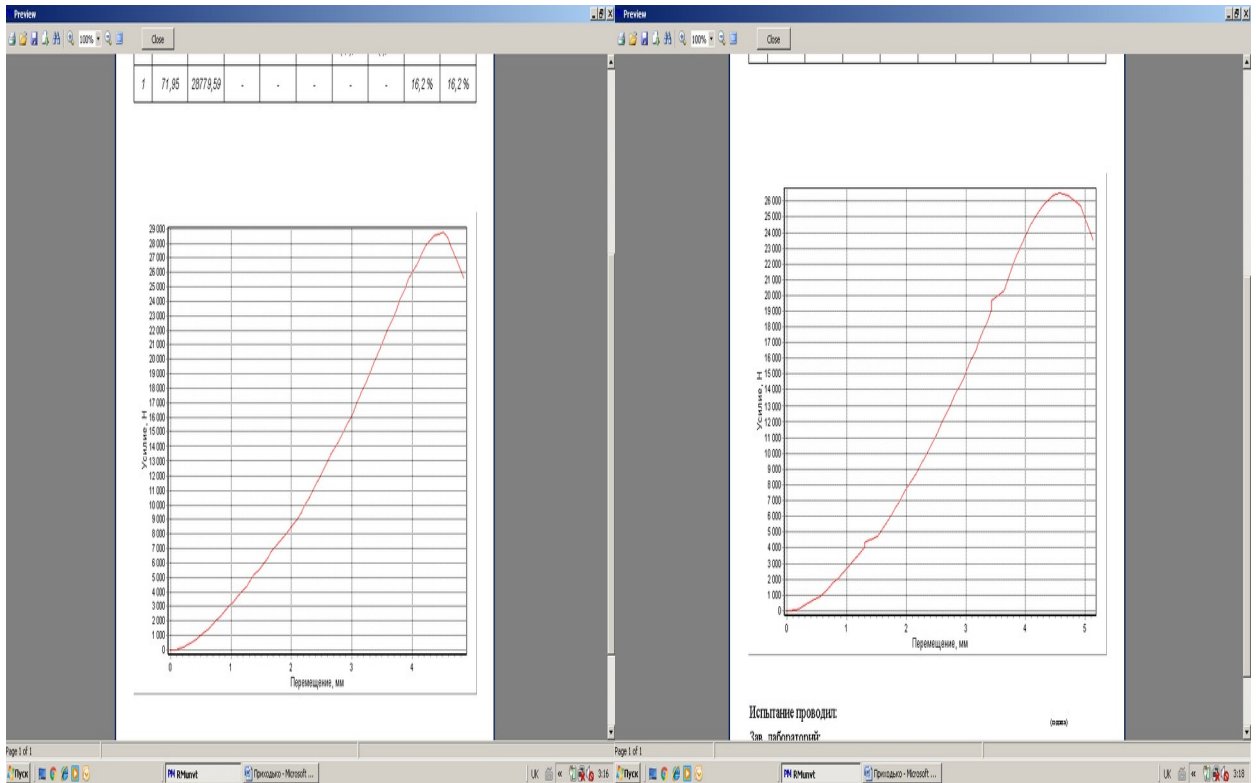
бук 29

бук 30



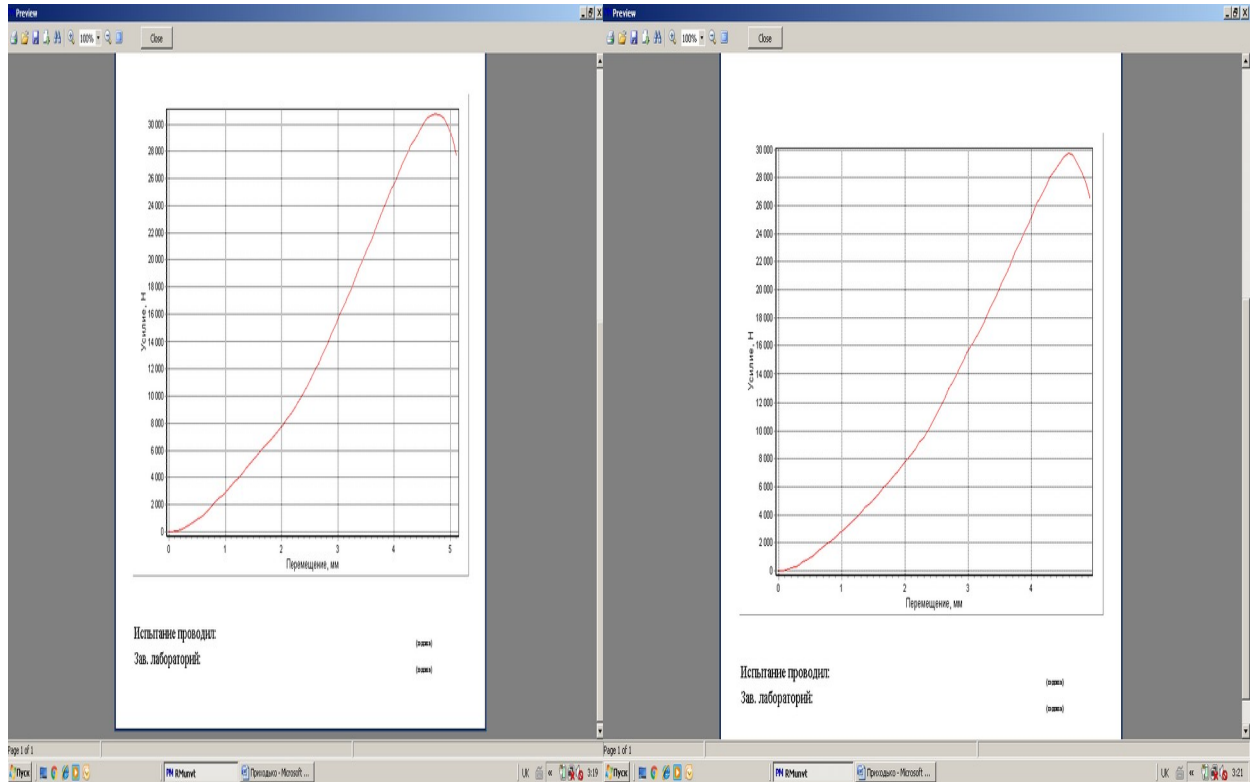
бук 31

бук 32

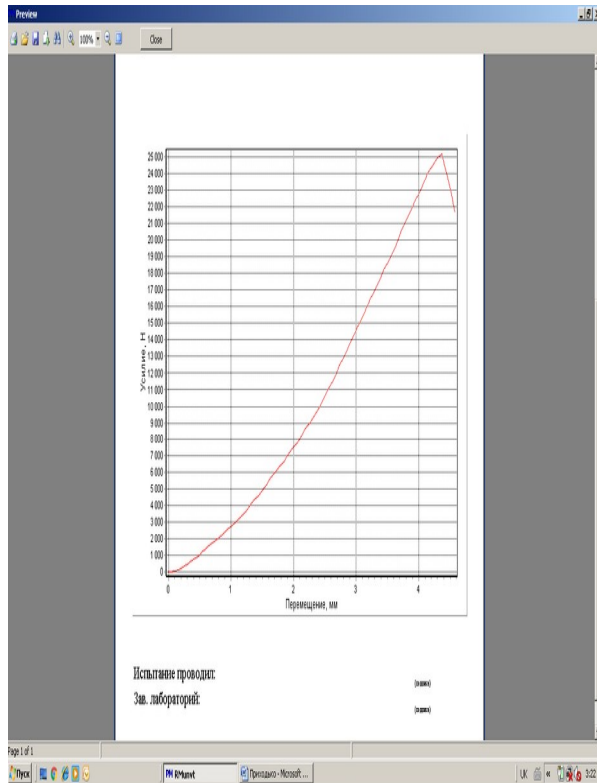


бук 33

