

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій деревинних композиційних матеріалів,
целюлози та паперу

УДК 674.815 - 41

Пояснювальна записка
до дипломної роботи магістра на тему:
**Вплив подрібнювального обладнання на
властивості деревинно-солом'яних плит**

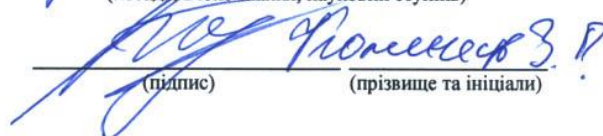
Виконав: студент групи ТДКМ(м)-61
спеціальності 161 “Хімічні
технології та інженерія”


_____ Червінка Б.І.
(підпис)

Керівник: доцент каф. ТДКМ, к.т.н.


_____ Салабай Р.Г.
(підпис)

Рецензент: *доц., к.т.н.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь)


_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут деревообробних технологій і дизайну
 Кафедра технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу
 Освітній рівень магістр
 Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
 Спеціалізація Технології деревинних композиційних матеріалів і модифікування
деревини

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 

д.т.н., проф. Бехта П.А.

“ 17 ” грудня 2024 рокуЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Червінці Богдану Івановичу

1. Тема роботи Вплив подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом'яних плит,
керівник роботи доц. каф. ТДКМ Салабай Роман Григорович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом університету від “ 24 ” липня 2024 року № C-477
2. Термін подання студентом роботи 12.12.2024 р.
3. Вихідні дані до роботи Проаналізувати властивості деревинно-солом'яних плит,
дослідити вплив подрібнювального обладнання на властивості деревинно-
солом'яних плит.
4. Зміст пояснювальної записки (розділи, які потрібно розробити)
 1. Стан питання та завдання дослідження
 2. Методика експериментальних досліджень
 3. Обробка експериментальних даних
 4. Висновки та рекомендації
5. Дата видачі завдання 05.08.2024 р.

Студент


(підпис)

Червінка Б.І.

Керівник роботи


(підпис)

Салабай Р.Г.

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота магістра виконана на актуальну для виробництва тему “Вплив подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом’яних плит”. У роботі проаналізовано забезпечення сировиною виробництва деревинних стружкових плит, а також властивості злакової соломи та її використання у виробництві деревинних стружкових плит і характеристику солом’яних частинок як наповнювача композиційних матеріалів й досліджено вплив подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом’яних плит.

Дипломна робота магістра складається з трьох розділів:

1. Стан питання та завдання досліджень;
2. Методика експериментальних досліджень;
3. Обробка експериментальних даних.

У першому розділі проаналізовано: забезпечення сировиною виробництва деревинних стружкових плит, властивості злакової соломи та її використання у виробництві деревинних стружкових плит і характеристику солом’яних частинок як наповнювача композиційних матеріалів.

У другому розділі описано матеріали, використані в експериментальних дослідженнях, експериментальне обладнання та вимірювальна апаратура, методики підготовки і визначення параметрів солом’яних частинок, наведено вибір змінних факторів і планування експериментів та описано методики досліджень виготовлення деревинно-солом’яних плит і визначення їх фізико-механічних властивостей.

У третьому розділі наведено отримані експериментальні дані досліджень, щодо впливу подрібнювального обладнання на властивості солом’яних частинок і на властивості деревинно-солом’яних плит, а також щодо впливу зміни тривалості пресування на властивості солом’яних плит, виготовлених з солом’яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні, і зроблено обґрунтування результатів.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
1.1. Забезпечення сировиною виробництва деревинних стружкових плит	6
1.2. Властивості злакової соломи та її використання у виробництві деревинних стружкових плит.....	10
1.3. Характеристика солом'яних частинок як наповнювача композиційних матеріалів.....	14
1.4. Висновки і завдання досліджень.....	16
Розділ 2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
2.1. Матеріали, використані в експериментальних дослідженнях.....	19
2.2. Експериментальне обладнання та вимірювальна апаратура.....	21
2.3. Методика підготовки і визначення параметрів солом'яних частинок....	22
2.4. Методика досліджень виготовлення і випробування деревинно-солом'яних плит.....	26
2.4.1. Вибір змінних факторів і планування експериментів.....	26
2.4.2. Виготовлення деревинно-солом'яних плит.....	28
2.4.3. Визначення фізико-механічних властивостей деревинно-солом'яних плит.....	37
2.5. Статистична обробка результатів досліджень.....	43
Розділ 3. ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ	47
3.1. Вплив подрібнювального обладнання на властивості солом'яних частинок.....	47
3.2. Вплив подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом'яних плит.....	50
3.3. Вплив зміни тривалості пресування на властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні.....	54
3.4. Висновки.....	57
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

ВСТУП

Актуальність теми. Попит на деревину та деревинні композиційні матеріали (ДКМ) постійно зростає. Щорічно використовується понад 3,5 млрд. тонн деревини, а споживання деревинних плит зростає приблизно на 4%. Вибір сировини для виробництва деревинних плит визначається економічною доцільністю з урахуванням її запасів, умов заготівлі, доставляння та зберігання. Традиційною сировиною у виробництві стружкових плит (СП) була й залишається деревина, проте, придатна і недеревинна лігноцелюзна сировина – рослинна. Серед багатьох видів рослинної сировини в Україні найбільш значні запаси злакової соломи, і саме вона може вважатися найбільш перспективною рослинною сировиною для виробництва плит. Щорічно отримується 25-30 млн. тонн соломи.

Заміна деревинних частинок солом'яними у виробництві плитних матеріалів дозволить зекономити деревину, спростити технологічний процес виробництва, зменшити собівартість плит.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Забезпечення сировиною виробництв деревинних стружкових плит

Деревинні композиційні матеріали набули поширення порівняно недавно і ефективно використовуються у різних галузях промисловості. Широке застосування ДКМ пояснюється, насамперед, можливістю надавати їм в процесі виготовлення різноманітних наперед заданих властивостей. ДКМ – повноцінні замітники багатьох традиційних матеріалів (натуральної деревини, бетону, металів, пластмас тощо). Вони мають комплекс властивостей і особливостей, що відрізняють їх від традиційного конструкційного матеріалу деревообробки (масивної натуральної деревини) і у сукупності відкривають широкі можливості для розробки нових матеріалів та технологічних процесів. Розвиток виробництва ДКМ перспективний, оскільки для їх отримання використовуються відходи різних виробництв, що сприяє комплексному використанню сировини. При виробництві багатьох композиційних матеріалів майже не утворюється відходів. Це дає змогу створити реальні умови переведення деревообробних підприємств на роботу за маловідходною і безвідходною технологією [1].

До деревинних композиційних матеріалів відносяться матеріали, наповнені деревиною різного вигляду. Згідно з геометрією наповнювача (за параметрами наповнювача) ДКМ поділяють на групи: масивні, листові, частинчасті, волокнисті, порошкоподібні та на основі комбінації різних наповнювачів [1, 2]. За видом наповнювача деревинні композиційні матеріали можна поділити на: деревинні, рослинні та деревинно-рослинні.

Будова і властивості деревинного матеріалу залежать від його складових, природи наповнювача та його взаємного розташування і природи зв'язків між наповнювачем [3].

Найбільш масовою продукцією серед ДКМ є деревинні плити, а найбільш масова продукція плитних виробництв – стружкові плити [4, 5].

Виробництво деревинних стружкових плит – матеріалу, який одержують гарячим пресуванням деревинних частинок (дрібної стружки), змішаних із синтетичним клеєм, організоване першопочатково лише для використання відходів деревообробки, перетворилося у самостійну галузь деревообробної промисловості. СП застосовуються в основному в меблевому виробництві і домобудуванні (для внутрішніх робіт), а також в інших галузях (тарному виробництві, судно-, авто-, вагонобудуванні тощо) [3].

Широке застосування стружкових плит пояснюється порівняно невисокою вартістю, можливістю одержати плити різної товщини та великого формату при високій жорсткості, можливістю регулювати деякі фізико-механічні показники та одержати плити зі спеціальними властивостями, однорідністю властивостей в різних напрямках по площині плити, невеликою зміною розмірів при зміні температурно-вологісних умов експлуатації, низькою теплопровідністю, придатністю до поверхневого опорядження, естетичним зовнішнім виглядом тощо, а також можливістю повної автоматизації виробництва стружкових плит [3, 4].

Вибір сировини визначається економічною доцільністю з врахуванням її запасів, умов заготівлі, доставляння і зберігання. Для виробництва СП як деревинну сировину застосовують технологічні дрова, технологічну тріску, відходи різних деревообробних виробництв [3]. Як клеєві матеріали – органічні клеї на основі смол, які одержуються синтетичним шляхом: карбамідоформальдегідні, фенолоформальдегідні, карбамідомеламіноформальдегідні. Клейові з'єднання на основі термореактивних синтетичних смол мають високу жорсткість і міцність, що забезпечує високу міцність СП.

Карбамідоформальдегідні смоли забезпечують стійкість клейових з'єднань тільки при дії холодної води. При одночасній дії води і температури понад 60°C клейові з'єднання руйнуються. Тому карбамідоформальдегідні смоли відносяться до смол середньої водостійкості.

Фенолоформальдегідні та карбамідомеламіноформальдегідні смоли забезпечують стійкість клейових з'єднань при дії теплої та гарячої води. Тому ці смоли відносяться до смол підвищеної водостійкості.

Однак, фенолоформальдегідні смоли мають темний колір (від світло-коричневого до темно-коричневого), відповідно забарвлюють деревину; є дорожчими порівняно з карбамідоформальдегідними; застосовуються при виготовленні плит, які експлуатуються на відкритому повітрі.

Карбамідомеламіноформальдегідні смоли безколірні або мають світле забарвлення, відповідно не забарвлюють деревину, є менш токсичними порівняно з фенолоформальдегідними смолами. Однак, через дефіцит і високу вартість меламіну ці смоли застосовують рідко для виробництва СП.

Виробництво стружкових плит є матеріаломістким – питома вага матеріальних витрат в структурі собівартості плит складає понад 50%. Питома витрата сировини по окремих підприємствах коливається в межах від 1,57 до 2,05 м³ на 1 м³ плити [6]. В середньому витрата сировини складає 1,7 м³ на 1 м³ плити, а питома витрата смоли 50-72 кг на 1 м³ плити [7].