бук 34



Бук 35

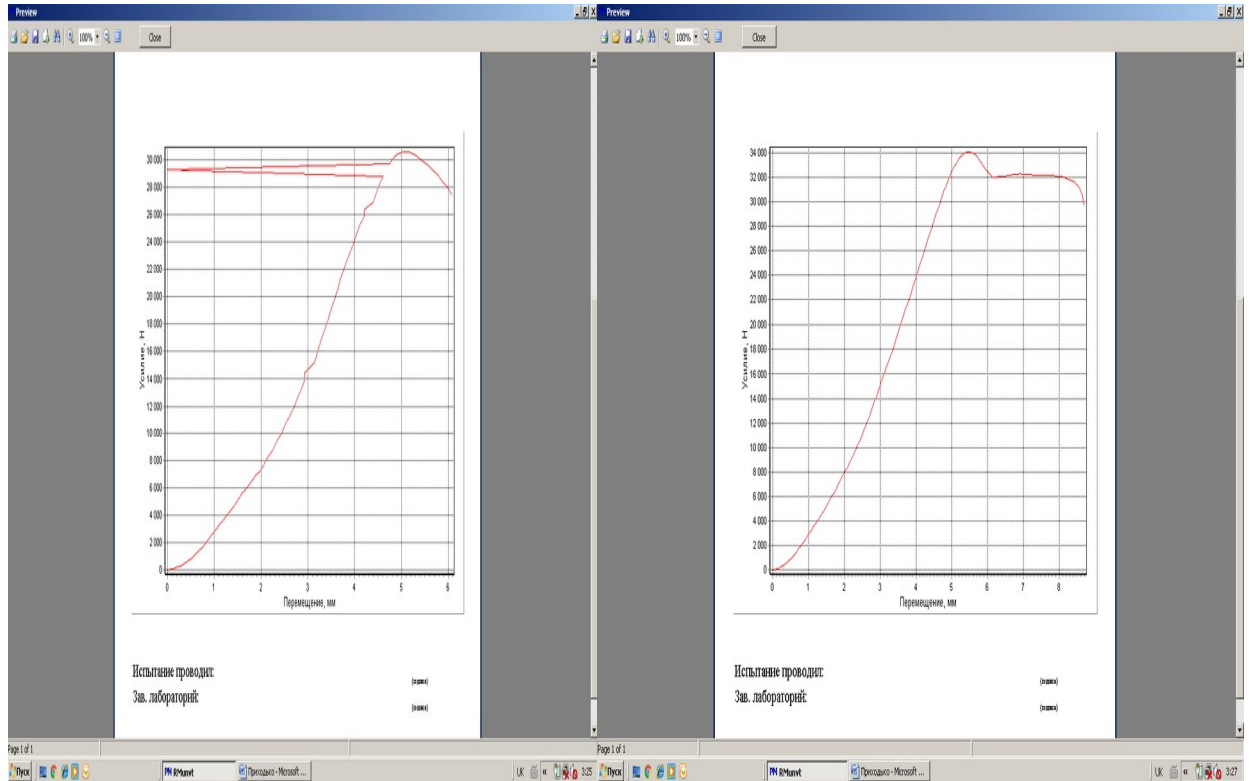


Додаток Б.2

Графіки зміни міцності зразків деревини ясен при випробування на стиск уздовж волокон

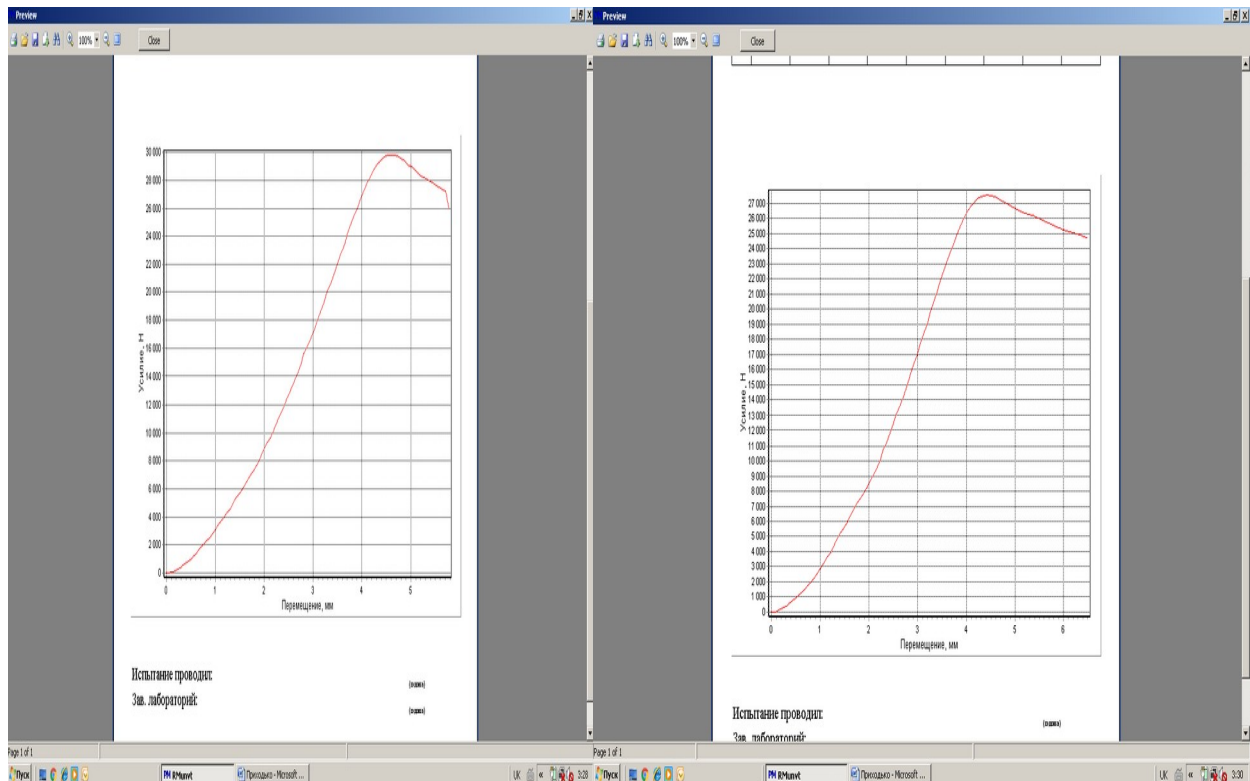
ясен 1

ясен 2



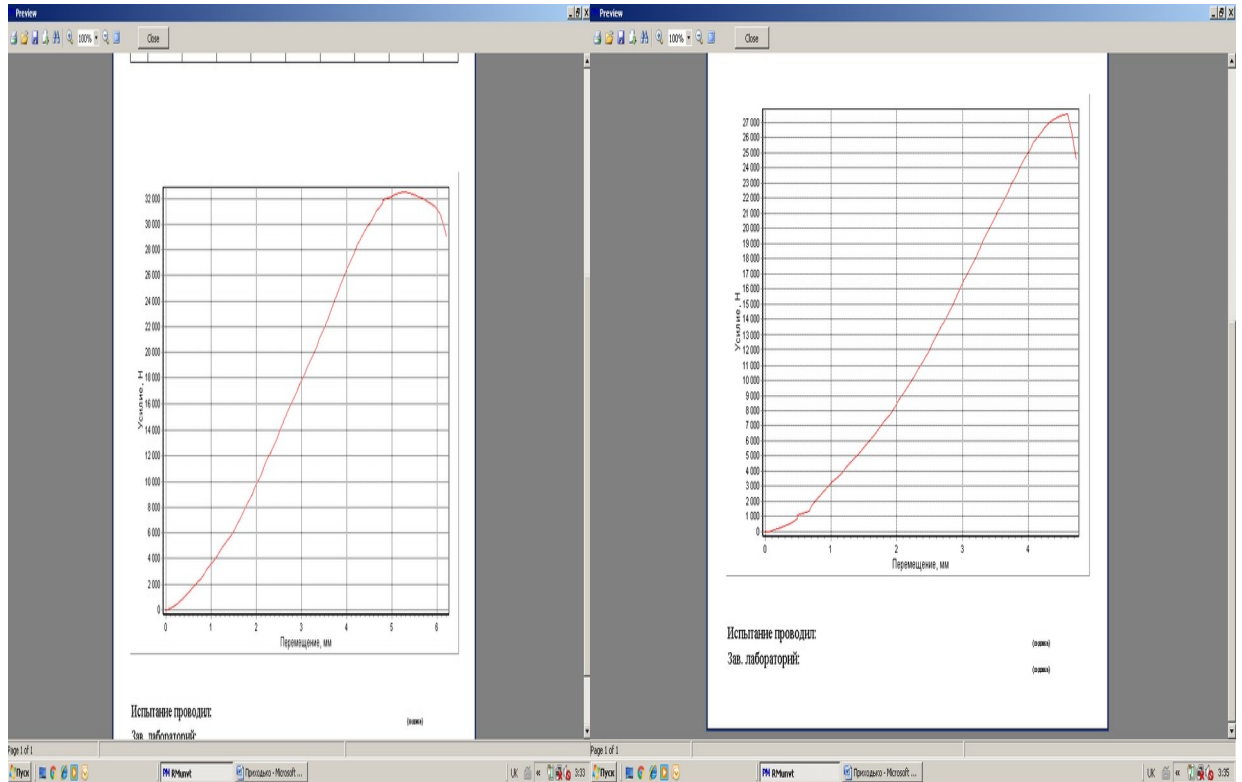
ясен 3

ясен 4



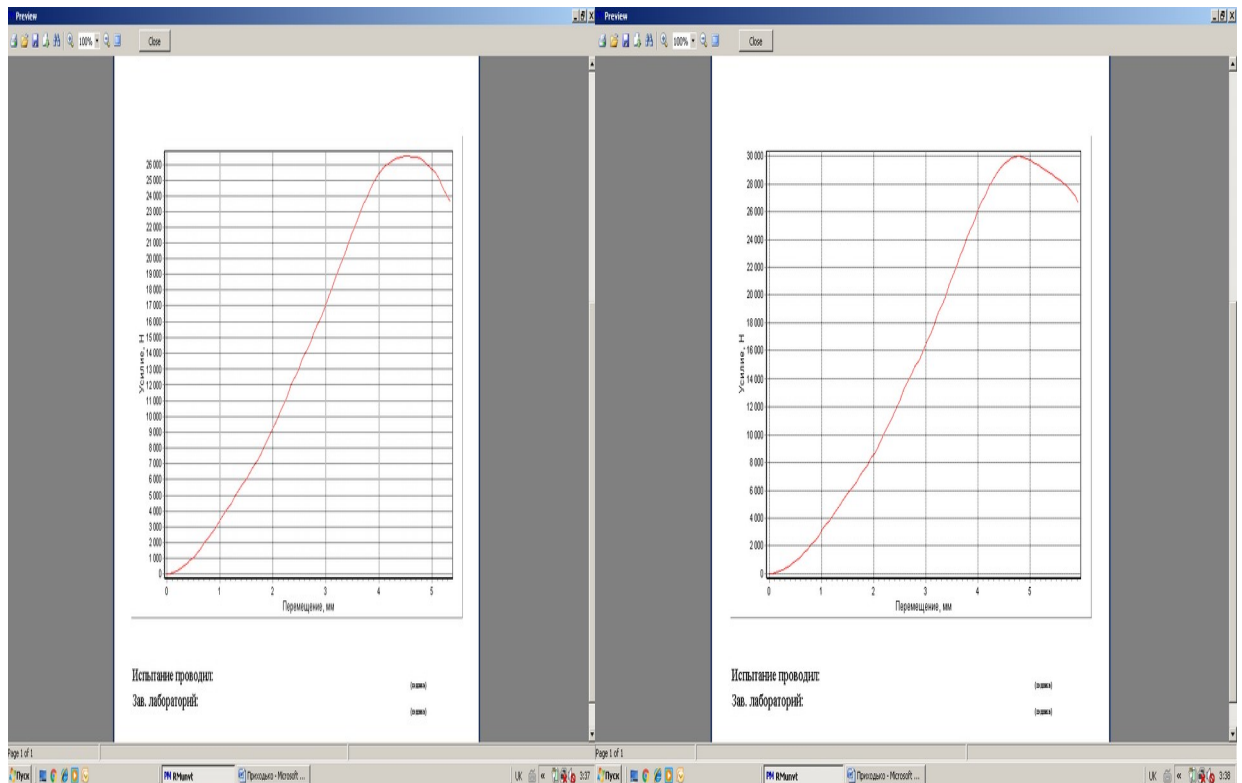