Аналізуючи динаміку виготовлення стружкових плит в Україні, необхідно відзначити, що обсяги виробництва за останні роки стрімко збільшуються. Плитне виробництво в цілому розвивається найвищими темпами серед виробництв деревообробної промисловості України.

Розглядаючи перспективу розвитку виробництва стружкових плит, необхідно сказати, що пошук сировини для повного завантаження потужностей діючих ліній проводиться незадовільно, можливо, тому, що спрямований на використання тільки традиційної кондиційної сировини. Однак, перехід лісопильного виробництва та деревообробки на матеріалоощадне обладнання призвело до зменшення відходів, які раніше були частиною сировинної бази галузі. Враховуючи актуальність і перспективність проблеми, необхідно використовувати досвід малолісних держав, де вирощують швидкорослі дерева та використовують їх за цільовим призначенням, тобто для виробництва СП.

Зростання обсягів виробництва виробів з деревини в цілому по промисловості буде залежати насамперед від забезпечення сировиною потужностей виробництв основних видів продукції (пиломатеріалів, столярних та теслярських виробів, паркету, фанери та гнукоткесених деталей, лущеного та струганого шпону, волокнистих та стружкових плит). Необхідно пам'ятати, що деревина також є сировиною для лісохімічної та целюлозно-паперової промисловості тощо. Щорічно в Україні заготовляється близько 15 млн. м³ деревини. Основні об'єми лісозаготівлі припадають на райони Карпат, Полісся і Лісостепу.

На сьогодні перед лісовою промисловістю постає проблема врегулювання питань використання лісових ресурсів з врахуванням вимог екологічних організацій. Світовим співтовариством за основу ставиться принцип стійкого розвитку всіх типів лісів, збереження їхньої біологічної розмаїтості; збереження лісів країн Східної Європи, які є "легенями" Європи в цілому. Виходячи з такої постановки питання необхідно відтворювати ліси, а не вирубувати їх.

Ресурси деревини в Україні скорочуються. Для збереження теперішнього рівня виробництва і його розвитку необхідно щороку закуповувати деревину та її продукти за кордоном. Залучення до господарського обігу додаткових деревинних ресурсів можливе завдяки повному використанню всієї біомаси дерева, вторинних та інших матеріалів і вивільненню цільної деревини за рахунок застосування заміників.

Лісосічні відходи, що майже не використовуються (пні, корені, гілки), є істотним резервом. Ці втрати складають 1/3 біомаси вирубуваного деревостану, а з неї можна виготовляти паливні брикети, добрива, хімічні препарати, технологічну тріску для плитних виробництв тощо.

Можна замінити деревину в тарному, целюлозно-паперовому виробництві, паливному балансі вторинними матеріалами (макулатура, лоза).

Перспективними є також використання місцевої недеревинної сировини: соломи, очерету, лузги та іншої лігноцелюлозної сировини.

1.2. Властивості злакової соломи та її використання у виробництві деревинних стружкових плит

В багатьох країнах для виробництва деревинних композиційних матеріалів (які в зарубіжній технічній літературі називають лігноцелюлозними композиційними матеріалами (ЛЦКМ)) традиційною сировиною була і залишається деревина. Проте, для виготовлення ЛЦКМ також придатна рослинна сировина. В основному це лігноцелюозна сировина сільськогосподарського виробництва у вигляді продукту: волокна льону, коноплі, джуту, кенафу та інших культур і відходів: стебла бавовнику, солома, виноградна лоза, кострець льону і коноплі, багаса (жом цукрової тростини), відходи насіння бавовни, рисова і соняшникова лузга тощо. Можливе застосування очерету та інших дикорослих рослин, які не використовуються або мало використовуються в промисловості.

В ЛЦКМ волокна і частинки рослин є зміцнювальним елементом або головним компонентом. Рослинні волокна можна використовувати для армування як термореактивних, так і термопластичних полімерних матеріалів. При армуванні ними поліпропілену, поліетилену, полістиролу та інших термопластичних полімерів, отримані позитивні результати [8].

Полімери, наповнені різними рослинними частинками з агровідходів (в кількості 50% від маси абсолютно сухих частинок), мають вищі механічні властивості, ніж вихідні полімери [9, 10].

Треба відзначити, що при використанні дешевшої, недефіцитної агро-сировини потрібно менше енергетичних витрат. Зокрема, при використанні кострецю і відходів насіння значно спрощується технологічний процес, оскільки відпадає необхідність в таких операціях як подрібнення і сушіння.

В нашій країні, за запасами найбільше злакової соломи. На цій підставі її можна вважати найбільш перспективною рослинною сировиною. В США, після багаси, злакова солома вважається другим найбільш важливим сільськогосподарським волокном для виробництва ЛЦКМ [11].

Злакові культури – це одно-, дво- або багаторічні рослини, у яких стебло має набір порожнистих циліндричних міжвузлів, а листя розташовуються почергово або у два ряди. Основна хлібна культура у світі – пшениця, яра та озима, має мичкувату кореневу систему, порожнисте стебло висотою 70-150 см, що складається з 5-7 міжвузлів, плоске листя лінійної форми, 5-7 квіткових колосків у вигляді дворядного колосу. Жито має схожу з пшеницею будову [12, 13].

За останні роки в багатьох країнах пшенична солома стала головною недеревинною сировиною, що використовується для виготовлення деревинних плит [3].

Солома складається з стебла, листя і колоса. Найважливіша частина соломи – трубчатє стебло. Відносний вміст морфологічних частин рослин залежить від виду рослини, вегетативного періоду та способу збору [13]. З табл. 1.1. видно, що найбільший відсоток припадає на стебло (57-73 %), вміст якого в соломі суттєво впливає на продуктивність виробництва [14].

Таблиця 1.1

Вміст органів рослин в злаковій соломі, % [13]

Назви рослин	Органи рослин		
	Стебло	Листя	Колос
Пшениця	57-73	18-30	1-10
Жито	65-72	13-29	5-14

Специфіка переробки злакової соломи на стружкові плити впливає головним чином з її анатомічної будови і її хімічних властивостей. Стінки трубчатого стебла перенасичені кремнеземом (пшенична солома містить в середньому 6,6 % золи, в якій 3-5 % становить кремнезем [3, 15]). Зовнішня поверхня трубчатого стебла покрита тонким шаром воску з досить складним хімічним складом [3, 14]. Цей високо гідрофобний прошарок “поводиться” як протиадгезійний “центр” і унеможливорює необхідне змочування поверхні частинок соломи з клеєм, що є важливою умовою утворення

плит з хорошими фізичними і механічними властивостями (в основному – необхідної межі міцності на розтяг в напрямку перпендикулярному до площини плити). Спроби усунення воскового прошарку із зовнішньої поверхні стебла при застосуванні різних екстрагентів не дали очікуваних результатів [14].

Властивості соломи дещо відрізняються від властивостей деревини:

- хімічний склад соломи відмінний від деревини (табл. 1.2). Порівняно з деревиною солома містить більше геміцелюлоз, золи і кремнезему, але менше лігніну [13, 16, 17].

- солома морфологічно складніша і менш однорідна, ніж деревина;

- низька насипна щільність солом'яних частинок порівняно з деревинними. Насипна щільність солом'яних частинок становить 44 кг/м^3 , а насипна щільність промислових деревинних частинок – 124 кг/м^3 , практично в 3 рази менше [18]. Внаслідок цього ступінь ущільнення соломи під час гарячого пресування більший, ніж деревини. Це накладає обмеження на економічний радіус збирання і доставляння соломи та на розміри частинок, що виготовляються;

- менші розміри волокон соломи порівняно з деревинними. Довжина клітин соломи наближається до довжини клітин деревини твердолистяних порід і в 2-3 рази менша довжини клітин деревини хвойних порід [16];

- солом'яні частинки гідрофобніші, ніж деревинні. Криві гігроскопічної рівноваги соломи схожі на аналогічні криві для деревини [19];

- міцнісні властивості стебел пшеничної соломи набагато нижчі, ніж деревини. Наприклад, міцність на розривання пшеничної соломи становить 9-38 МПа, ялини – 139 МПа, бука – 180 МПа [16];

- солом'яні частинки довші, тонші і мають меншу ширину, ніж деревинні [18, 20, 21, 22]. Тому відношення довжини до товщини є в 5-7 раз більше порівняно з відповідним значенням для деревинних частинок, внаслідок чого, поліпшується міцність на згин плит з соломи.

Таблиця 1.2

Вміст головних компонентів пшеничної і житньої соломи порівняно з деревиною, % [13]

Матеріал	Целюлоза	Лігнін	Пентозани	Смоли, жири, воски	Зола
Пшенична солома	44,3	16,5	26,7	5,22	6,65
<i>Стебло</i>	46,2	18,6	26,4	4,59	4,18
<i>Листя</i>	42,3	15,2	27,4	6,51	9,42
<i>Колос</i>	39	17,6	31,2	6,98	8,6
Житня солома	45,2	19,3	26,2	5,86	4,63
<i>Стебло</i>	55,8	19,8	25,6	4,63	3,65
<i>Листя</i>	41,7	17,4	26,3	7,17	7,35
<i>Колос</i>	38,9	14	28	5,15	7,14
Ялина	46,1	28,5	10,7	2,93	0,18
Сосна	47	27,5	10,4	3,4	0,2
Осика	43,6	20,1	26	1,6	0,26
Береза	41	21	28	1,8	0,47

За останні роки багато досліджень проводиться з проблеми використання соломи як альтернативної сировини для деревинних композиційних матеріалів, особливо для деревинних плит [11, 14, 18, 20, 23]. Зокрема, проводилися дослідження виготовлення солом'яних і деревинно-солом'яних плит з пшеничної соломи на основі карбамідоформальдегідних смол. Створені матеріали мали такі фізико-механічні властивості: товщина плити 16 мм, щільність – 650 кг/м³, межа міцності при статичному згині – 11,7 МПа, при розтягу перпендикулярно до площини плити – 0,12 МПа, набрякання за товщиною – 32,1%, водопоглинання – 63,6% за витрати клею 14% [14]; товщина – 18 мм, щільність – 700 кг/м³, межа міцності при статичному згині – 14,4 МПа, набрякання за товщиною – 25%, водопоглинання – 65,4% за витрати клею 10% [23]; товщина – 12 мм, щільність – 650 кг/м³, межа міцності при статичному згині – 11,6 МПа, при розтягу перпендикулярно до площини плити – 0,07 МПа, набрякання за товщиною – 31,3%, водо-

поглинання – 79,1% за витрати клею 10% і при додаванні 25% деревинних частинок [18].