ясен 5

ясен 6



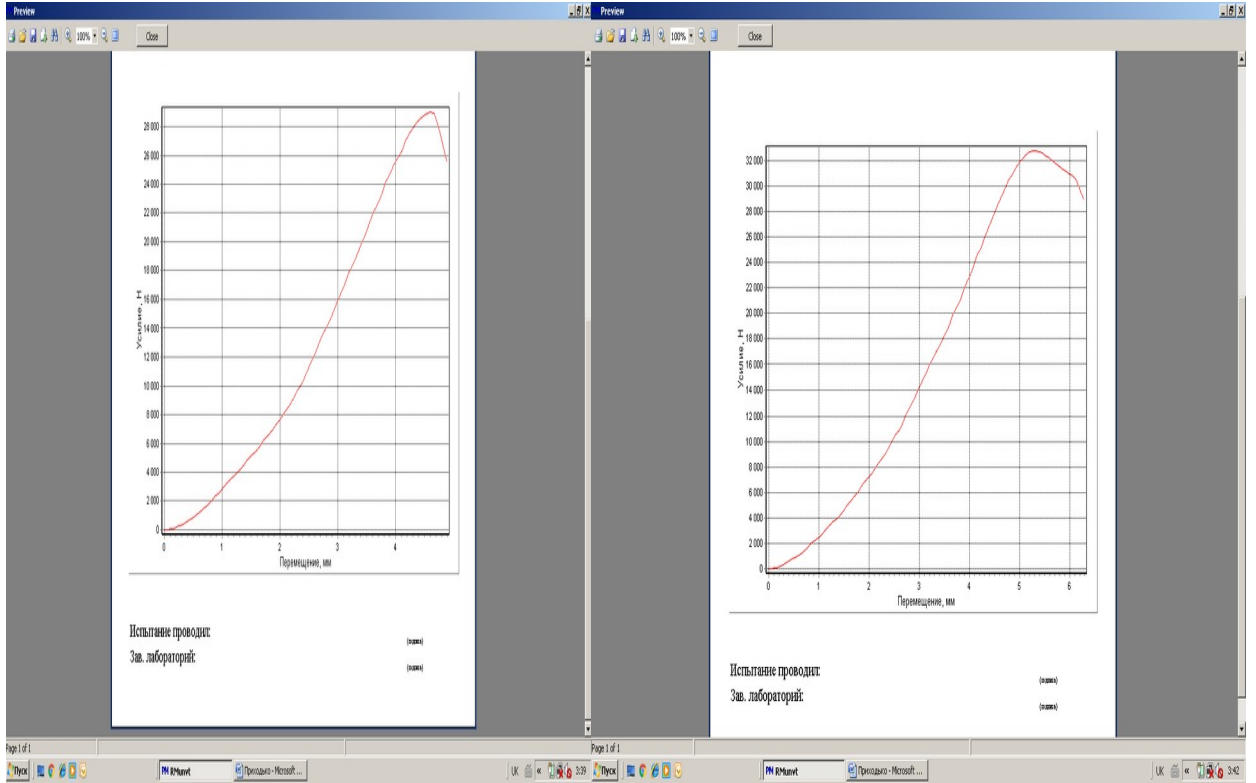
ясен 7

ясен 8



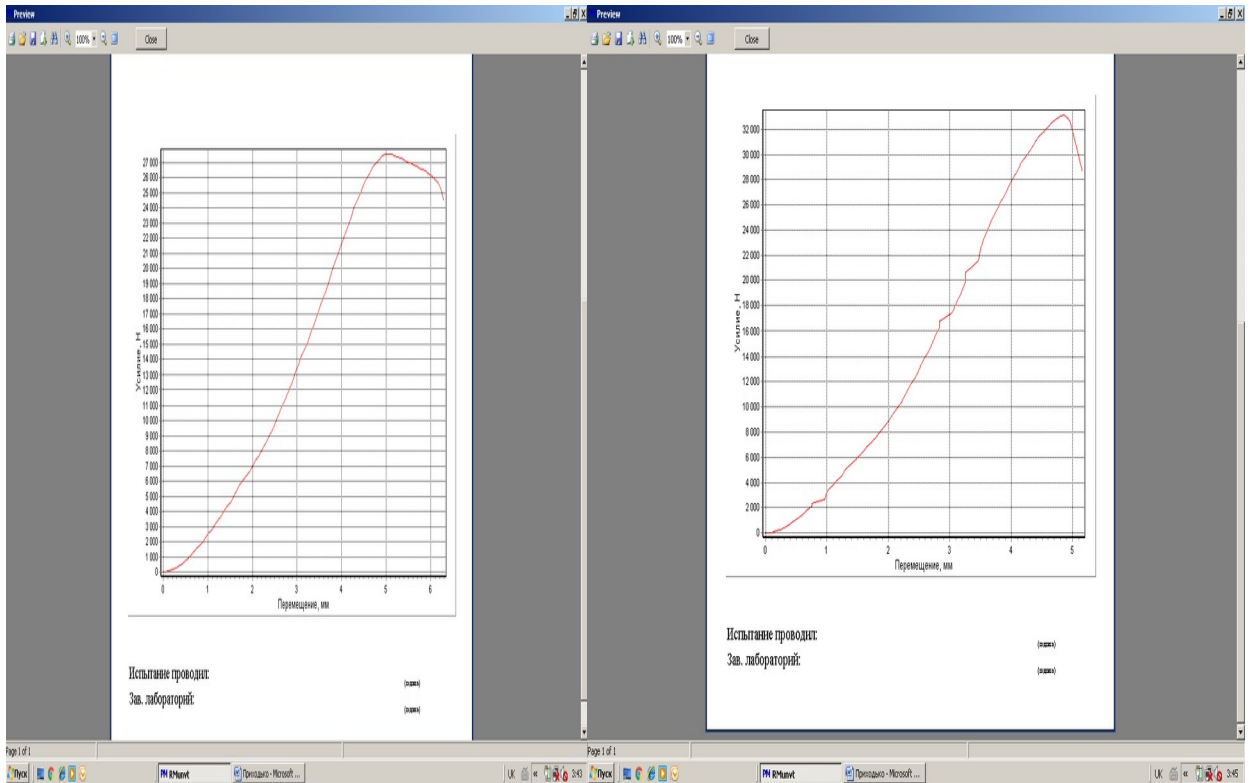
ясен 9

ясен 10