Викликає інтерес створення ЛЦКМ без застосування в'язучого. Плити з подрібненої рисової соломи, попередньо обробленої водяною парою і аміаком, формували і пресували при температурі 170-180 °С і тиску 7 МПа [24]. Щільність плит – 1150 кг/м³, межа міцності при статичному згині – 23,6 МПа.

1.3. Характеристика солом'яних частинок як наповнювача композиційних матеріалів

Можливості практичного застосування рослинної сировини у виробництві ЛЦКМ величезні. В зв'язку зі збільшенням потреб на композиційні матеріали, які мають велике значення для усіх галузей народного господарства, очікується розширення використання агросировини для їх виробництва. В умовах України це дасть змогу суттєво поповнити галузь виробництва ДКМ, зокрема плитних, необхідною сировиною.

Переваги соломи як сировини для деревинних плит:

- щорічне поновлення сировини;
- середня ринкова ціна соломи в декілька разів менша, ніж деревини;
- менші витрати на подрібнювальне і сушильне обладнання;
- солом'яні плити або стружкові плити з додаванням соломи на основі ізоціанатних клеїв за міцністю на згин і гігроскопічними властивостями перевершують звичайні стружкові плити. Наприклад, солом'яні плити порівняно з традиційними OSB плитами мають наступні переваги: приблизно однакову міцність на згин, кращу гладку поверхню [18].

Перешкоди використання соломи як сировини для деревинних плит:

- високий вміст золи і кремнезему. Це призводить до великих витрат енергії, а також обмежує час експлуатації робочих елементів подрібнювального обладнання;

- наявність воску з досить складним хімічним складом, який в соломі не розпорошений у всій її масі, як це має місце в деревині, а знаходиться практично повністю на поверхні стебла. Утворення такого антиадгезійного шару на поверхні частинок соломи перешкоджає змочуванню поверхні частинок і погіршує їх склеювання [25];

- солома – побічний, а не цільовий продукт сільськогосподарського виробництва. Тому, заготівля і обробка здійснюється передусім в напрямку максимального урожаю зерна, а не соломи. Об'єми заготовлюваної соломи будуть залежати від погодних умов під час збирання урожаю, тобто для цього виду сировини характерна сезонність збирання, транспортування і зберігання. Наприклад, холод і опади призводять до утворення великої кількості соломи [26];

- транспортування соломи на далеку відстань економічно невиправдане [27]. Враховуючи низьку насипну щільність соломи, рекомендується пакувати і транспортувати її в тюках (спресованих пачках);

- вища здатність соломи пластифікуватися порівняно з деревиною під час гарячого пресування [28]. Це вимагає технологічного коректування параметрів пресування (температури і тиску) з метою уникнення проблем, пов'язаних з коливаннями щільності за поперечним перетином солом'яних плит. В зв'язку із збільшенням тривалості пресування рекомендується використовувати потужніші преси [21, 29].

Літературні джерела стверджують, що за останнє десятиріччя в світі введено в дію більше 30-ти технологічних ліній для виробництва деревинних плит з соломи. Однак, потрібно зазначити, що деякі заводи після одного-двох років роботи були закриті. Так, наприклад, "Panelboard Highlights" (2002) повідомляє, що в кінці 1998 року в США і Канаді було введено (або планувалося вводити) в дію вісім заводів з виробництва плит із соломи. Проте, вже в 2002 році сім з них були закриті. Пояснюється це деяким спадом у будівництві, який призвів до надлишку деревинних плит на ринку, що в свою чергу, призвело до зниження ринкових цін на деревинні будіве-

льні плити. Внаслідок таких змін на ринку плит солом'яні плити за своєю ціною не змогли конкурувати з традиційними деревинними плитами [3].

Потрібно зазначити також, що якщо спочатку заводи з виробництва плит із використанням соломи будувалися в основному в Канаді і США, то за останні роки будуються заводи з виробництва стружкових плит або волокнистих плит середньої щільності з використанням пшеничної і рисової соломи, а також багаси і бавовнику, в Китаї, Індії, Пакистані, Таїланді.

Підсумовуючи, можемо констатувати, що використання соломи як сировини для деревинних плит з екологічної точки зору можна розглядати як велике досягнення. Враховуючи, що ціни на деревину в майбутньому будуть зростати, можна стверджувати, що в недалекому майбутньому солома стане повноцінною сировиною у виробництві плит.

1.4. Висновки і завдання досліджень

На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити такі висновки:

Попит на масивну деревину та деревинні композиційні матеріали постійно зростає. Щорічно людство використовує понад 3,5 млрд. тонн деревини, а споживання деревинних плит зростає приблизно на 4%. Швидкість глобального вирубування лісів і його вплив на навколишнє середовище, нестача деревинних ресурсів заставляє виробників деревинних плит шукати і залучати альтернативну сировину.

Вибір сировини для виробництва плит визначається економічною доцільністю з врахуванням її запасів, умов заготівлі, доставляння і зберігання. Традиційною сировиною у виробництві СП була і залишається деревина. Проте придатна і недеревинна лігноцелюозна сировина – рослинна. Серед багатьох видів рослинної сировини в Україні найбільш значні запаси злакової соломи, і саме вона може вважатися найбільш перспективною рослинною сировиною для виробництва плит.

Перевагами соломи як сировини для деревинних плит є: щорічне поновлення, в декілька разів менша середня ринкова ціна за деревину, менші витрати на подрібнювальне і сушильне обладнання тощо. Аналіз властивостей злакової соломи та параметрів солом'яних частинок як наповнювача композиційних матеріалів, створює певні передумови застосування солом'яної сировини у виробництві стружкових плит без суттєвих змін у технології останніх.

Виходячи з результатів аналізу стану питання, в даній роботі необхідно вирішити наступні завдання:

- встановити можливість і доказати доцільність використання соломи у виробництві стружкових плит;
- визначити розміри і фракційний склад подрібнених солом'яних частинок;
- встановити вплив подрібнювального обладнання на властивості солом'яних частинок і деревинно-солом'яних плит;
- дослідити вплив зміни тривалості пресування на властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Серед основних факторів, які впливають на властивості готової плити, вважають вид сировини, породу деревини, тип отриманих частинок, вид в'язучого, його кількість і розподіл між шарами, спеціальні добавки, рівень і розподіл вологості в килимі, розподіл частинок у шарах плити, розподіл щільності по шарах, щільність плит, орієнтування частинок в плиті та режим пресування [30]. Разом з впливом всього комплексу властивостей вихідних елементів, якість стружкових плит (СП) також визначається особливостями її конструкції-структури [31]. Структура СП диференційована на різні рівні: макро-, мікро- і субмікроскопічний [32]. В основному властивості СП визначаються зміною макроструктури. Структура визначає основні властивості матеріалу, а формування її в плиті – багатофакторний процес. Майже всі параметри так чи інакше взаємодіють один з одним [30]. Очевидно, що зміна одного з параметрів призводить до зміни інших в процесі виробництва. Отже, кожний з параметрів не можна розглядати ізольовано, вважаючи, що його можна легко змінити на свій погляд для регулювання процесу виробництва. При невдалому поєднанні елементів конструкції і властивостей її вихідних матеріалів виріб при експлуатації не забезпечує необхідних якісних показників, хоча окремі випробування його елементів повністю задовільні [33].

Отже, фізико-механічні властивості стружкових плит визначаються її структурою, яка формується внаслідок впливу низки факторів – властивостей сировини і клеєвих матеріалів, параметрів обладнання і режимів технології. При цьому фактори взаємопов'язано впливають один на одного і на властивості СП. Однак, врахувати всі фактори, які впливають на властивості СП, у всьому їх взаємозв'язку досить складне завдання. Тому доводиться розглядати тільки найважливіші фактори.

Виходячи з вищевикладеного, а також враховуючи обставину, що наповнювач (частинки) є найміцнішим структурним елементом плит, і в більшості випадків приймають на себе основну частину зовнішнього навантаження, яке спричинює деформацію СП, до найважливіших операцій у виробництві стружкових плит можна віднести подрібнення наповнювача, сортування подрібненого наповнювача, дозування і змішування компонентів, формування стружкових пакетів і пресування плит.

У даній роботі досліджували вплив подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом'яних плит. Для розв'язування завдань, поставлених в даній роботі, використовувався класичний експеримент.

2.1. Матеріали, використані в експериментальних дослідженнях

Для виконання досліджень використовувались такі матеріали:

- деревинні частинки, які використовуються у промисловому виготовленні тришарових стружкових плит;
- пшеничні солом'яні частинки, виготовлені шляхом подрібнення тюків соломи на подрібнювальному обладнанні, яке використовується у промисловому виготовленні тришарових стружкових плит ;
- смола КФ-МТ-15 (ТУ 6-06-12-88);
- затверджувач: амоній хлористий (ГОСТ 3773-72);
- вода питна (ГОСТ 2874-82);
- фільтрувальний папір;
- розчинник для знежирення поверхні колодок;
- клей-розплав холодного затвердіння для приклеювання колодок до площин зразків.

Основні характеристики наповнювача та показники смоли наведено нижче.

Деревинні частинки для зовнішніх і середнього шару були типовими відповідних розмірів частинками, які використовуються у виготовленні тришарових стружкових плит. Бралися деревинні частинки з шнекових транспортерів, які подають суху стружку з проміжних бункерів у змішувачі стружки.

Пшеничні солом'яні частинки виготовлялися шляхом подрібнення тюків соломи на стружковому верстаті фрезерного типу та доподрібнення фракції солом'яних частинок –/10 на молотковій дробарці. Після подрібнення частинки висушувалися до вологості 3% і сортувалися на відповідні фракції, щоб відокремити великі частинки та розділити для зовнішніх (фракція 5/0) і середнього (фракція 10/5) шару плити.

Таблиця 2.1

Основні показники смоли КФ-МТ-15

Назва показників	Значення показників
Зовнішній вигляд	Однорідна суспензія від білого до світло-жовтого кольору без механічних включень
Масова частка сухого залишку, %	58±1
Масова частка вільного формальдегіду, %, не більше	0,15
В'язкість умовна за віскозиметром ВЗ-4, с	50
Концентрація водних іонів, рН	7,5-8,5
Час желатинізації при 100°C, с	50-70
Гранична змішуваність смоли з водою, за якої спостерігається коагуляція за об'ємом	1 : 1

2.2. Експериментальне обладнання та вимірювальна апаратура

Для проведення експериментів використовувалось наступне обладнання:

- стружковий верстат з ножовим валом;
- стружковий верстат фрезерного типу;
- аналізатор ситовий механічний з набором контрольних сит з отворами діаметром 30, 15, 10, 5 мм і піддонами;
- молоткова дробарка;
- лабораторна сушильна шафа SNOL 67/350;
- вологомір стружки електричний;
- вологомір для визначення вологості стружкового брикету;
- віскозиметр ВЗ-4 для контролю умовної в'язкості смоли;
- секундомір;
- мішалка магнітна з електропідігрівом ММ-5;
- рефрактометр лабораторний універсальний УРЛ-1;
- рН-метр лабораторний рН-150;
- вага механічна (точність вимірювання 0,001 г);
- вага механічна (точність вимірювання 0,01 г);
- набір різноважок;
- ситоаналізатор для визначення фракційного складу частинок з розмірами сит 6,3; 4; 2; 1; 0,63; 0,4 мм і піддоном;
- товщиномір-мікрометр для визначення товщини частинок;
- штангенциркуль;
- лінійка металева;
- піддон металевий;
- дистанційні планки металеві;
- прес лабораторний;
- товщиномір для визначення товщини плити;
- мікрометр;

- машина випробувальна;
- захоплювальні пристрої у вигляді металевих скоб для передачі зусиль розтягу зразкам від випробувальної машини з самоцентрувальним пристроєм типу „карданний шарнір”, що забезпечує напрямок дії навантаження перпендикулярно до поверхні зразка;
- пристрій для кондиціонування зразків;
- посудина для води з термостатом, яка забезпечує сталу температуру $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$, з пристроєм для утримання зразків під водою;
- ексикатор;
- ваги лабораторні технічні з ціною поділки 0,1 г;
- персональний комп'ютер для математичної обробки та оформлення результатів досліджень.

2.3. Методика підготовки і визначення параметрів солом'яних частинок

Основним структурним елементом стружкових плит є деревинні частинки (стружка) [34]. З метою встановлення характеру подібності (відмінності) параметрів солом'яних і деревинних частинок та вивчення залежностей впливу умов підготовки (подрібнення) соломи на властивості деревинно-солом'яних плит використовували класичний експеримент.

На першому етапі визначали щільність тюків соломи залежно від виду соломи. Порівнювали щільність тюків пшеничної і житньої соломи. Виготовляли пшеничні солом'яні частинки шляхом подрібнення тюків соломи на стружковому верстаті з ножовим валом ДС-8 і на стружковому верстаті фрезерного типу “PESSA”. Після подрібнення частинки висушувалися до вологості $3 \pm 1\%$ в лабораторних сушильних шафах 2В-151 і ТС-80М. Контроль вологості здійснювався електричним вологоміром стружки „Sartorius”. Солом'яні частинки сортувалися на відповідні фракції, щоб відокремити великі частинки та розділити для зовнішніх і середнього шару

плити; визначали фракційний склад пшеничних солом'яних частинок ($-/30$; $30/15$; $15/10$; $10/5$; $5/0$). Фракції солом'яних частинок $-/30$, $30/15$, $15/10$ доподрібнювали на молотковій дробарці ДМ-7.

Для більш повної оцінки частинок на другому етапі визначали: фракційний склад ($-/6,3$; $6,3/4$; $4/2$; $2/1$; $1/0,63$; $0,63/0,4$; $0,4/0$), розміри та значення відношень довжина:товщина, довжина:ширина, насипну щільність та співвідношення ущільнення солом'яних (розділених для зовнішніх (фракція $5/0$) і середнього (фракція $10/5$) шарів плити) і деревинних частинок (для зовнішніх і середнього шару, які використовуються у виготовленні тришарових стружкових плит) і порівнювалися параметри солом'яних та деревинних частинок.

Щільність тюка (ρ_m) в кілограмах на кубічний метр розраховували за формулою:

$$\rho_m = \frac{M}{L \cdot B \cdot H}, \quad (2.1)$$

де M – маса тюка соломи, кг;

L , B і H – відповідно довжина, ширина і висота тюка, м.

Результат заокруглювали з точністю до цілого числа.

Вологість вимірювали електричним вологоміром стружки „Sartorius” (рис. 2.1) з точністю до 0,1%, принцип дії якого базується на сушильно-ваговому методі визначення вологості.

Фракційний склад пшеничних солом'яних частинок ($-/30$; $30/15$; $15/10$; $10/5$; $5/0$) визначали за допомогою ситового механічного аналізатора АЛГ-М з набором контрольних сит з отворами діаметром 30, 15, 10, 5 мм і піддонами (рис. 2.2).

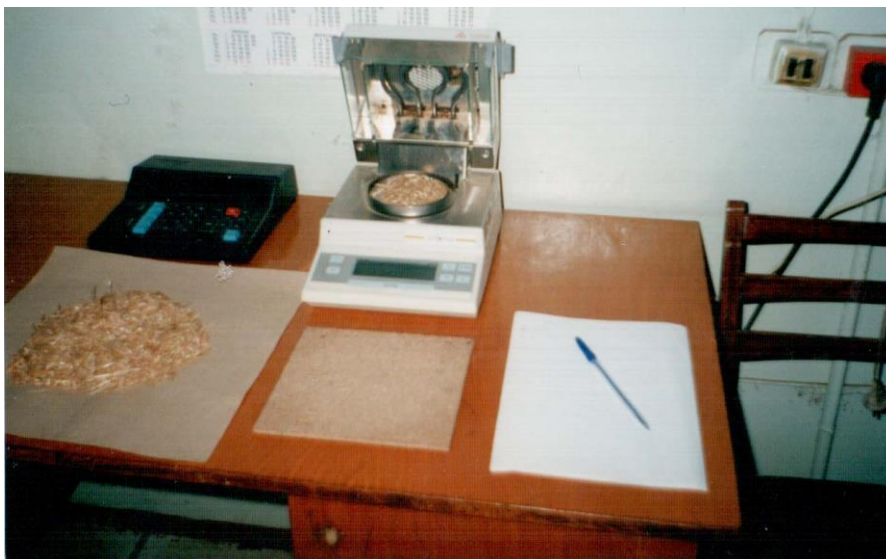


Рисунок 2.1 Визначення вологості частинок вологоміром „Sartorius”



Рисунок 2.2 Робочий момент визначення фракційного складу пшеничних солом'яних частинок за допомогою ситового механічного аналізатора АЛГ-М: 1 – набір контрольних сит з отворами діаметром 30, 15, 10, 5 мм; 2 – піддони

Фракційний склад солом'яних та деревинних частинок ($-/6,3$; $6,3/4$; $4/2$; $2/1$; $1/0,63$; $0,63/0,4$; $0,4/0$) визначали за допомогою ситоаналізатора для визначення фракційного складу частинок з набором контрольних сит розмірами 6,3; 4; 2; 1; 0,63; 0,4 мм і піддоном (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 Ситоаналізатор для визначення фракційного складу частинок: 1 – корпус; 2 – набір контрольних сит розмірами 6,3; 4; 2; 1; 0,63; 0,4 мм; 3 – піддон; 4 - кришка

Розміри частинок вимірювали за допомогою індикаторного товщиноміра і штангенциркулів (рис. 2.4). Довжину частинок визначали з точністю до 0,1 мм, ширину – до 0,02 мм, товщину – до 0,01 мм.



Рисунок 2.4 Робочий момент визначення розмірів частинок

Співвідношення ущільнення ($C_{ущ}$) солом'яних і деревинних частинок розраховували за формулою:

$$C_{уц} = \frac{\rho_{пл}}{\rho_n}, \quad (2.2)$$

де $\rho_{пл}$ – щільність плити, кг/м³;

ρ_n – насипна щільність частинок (наповнювача), кг/м³.

2.4. Методика досліджень виготовлення деревинно-солом'яних плит

2.4.1. Вибір змінних факторів і планування експериментів

З метою встановлення характеру залежності властивостей деревинно-солом'яних плит від окремих технологічних параметрів сировини та від технологічних параметрів режиму пресування використовували класичний експеримент.

Сталими факторами при проведенні всіх експериментів були:

- ✓ *спосіб пресування – періодичний;*
- ✓ *метод пресування – плоске пресування;*
- ✓ *температура пресування, °C – 170;*
- ✓ *початковий тиск пресування, МПа – 2,25;*
- ✓ *характер зменшення тиску пресування – плавне зниження тиску;*
- ✓ *товщина плити, мм – 17;*
- ✓ *вологість плити, % – 8;*
- ✓ *щільність плити, кг/м³ – 700;*
- ✓ *ступінь обробки поверхні плити – нешліфована;*
- ✓ *конструкція плити – тришарова;*
- ✓ *масова частка зовнішніх і середнього шарів, % – 43:57;*
- ✓ *склад стружкової суміші – солом'яні частинки додавалися у зовнішні і середній шар плити, причому співвідношення наповнювача змінювалося як у зовнішніх так і у середньому шарах плити;*
- ✓ *вологість частинок, % – 3;*

- ✓ вид клею – карбамідоформальдегідний;
- ✓ кількість клею, % – 14.