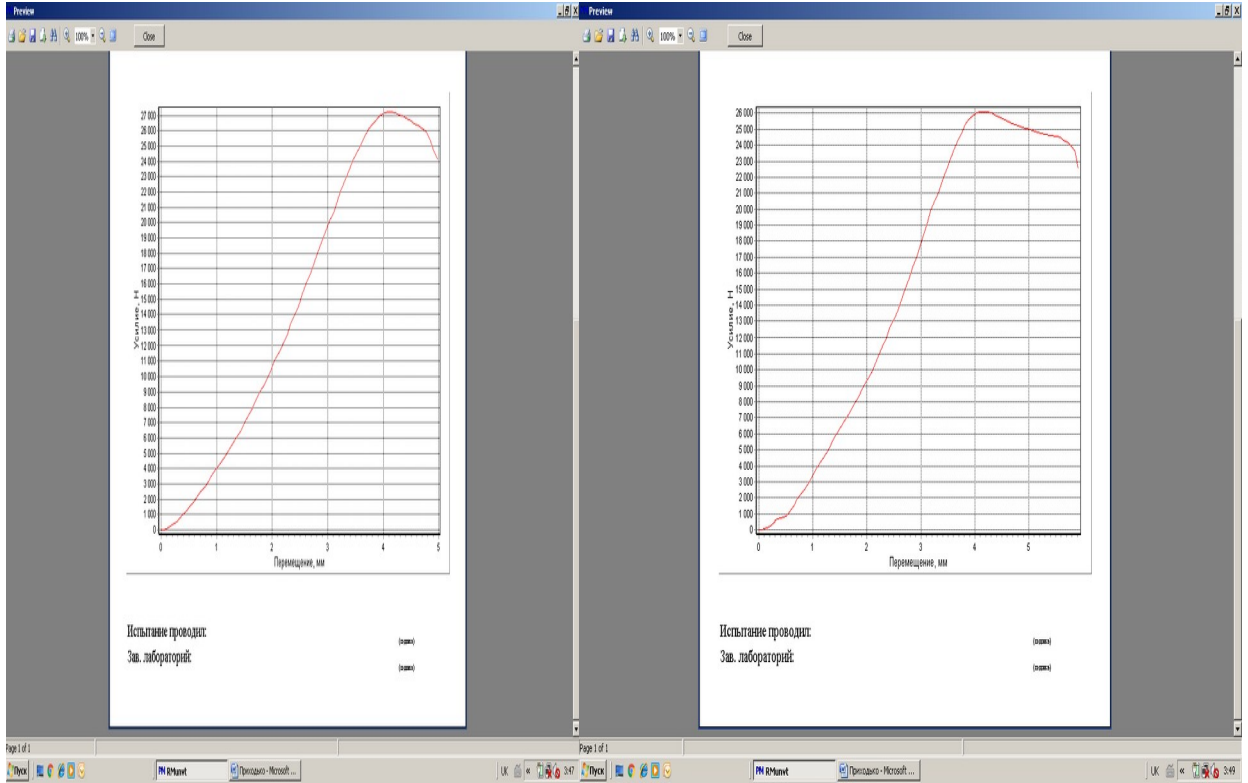


ясен 11

ясен 12

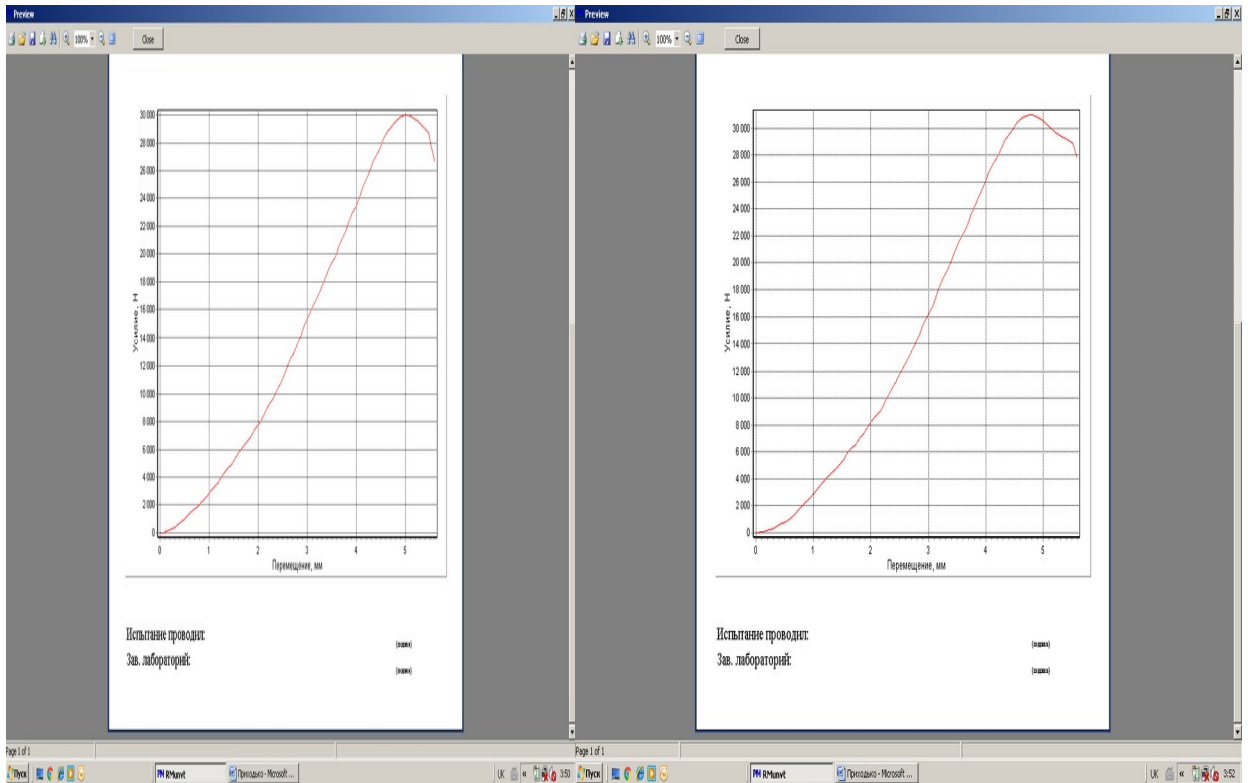


ясен 13



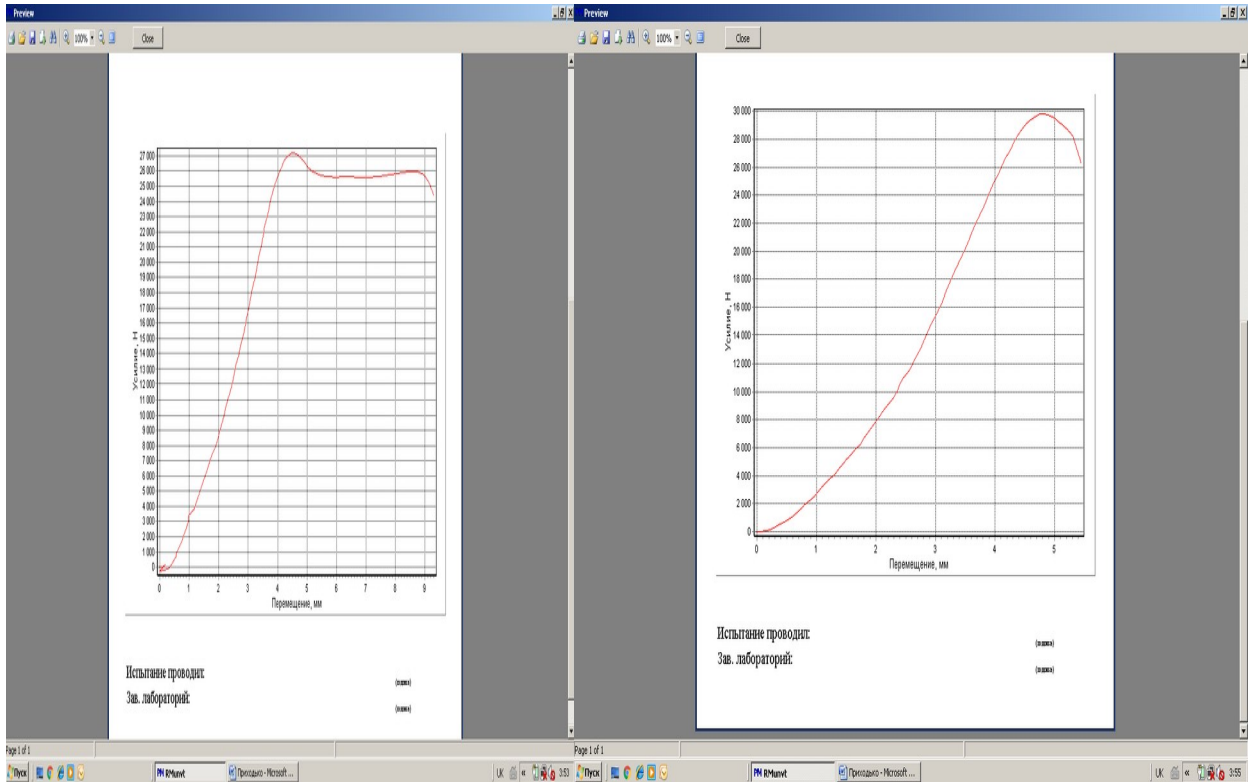
ясен 14

ясен 15



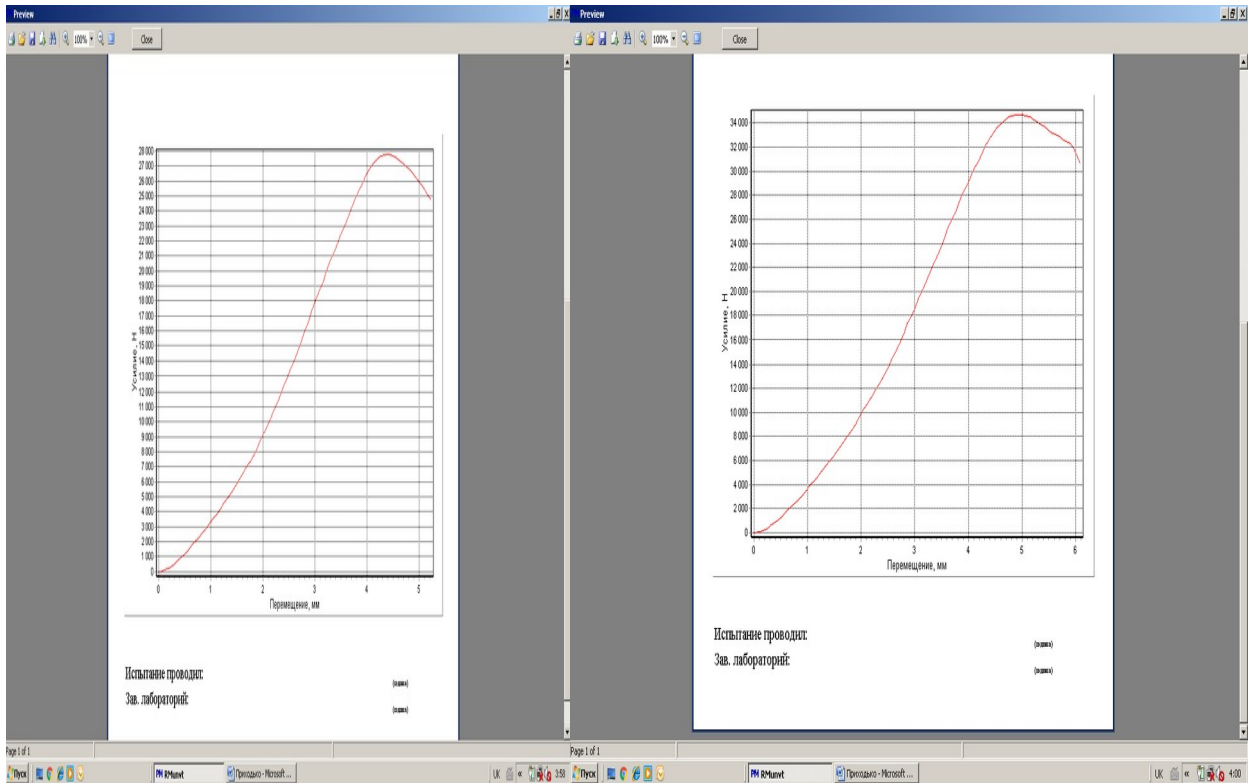
ясен 16

ясен 17



ясен 18

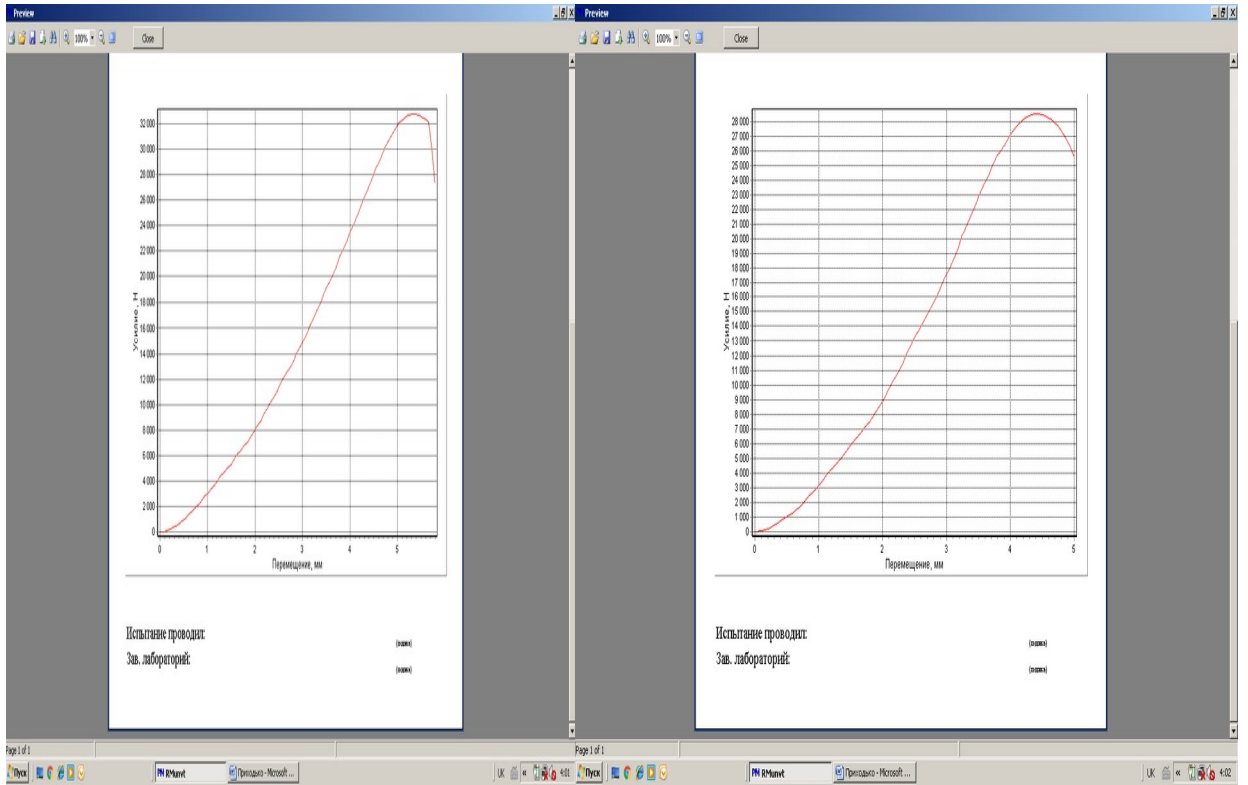
ясен 19



ясен 20

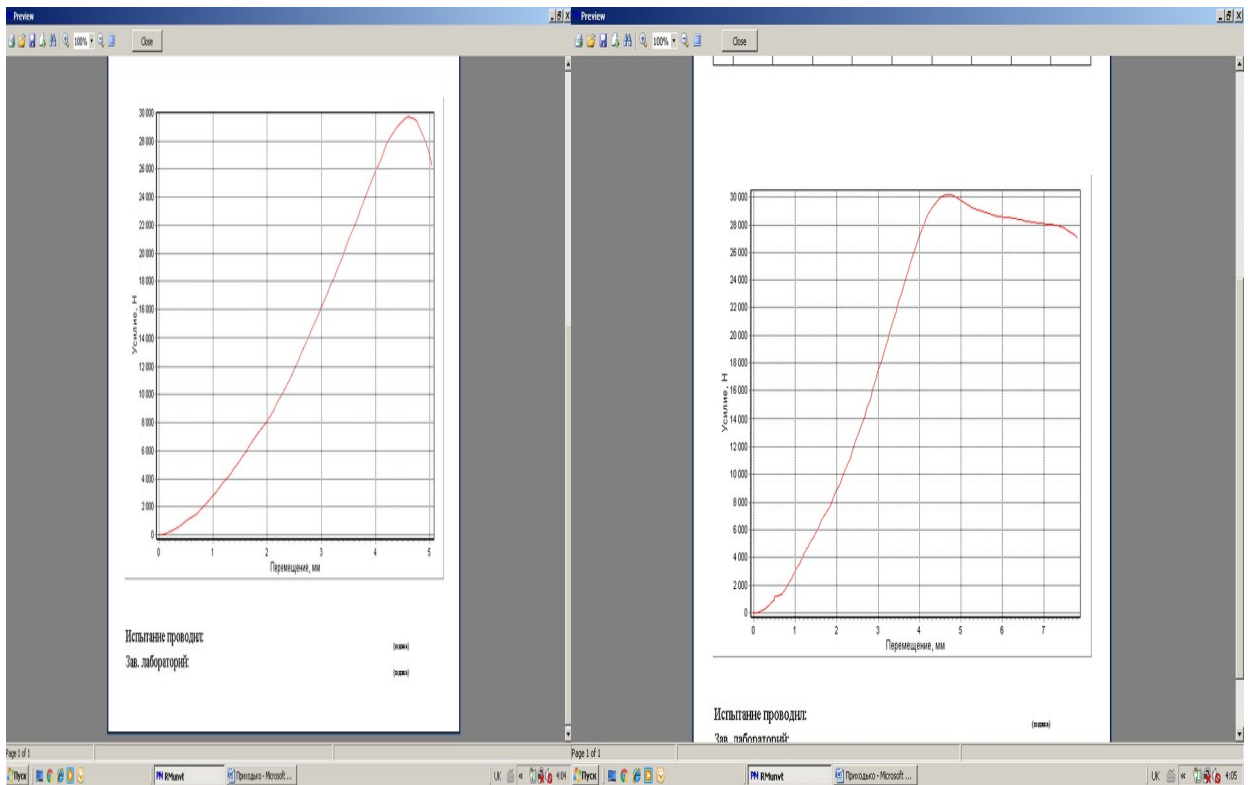