Для клею на основі смоли КФ-МТ сталими були:

- ✓ вид затверджувача – хлористий амоній;
- ✓ витрата затверджувача, % абс. сух. затв. від маси смоли:
 - для зовнішніх шарів – 0,25;
 - для середнього шару – 1,5;
- ✓ концентрація затверджувача, % – 20;
- ✓ концентрація клейового розчину, %:
 - для зовнішніх шарів – 50;
 - для середнього шару – 55.

З урахуванням аналізу апріорної інформації змінними факторами при проведенні досліджень впливу основних технологічних параметрів сировини на властивості деревинно-солом'яних плит прийняті: тип подрібнювального обладнання (стружковий верстат з ножовим валом ДС-8 та стружковий верстат фрезерного типу “PESSA”); вміст солом'яних частинок (25, 100 %), тобто співвідношення деревинних і солом'яних частинок в різних пропорціях, % (75:25, 0:100). При проведенні дослідження впливу типу подрібнювального обладнання за різної тривалості пресування змінним фактором також була тривалість пресування (5,14; 6,14; 7,14 хвилин).

Методична сітка експериментів наведена в табл. 2.2.

У дослідженні були прийняті два типи подрібнювального обладнання – стружковий верстат з ножовим валом та стружковий верстат фрезерного типу, які широко використовуються для виготовлення спеціальної стружки у виробництві стружкових плит, а також враховувалася можливість переробки на даному обладнанні солом'яної сировини у вигляді тюків.

Вибір клею визначався виробничими можливостями. При виготовленні деревинно-солом'яних плит використовувався промисловий клей на основі карбамідоформальдегідної смоли, який використовує плитна промисловість: КФ-МТ-15.

Таблиця 2.2

**Методична сітка експериментальних досліджень впливу
основних технологічних параметрів сировини
на властивості деревинно-солом'яних плит**

№ серії дослідів	Змінні фактори		
	тип подрібнювального обладнання	вміст солом'яних частинок, %	тривалість пресування, хв
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>7</i>
1	ДС-8	100	6,14
2	PESSA	100	6,14
3	ДС-8	25	6,14
4	PESSA	25	6,14
5	ДС-8	100	5,14
6	ДС-8	100	6,14
7	ДС-8	100	7,14
8	PESSA	100	5,14
9	PESSA	100	6,14
10	PESSA	100	7,14

З метою зменшення системних похибок при проведенні дослідів використовували метод рандомізації, який полягає у встановленні випадкової послідовності проведення експериментів.

2.4.2. Виготовлення деревинно-солом'яних плит

Для проведення досліджень щодо виявлення закономірностей впливу типу подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом'яних плит бралася солом'яна сировина.

Процес виготовлення зразків складався з п'яти етапів: підготовки солом'яних частинок, приготування клею, змішування частинок з клеєм, формування стружкового брикета і пресування дослідних зразків.

Тришарова деревинно-солом'яна стружкова плита плоского пресування виготовлялася гарячим пресуванням обсмолених деревинних і солом'яних (їх суміші) частинок. Масова частка зовнішніх шарів складала 43%, середнього – 57%. Наповнювач стружкової суміші складався з дере-

винних і солом'яних частинок в різних пропорціях.

Пшеничні солом'яні частинки виготовлялися шляхом подрібнення тюків соломи на стружковому верстаті з ножовим валом ДС-8 і на стружковому верстаті фрезерного типу "PESSA" та доподрібнення фракції солом'яних частинок –/10 на молотковій дробарці ДМ-7. Після подрібнення частинки висушувалися до вологості 3% і сортувалися на відповідні фракції, щоб відокремити великі частинки та розділити для зовнішніх (фракція 5/0) і середнього (фракція 10/5) шару плити. Деревинні частинки для зовнішніх і середнього шару були типовими із відповідними розмірами частинками, які використовуються у виготовленні тришарових стружкових плит.

При виготовленні деревинно-солом'яних плит застосовувався промисловий клей на основі карбамідоформальдегідної смоли КФ-МТ, який вводився у стружкову масу у вигляді водневого розчину із затверджувачем.

В процесі приготування клею проводили технічний аналіз смол та клеїв. Визначали умовну в'язкість, водневий показник та концентрацію смол і клеїв (рис. 2.5, 2.6).



Рисунок 2.5 – Робочий момент визначення умовної в'язкості за допомогою віскозиметра ВЗ-4: 1 – карбамідоформальдегідний клей; 2 – циліндричний резервуар; 3 – штатив; 4 – сопло віскозиметра.



Рисунок 2.6 – Робочий момент визначення концентрації йонів Гідрогену

Витрата компонентів деревинно-солом'яної клейової суміші розраховувалась на ЕОМ і в необхідній для дослідів пропорції дозувалась за масою, за допомогою зважувальних приладів (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Робочий момент зважування смоли у фарфоровій чашці під час визначення концентрації клею: 1 – фарфорова чашка; 2 – карбамідоформальдегідний клей; 3 – шкала вимірювань; 4 – панель керування.

Підготовлений наповнювач (попередньо змішані деревинні і солом'яні частинки) змішували з клеєм. Тривалість змішування становила 10 хвилин. З клейової композиції відбиралися проби (наважки) для визначення вологості стружкового брикета за допомогою вологоміра H Sack (рис. 2.8).

Після цього формувався стружковий пакет у пресформі. Сформований стружковий пакет підпресовували і знімали пресформу (рис. 2.9).

Підготовлений стружковий пакет (рис. 2.10) закладали в прес і пресували при відповідному режимі дослідні зразки тришарової плити товщиною 17 мм, щільністю 700 кг/м^3 . Виготовлялись дослідні зразки розмірами 430×330 мм. Вологість готових плит становила 7-8%.



Рисунок 2.8 Робочий момент визначення вологості клейової композиції



Рисунок 2.9 Робочий момент формування стружкового пакета



Рисунок 2.10 Зовнішній вигляд стружкового пакета при виготовленні дослідних зразків деревинно-солом'яної плити

Контроль тиску здійснювався манометром, час витримки – секундоміром. Температура пресування підтримувалась автоматично за допомогою потенціометрів і контролювалась термометрами. Робочий момент пресування і зовнішній вигляд дослідного зразка деревинно-солом'яних плит зображено на рис. 2.11 і 2.12 відповідно.



Рисунок 2.11 Робочий момент пресування дослідних зразків деревинно-солом'яних плит на лабораторному пресі



Рисунок 2.12 Зовнішній вигляд спресованого дослідного зразка деревинно-солом'яної плити

Для проведення подальших досліджень з виготовленого матеріалу вирізались експериментальні зразки відповідних розмірів для визначення фізико-механічних властивостей. Виготовлені зразки нумерувались і випро-

бовувались. Перед випробуванням визначалися розмірні і вагові показники зразків (рис. 2.13).



Рисунок 2.13 Робочий момент визначення розмірів і маси зразків перед фізико-механічними випробуваннями

Механічні властивості деревинно-солом'яних плит визначалися на розривній машині (рис. 2.14, 2.15, 2.16).

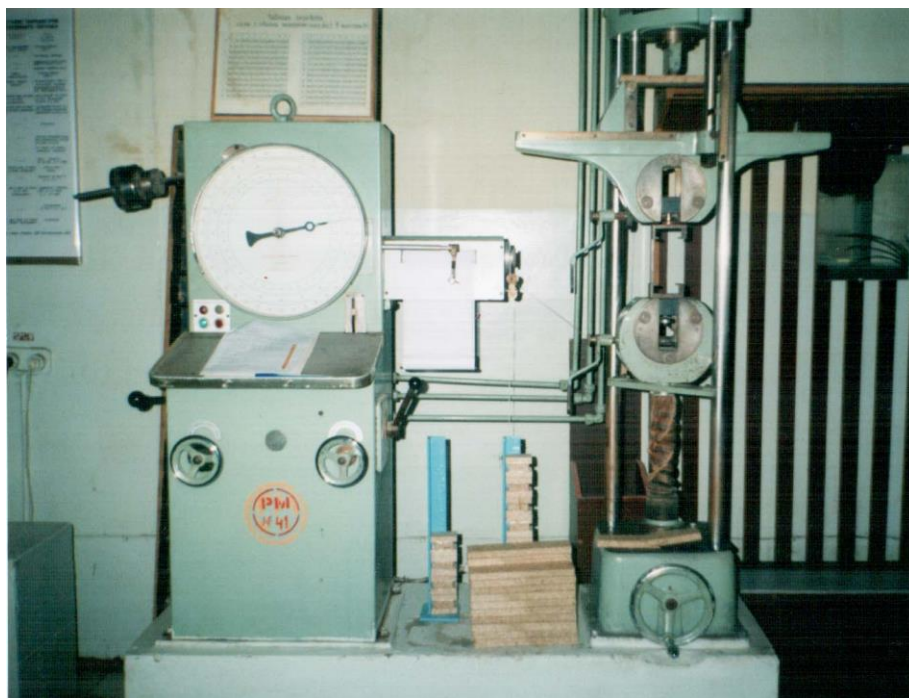


Рисунок 2.14 Розривна машина

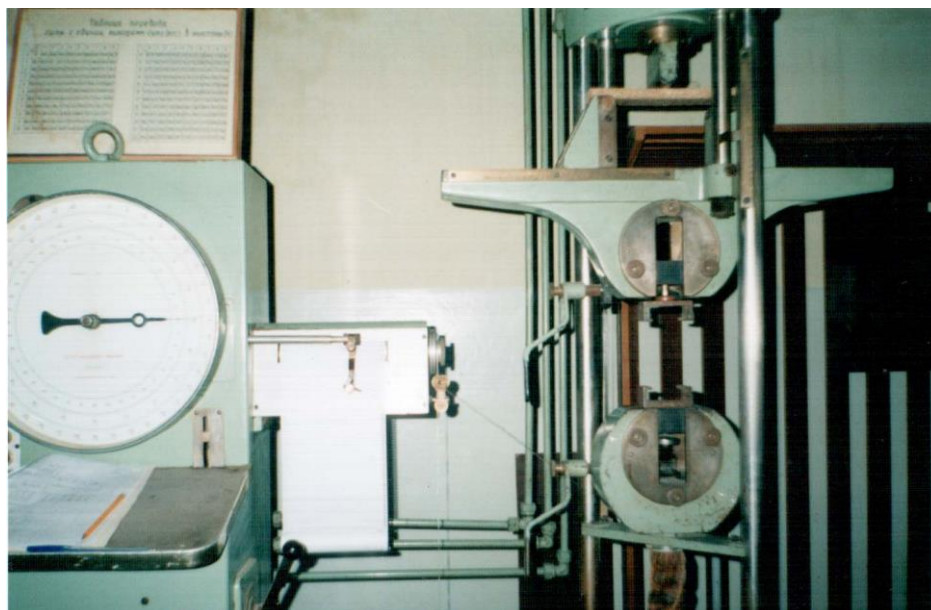


Рисунок 2.15 Робочий момент визначення межі міцності при статичному згині

При визначенні водопоглинання і набрякання за товщиною деревинно-солом'яних плит зразки занурювали у воду на 24 год у спеціальну посудину для води з термостатом, яка забезпечувала сталу температуру $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ і мала пристрій для утримання зразків під водою (рис. 2.17). Після витримання у воді зразки повторно зважували і міряли розміри (рис 2.18).

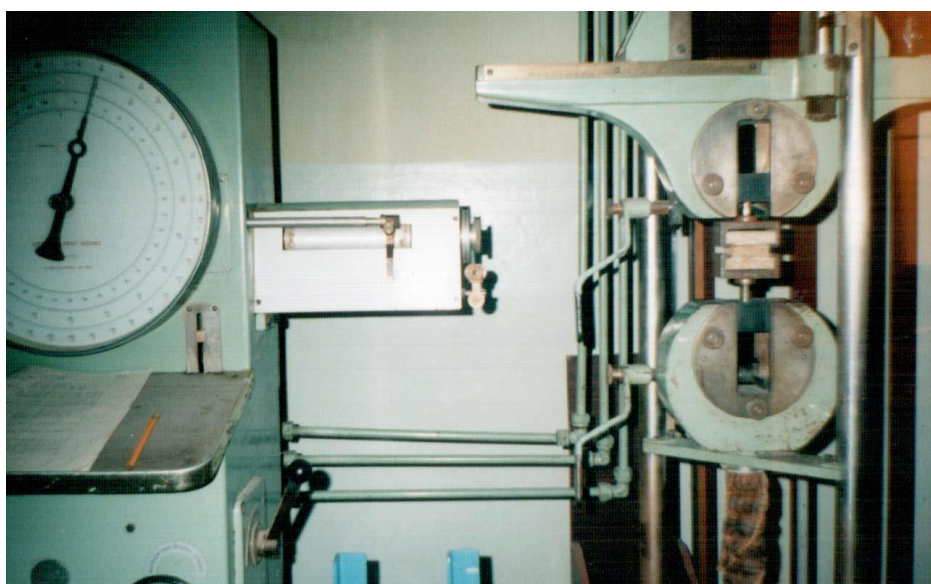


Рисунок 2.16 Робочий момент визначення межі міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити



Рисунок 2.17 Робочий момент проведення випробування на визначення водопоглинання і набрякання за товщиною зразків деревинно-солом'яних плит

Визначення фізико-механічних властивостей деревинно-солом'яних плит здійснювали після закінчення 5 діб з дня пресування.



Рисунок 2.18 Робочий момент визначення розмірів і маси зразків після витримування їх у воді для визначення водопоглинання і набрякання за товщиною деревинно-солом'яних плит

Всі дослідження виконувалися в лабораторії за постійної температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря 65%.

2.4.3. Визначення фізико-механічних властивостей деревинно-солом'яних плит

Визначення фізичних властивостей деревинно-солом'яних плит

Згідно ГОСТ 10634-88 вологість визначають на зразках довільної форми і розмірів, масою не менше 25 г, що мають площу не менше 25 см², щільність, набрякання у воді за товщиною, водопоглинання визначають на зразках, що мають форму прямокутного паралелепіпеда товщиною, рівною товщині плити, і розміром довжини та ширини 100×100 мм.

Визначення вологості

Зразки зважують безпосередньо після відбору з похибкою не більше 0,1%. Зважені зразки висушують в сушильній шафі за температури (103±2)°С до постійної маси. Масу зразка вважають постійною, якщо різниця між двома послідовними зважуваннями, проведеними через 6 год висушування, не перевищує 0,1% маси досліджуваного зразка.

Перед кожним наступним зважуванням зразки охолоджують в ексикаторі до температури, що рівна температурі повітря в приміщенні.

Вологість зразка (W) в процентах розраховують за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де m_0 – маса зразка, висушеного до постійної маси, г;

m_1 – маса зразка до висушування, г.

Результат заокруглюють з точністю до першого десяткового знака.

Визначення щільності

Проводять вимірювання розмірів зразка. Довжину (ширину) зразка вимірюють у відповідності до ГОСТ 10633-78 в двох місцях паралельно до крайок між двома точками згідно з рис. 2.19.

За довжину (ширину) зразка приймають середнє арифметичне значення результатів двох паралельних вимірювань.

Товщину зразка вимірюють відповідно до ГОСТ 10633-78 в чотирьох точках відповідно до рис. 2.19. За товщину зразка приймають середнє арифметичне значення результатів чотирьох вимірювань.

Зразок зважують з похибкою не більше 0,1%.

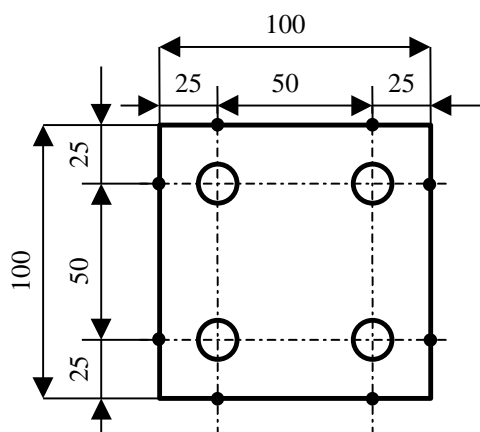


Рисунок 2.19 Схема вимірювання довжини, ширини і товщини при визначенні щільності і набрякання плит за товщиною

Щільність зразка (ρ) в кілограмах на кубічний метр розраховують за формулою:

$$\rho = \frac{m}{l \cdot b \cdot h}, \quad (2.4)$$

де m – маса зразка, кг;

l , b і h – відповідно довжина, ширина і товщина зразка, м.

Результат заокруглюють з точністю до цілого числа.

Визначення водопоглинання і набрякання у воді за товщиною

Зразки зважують з похибкою не більше 0,1% не пізніше ніж через 0,5 год після кондиціонування. Вимірюють товщину зразка в чотирьох точках відповідно до рис. 2.19. За товщину зразка приймають середнє арифметичне значення результатів чотирьох вимірювань.

Зразки занурюють в посудину з водою за температури $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, розташовуючи у вертикальному положенні, при цьому вони не повинні торкатися один одного, а також дна і бокових стінок посуду. Зразки повинні утримуватися на (20 ± 2) мм нижче рівня поверхні води.

Час витримки зразків у воді повинен бути 24 год ± 15 хв.

Після витримки зразки вилучають з води.

При визначенні набрякання за товщиною висушують поверхню зразків від крапель води фільтрувальним папером.

При визначенні водопоглинання зразки розміщують кожний окремо в горизонтальному положенні між аркушами фільтрувального паперу і складають в стопи.

Зразки повторно зважують і вимірюють товщину не пізніше ніж через 10 хв після вилучення їх з води.

Водопоглинання зразка (Δ_w) в процентах розраховують за формулою:

$$\Delta_w = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де m_1 – маса зразка до занурення у воду, г;

m_2 – маса зразка після занурення у воду, г.

Результат заокруглюють з точністю до першого десяткового знака.

Набрякання у воді за товщиною зразка (t_w) в процентах розраховують за формулою:

$$t_w = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100, \quad (2.6)$$

де t_1 – товщина зразка до занурення у воду, мм;

t_2 – товщина зразка після вилучення з води, мм.

Результат заокруглюють з точністю до першого десяткового знака.

За результат випробування плити приймають середнє арифметичне значення результатів випробувань всіх зразків, відібраних з даної плити.

Визначення механічних властивостей деревинно-солом'яних плит

Визначення межі міцності при згині деревинно-солом'яних плит

Згідно ГОСТ 10635-88 зразки повинні мати форму прямокутного паралелепіпеда товщиною, що рівна товщині плити. Ширина зразка повинна дорівнювати 50 мм, а довжина – 10-15-кратній товщині плюс 50 мм.

З кожної випробовуваної плити одну половину зразків вирізують вздовж, а іншу половину – поперек плити.

Товщину зразка вимірюють у центрі поперечної осі згідно з рис. 2.20.

Довжину зразка вимірюють за його повздовжньою, а ширину за його поперечною віссю відповідно до рис. 2.20.

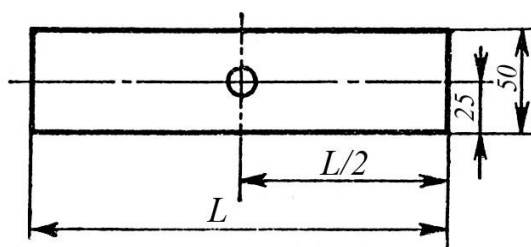


Рисунок 2.20 Схема вимірювання довжини, ширини і товщини при визначенні межі міцності при згині

Відстань між центрами опор встановлюють рівною 10-15 кратною товщині зразка. Зразок кладуть на опори випробувального пристрою за позначками так, щоб повздовжня вісь зразка була перпендикулярна осям опор, а поперечна вісь знаходилася в одній вертикальній площині з віссю ножа згідно рис. 2.21.