ясен 21

ясен 22



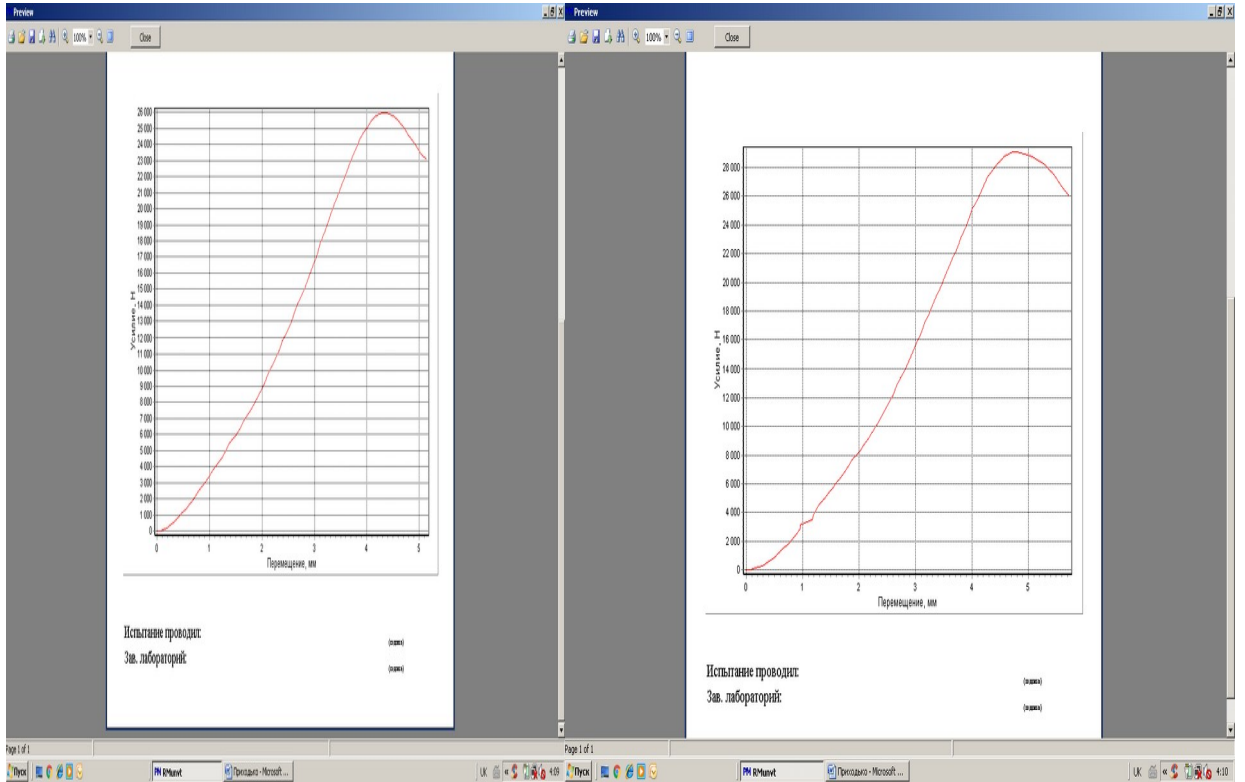
ясен 23

ясен 24



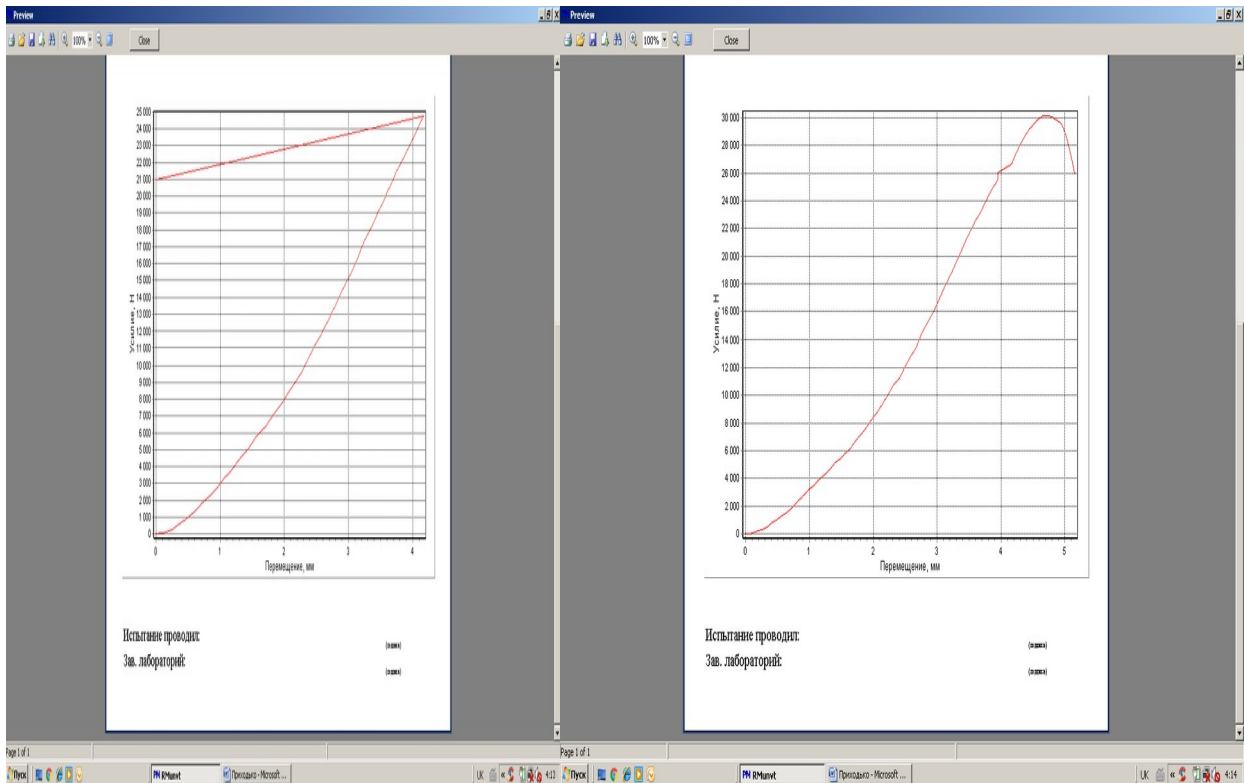
ясен 25

ясен 26