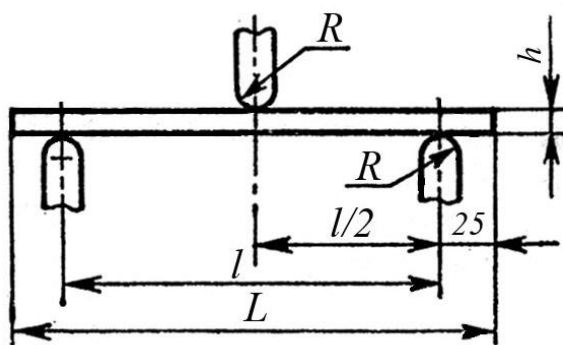


Рисунок 2.21 Схема встановлення зразка на опори випробувального пристрою при визначенні межі міцності при згині

В межах групи зразків з однаковим орієнтуванням одну половину випробовують, кладучи на опори випробувального пристрою лицевою площиною вверху, а іншу половину – лицевою площиною вниз.

При визначенні межі міцності при згині здійснюють навантаження зразка з постійною швидкістю до руйнування і реєструють максимальне навантаження з точністю до 1%. Час від початку навантаження до руйнування зразка повинен складати (60 ± 20) с.

Межу міцності при згині зразка (σ_{32}) в МПа обчислюють за формулою:

$$\sigma_{32} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (2.7)$$

де F – сила навантаження, що діє на зразок у момент руйнування, Н;

l – відстань між опорами випробувального пристрою, мм;

b, h – відповідно ширина і товщина зразка, мм.

Результат заокруглюють з точністю до першого десяткового знака.

За результат випробування плити приймають середнє арифметичне значення результатів випробування всіх зразків, відібраних із даної плити.

Визначення межі міцності при розтягу перпендикулярно до площини деревинно-солом'яних плит

Згідно ГОСТ 10636-90 зразки повинні мати форму квадрата в плані зі стороною 50 мм. Допускається використовувати зразки з розмірами в плані 30×50 мм при застосуванні колодок із стружкових плит.

Контактуючі поверхні колодок перед приклеюванням зачищають і знежирюють. Блоки, що склеюються, навантажують зусиллям, достатнім для рівномірного розподілу клею по всій поверхні склеювання. Зразок склеюють пластами з колодками у випробувальні блоки. При використанні прямокутних колодок зразок закріплюють в центрі розташовуваних паралельно колодок за допомогою шаблона. Склеювання проводять при тиску не більше 0,2 МПа до повного затвердіння клею.

Випробувальний блок встановлюють у захоплювальних пристроях на випробувальній машині так, щоб крайки зразка були симетричні пазу пристрою захоплення (рис. 2.22).

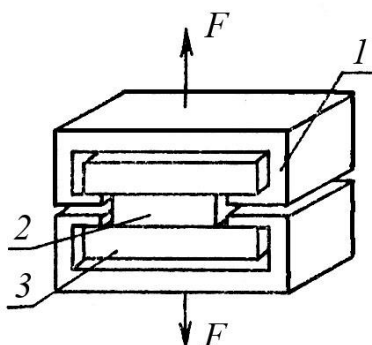


Рисунок 2.22 Схема встановлення випробувального блоку у захоплювальні пристрої випробувальної машини при визначенні межі міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити: 1 – пристрій захоплення; 2 – зразок; 3 – прямокутна колодка

Навантаження на зразок повинно зростати рівномірно впродовж (60 ± 15) с до руйнування зразка або зі швидкістю переміщення рухомого пристрою захоплення випробувальної машини (10 ± 1) мм/хв.

При руйнуванні клейового з'єднання зразка з колодкою результат не враховують і випробовують новий випробувальний блок.

Межу міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити (σ_t) у МПа обчислюють за формулою:

$$\sigma_t = \frac{F}{l \cdot b}, \quad (2.8)$$

де F – максимальне руйнівне навантаження, Н;

l – довжина зразка, мм;

b – ширина зразка, мм.

Результати заокруглюють з точністю до другого десяткового знака.

За результат випробування кожної плити приймають середнє арифметичне значення результатів обчислень усіх випробуваних зразків, вирізаних з даної плити.

2.5. Статистична обробка результатів досліджень

Точність, об'єктивність, надійність визначення дійсного значення вимірюваної характеристики i , відповідно, правильність всіх подальших висновків залежить від того, наскільки правильно будуть оброблені результати експериментів. Тому, після завершення експериментів спочатку проводилася попередня статистична обробка експериментальних даних для прискорення подальших розрахунків і попередження помилок.

Під час первинної обробки результатів експериментів при дослідженнях закономірностей впливу технологічних параметрів на властивості деревинно-солом'яних плит визначалися такі основні статистичні параметри: середнє арифметичне значення вибірки (вибіркової статистичної сукупності) \bar{y} ; вибіркова дисперсія S^2 ; середнє квадратичне відхилення S ; коефіцієнт варіації v ; середня квадратична помилка середнього значення $S\bar{y}$; показник точності дослідження P [35-37]. Також визначалися інтервал довіри для математичного сподівання середнього значення генеральної статистичної сукупності M_y та необхідна кількість дубльованих спостережень (необхідний обсяг вибірки) у кожному досліді експерименту, що забезпечувало репрезентативність вибірки.

Незважаючи на те, що експериментальні дані кожного дослідження піддавалися попередньо статистичній обробці, з метою знаходження грубих спостережень (промахів), сумнівні результати крім цього перевірялися за допомогою t -критерію Стьюдента. В цьому випадку сумнівний результат y_i тимчасово виключали із вибірки, а за даними, що залишилися розраховували середнє арифметичне \bar{y} , оцінку дисперсії S^2 і розрахункове значення t -критерію Стьюдента [35, 36]

$$t_{\text{розр}} = \frac{|y_i - \bar{y}|}{S}. \quad (2.9)$$

З таблиць розподілу Стюдента [35] за вибраним рівнем значущості $q=0,05$ і кількістю ступенів свободи f , яка пов'язана з дисперсією S^2 , знаходили табличне значення t -критерію Стюдента $t_{табл}$ і порівнювали його з розрахунковим значенням t -критерію Стюдента.

Якщо $t_{розр} > t_{табл}$, то сумнівний результат вважали промахом і виключали з вибірки. Дослід у такому випадку повторювали, щоб зберегти рівномірне дублювання дослідів у експерименті.

Після обробки результатів експериментів і отримання рівнянь регресії, приступали до їх статистичного аналізу. Вирішували два основних завдання: оцінювали значущість коефіцієнтів рівняння регресії і перевіряли адекватність математичної моделі.

Згідно вимог регресійного аналізу правильна обробка і використання результатів досліджень можливі тільки у випадку, коли дисперсії вимірювань відгуку в кожній точці дослідів однакові. Така властивість називається однорідністю дисперсій. Перевірку однорідності дослідів проводили за G -критерієм Кохрена [35, 36]. Розрахункове значення G -критерію Кохрена визначали за формулою:

$$G_{розр} = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}, \quad (2.10)$$

де S_{\max}^2 – найбільша з дисперсій, що розглядаються;

$\sum_{j=1}^N S_j^2$ – сума всіх дисперсій.

Дисперсію для j -го дослідів визначали за формулою:

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2, \quad (2.11)$$

де n – кількість спостережень, що дублюються в кожній серії дослідів;

y_{ji} – значення відгуку в i -му спостереженні j -тої серії дослідів;

\bar{y}_j – середнє значення відгуку за результатами j -ї серії дослідів.

З таблиць розподілу Кохрена [35] за вибраним рівнем значущості $q=0,05$, кількістю ступенів свободи кожної вибірки $f=n-1$ і кількістю вибірок m знаходили табличне значення G -критерію Кохрена $G_{табл}$ і порівнювали його з розрахунковим значенням G -критерію Кохрена.

Якщо $G_{розра} < G_{табл}$, то гіпотеза про однорідність дисперсій приймалася.

Оцінку значущості коефіцієнтів рівняння регресії здійснювали за допомогою t -критерію Стюдента. Коефіцієнт рівняння регресії вважався значущим, якщо виконувалась умова

$$|b_i| \geq t_{табл} \cdot S\{b_i\}, \quad (2.12)$$

де $|b_i|$ – абсолютне значення відповідного коефіцієнта рівняння регресії;

$S\{b_i\}$ – середнє квадратичне відхилення відповідного коефіцієнта рівняння регресії;

$t_{табл}$ – табличне значення t -критерію Стюдента знайдене за вибраним рівнем значущості $q=0,05$ і кількістю ступенів свободи $f=N \cdot (n - 1)$.

Якщо умова (2.12) не виконувалася, то коефіцієнт рівняння регресії b_i вважався незначущий і відповідний член у рівнянні регресії відкидався.

Перевірку адекватності математичної моделі здійснювали за допомогою F -критерію Фішера [35, 36]. Розрахункове значення F -критерію Фішера визначали за формулою:

$$F_{розра} = \frac{S_{ад}^2}{S^2\{y\}}, \quad (2.13)$$

де $S_{ад}^2$ – дисперсія адекватності;

$S^2\{y\}$ – дисперсія відтворюваності.

Дисперсію адекватності математичної моделі обчислювали за формулою:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N - p} \cdot \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - y_j^p)^2, \quad (2.14)$$

де N – кількість дослідів;

p – кількість оцінюваних коефіцієнтів регресії математичної моделі;

\bar{y}_j – середнє значення результатів експерименту в j -тій серії дубльованих дослідів;

y_j^p – значення вихідної величини, розраховане за рівнянням регресії для j -го дослідів.

Як дисперсію відтворюваності приймали середнє арифметичне дисперсій дослідів S_j^2

$$S^2 \{y\} = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N}. \quad (2.15)$$

Табличне значення F -критерію Фішера $F_{табл}$ знаходили з таблиць [35] за вибраним рівнем значущості $q=0,05$, кількістю ступенів свободи $f_{ад}$ дисперсії адекватності та кількістю ступенів свободи f_y дисперсії експериментів:

$$f_{ад} = N - p, \quad (2.16)$$

$$f_y = N \cdot (n - 1) \quad (2.17)$$

Рівняння регресії вважалось адекватним, якщо виконувалася умова

$$F_{розр} < F_{табл} \quad (2.18)$$

Адекватна математична модель може бути використана для опису об'єкта.