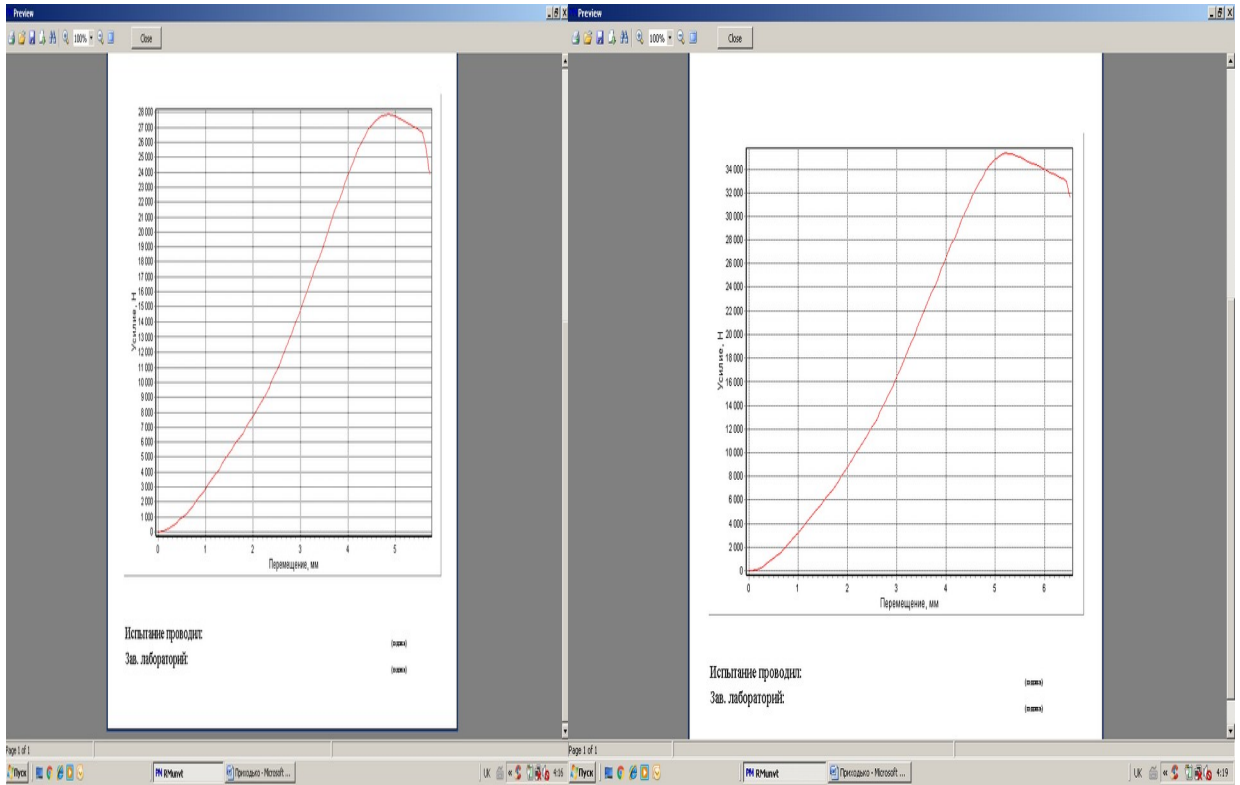
ясен 28

ясен 29



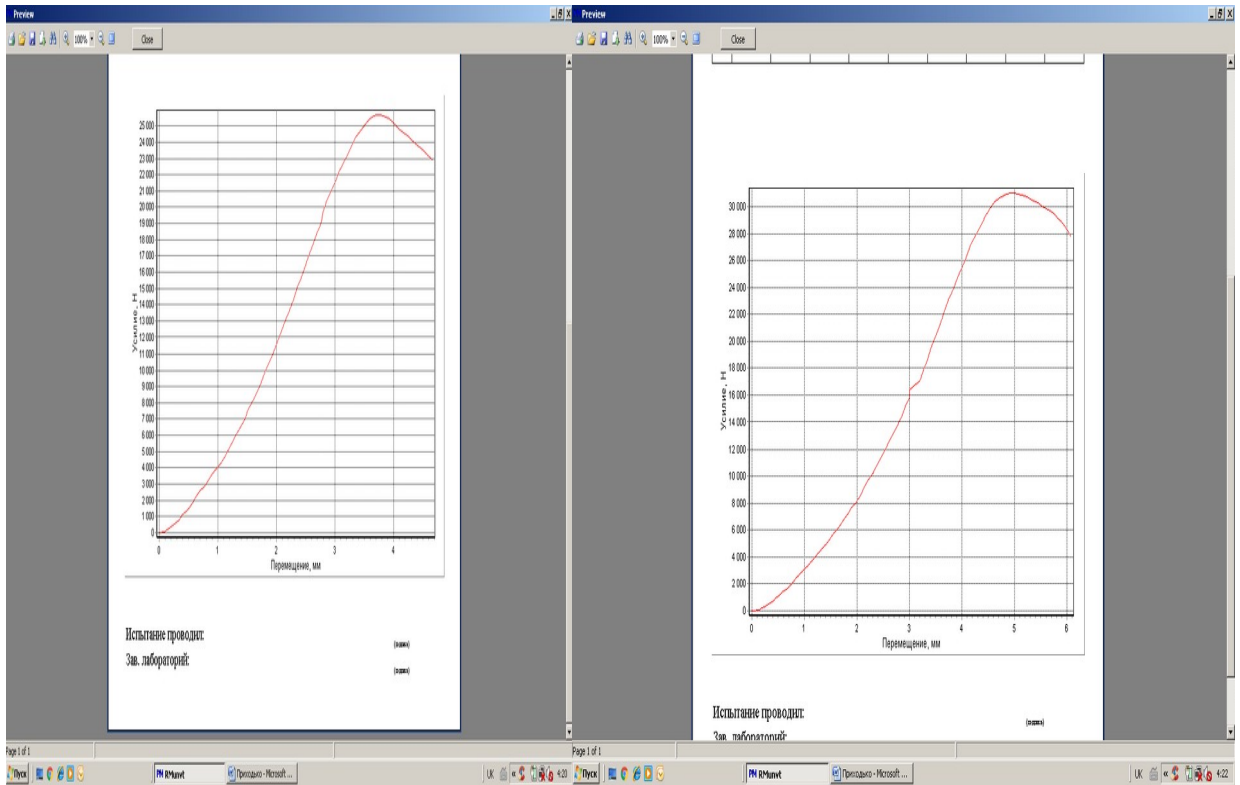
ясен 30

ясен 31



ясен 32

ясен 33



ясен 34

ясен 35