Всі розрахунки, пов'язані з обробкою експериментальних даних, виконувались на ЕОМ.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

3.1. Вплив подрібнювального обладнання на властивості солом'яних частинок

Солома – сухі стебла злакових та інших культур, які залишаються після обмолоту. Вона може зберігатися у розсипному вигляді в скиртах, або пресуватися в тюки. Для транспортування і проміжкового зберігання оптимальніше солону пресувати, зменшуючи її в об'ємі. Пресують солону у малі прямокутні ($1 \times 0,46 \times 0,36$ м) та великі циліндричні (діаметром 1,2-1,8 м і шириною 1,2 м) і прямокутні ($2,4 \times 1,3 \times 1,2$ м) тюки.

Враховуючи технічні характеристики стружкових верстатів з ножовими валами, розмір сировини по висоті (діаметру) повинен бути не більше 0,75 м. Отже, для переробки тюкованої соломи на обладнанні з ножовими валами можуть використовуватися тільки малі тюки. У перспективі можна розробляти подрібнювальне обладнання, на якому могли б перероблятися тюки існуючих розмірів, або обладнання для пресування соломи у тюки необхідних розмірів.

На існуючі підприємства солом'яна сировина може доставлятися у вигляді малих тюків. Для пресування в тюки потрібно використовувати прес-підбиральник з апаратом для обв'язування тюків неметалевим шпагатом. Використання, наприклад, поліпропіленового шпагату дозволить подавати в технологічний процес на подрібнення солом'яну сировину у вигляді тюків, не розв'язуючи їх.

Визначаючи щільність тюків соломи за видами рослин, з'ясовано, що щільність тюків пшеничної та житньої соломи суттєво не відрізняється і складає 80 ± 10 кг/м³. Згідно характеристики обладнання для тюкування, щільність малих тюків може складати 100-125 кг/м³.

Виготовляли пшеничні солом'яні частинки на підприємстві шляхом подрібнення тюків соломи на стружковому верстаті з ножовим валом ДС-8 і на стружковому верстаті фрезерного типу "PESSA". Відмінність даного

обладнання в тому, що на стружковому верстаті з ножовим валом сировина подається зверху на ножовий вал в зону різання живильником, який складається з двох ланцюгових конвеєрів з упорами. На стружковому верстаті фрезерного типу сировина кладеться на гусеничний конвеєр з вертикальними бортами, яким подається вперед на величину довжини ножового вала і затискається, а ножовий вал гідроциліндром насувається по напрямних на частину пакета сировини і подрібнює її.

Визначення фракційного складу пшеничних солом'яних частинок ($-/30$; $30/15$; $15/10$; $10/5$; $5/0$) показало, що при подрібненні тюків соломи на стружковому верстаті фрезерного типу "PESSA" отримується більший відсоток солом'яних частинок фракцій групи $10/0$, які наближають технологічну характеристику солом'яних частинок до деревинних. На стружковому верстаті фрезерного типу одержано в 1,2 рази більше солом'яних частинок фракцій $10/5$ і $5/0$, ніж на стружковому верстаті з ножовим валом. Масові частки солом'яних частинок за фракціями (в %), які одержані при переробці на стружкових верстатах фрезерного типу "PESSA" і з ножовим валом ДС-8, наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

**Фракційний склад (%) солом'яних частинок,
одержаних на різному обладнанні**

Модель верстата	Вміст фракцій (%) за номерами				
	$-/30$	$30/15$	$15/10$	$10/5$	$5/0$
фрезерного типу	3,9	12,4	13,1	35,3	35,3
з ножовим валом	9,5	17,7	14,5	30,4	27,9

Для більш повної технологічної характеристики деревинних і солом'яних частинок визначені: фракційний склад ($-/6,3$; $6,3/4$; $4/2$; $2/1$; $1/0,63$; $0,63/0,4$; $0,4/0$), який наведений в табл. 3.2; розміри та значення відношень довжина:товщина, довжина:ширина (табл. 3.3), насипна щільність та ступінь ущільнення деревинних і солом'яних частинок (табл. 3.4).

Таблиця 3.2

Фракційний склад (%) деревинних і солом'яних частинок

Номер фракції	Вміст фракцій (%) за видом частинок					
	деревинні, промислові		солом'яні, подрібнені на обладнанні			
			ДС-8		"PESSA" і ДМ-7	
	для формування шарів					
	зовнішніх	середнього	зовнішніх	середнього	зовнішніх	середнього
-/6,3	0,00	7,28	1,98	18,52	1,50	11,50
6,3/4	0,18	14,07	2,23	12,65	1,00	13,67
4/2	4,10	50,60	25,05	37,50	16,67	46,50
2/1	38,82	23,24	40,92	24,85	42,67	24,83
1/0,63	26,85	3,56	16,83	4,07	18,00	2,50
0,63/0,4	14,54	0,80	7,14	1,20	8,67	0,43
0,4/0	15,49	0,45	5,86	1,20	11,50	0,57

Таблиця 3.3

Технологічні показники деревинних і солом'яних частинок

Назва показника	Номер фракції											
	6,3/4				4/2				2/1			
	Вид частинок											
	деревинні		солом'яні		деревинні		солом'яні		деревинні		солом'яні	
	для формування шарів: зовнішніх (З) і середнього (С)											
	З	С	З	С	З	С	З	С	З	С	З	С
Розміри, мм												
довжина	14,6	21,2	22,1	25,3	10,1	16,2	18,8	23,2	7,8	10,5	17,0	19,8
ширина	3,27	3,88	2,01	2,33	2,70	2,40	1,80	1,72	1,52	1,61	1,46	1,50
товщина	1,20	1,08	0,25	0,27	1,02	0,85	0,24	0,25	0,69	0,75	0,24	0,24
Відношення:												
довжина:ширина	4,5	5,5	11,0	10,9	3,7	6,7	10,4	13,5	5,1	6,5	11,6	13,2
довжина:товщина	12,2	19,6	88,4	93,7	9,9	19,1	78,3	92,8	11,3	14,0	70,8	82,5

Як показують дослідження, деревинні частинки є коротші, але більші за шириною і товстіші, ніж солом'яні частинки. Тому, залежно від номера фракції і типу частинок, відношення довжини до ширини у 2...2,8 рази та

довжини до товщини у 4,8...7,9 рази є нижчі для деревинних частинок, ніж відношення довжини до ширини та довжини до товщини для солом'яних частинок.

Таблиця 3.4

**Насипна щільність та ступінь ущільнення
деревинних і солом'яних частинок**

Назва показника	Вид частинок			
	деревинні		солом'яні	
	для формування шарів			
	зовнішніх	середнього	зовнішніх	середнього
Насипна щільність, кг/м ³	181,0	134,8	56,4	34,3
Ступінь ущільнення	3,9	5,2	12,4	20,4

Насипна щільність деревинних частинок для формування зовнішніх шарів у 3,2 рази, середнього – у 3,9 рази більша, ніж солом'яних частинок. Отже, плити, виготовлені з деревинних частинок мають менший ступінь ущільнення у порівнянні з плитами, виготовленими з солом'яних частинок.

3.2. Вплив подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом'яних плит

Дослідження закономірностей впливу подрібнювального обладнання на властивості солом'яних плит показало, що плити, виготовлені з солом'яних частинок, отриманих на стружковому верстаті з ножовим валом ДС-8, мають дещо вищі фізичні і менші механічні властивості, ніж плити, виготовлені з солом'яних частинок, отриманих на стружковому верстаті фрезерного типу "PESSA" (рис. 3.1, 3.2).

Тип обладнання, на якому виготовляються солом'яні частинки, суттєво впливає на механічні властивості солом'яних плит, особливо на межу міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити; нижчі механічні показники солом'яних плит, які виготовлені з солом'яних частинок, подрібнених на стружковому верстаті з ножовим валом ДС-8.

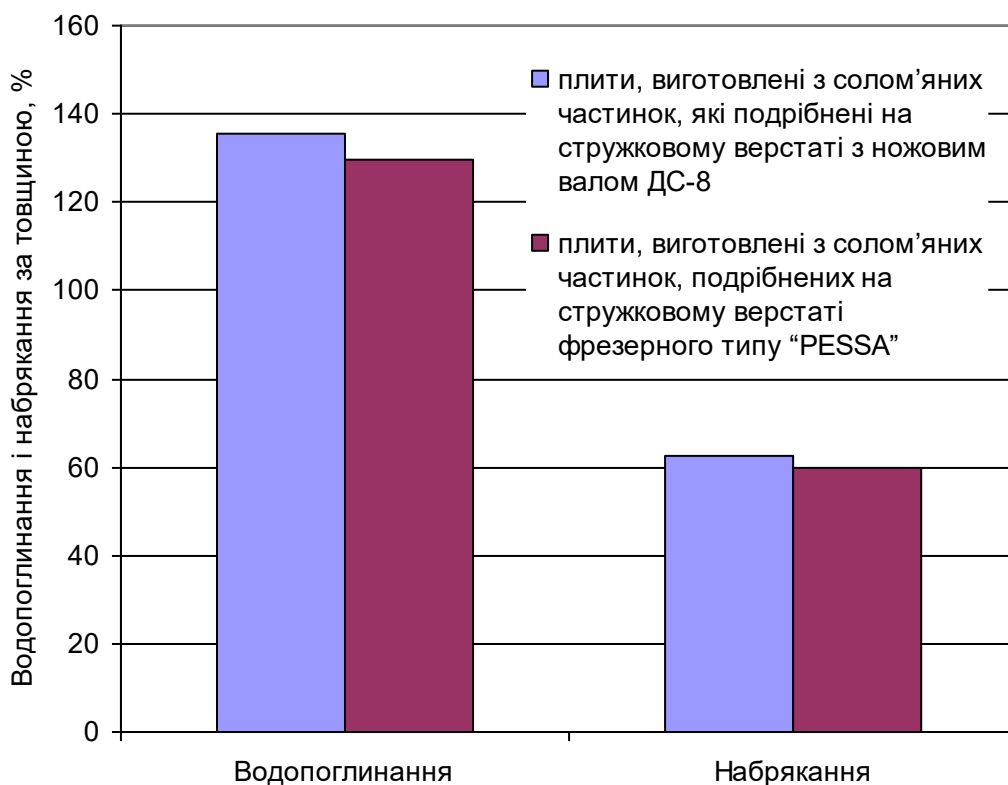


Рисунок 3.1 Фізичні властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні

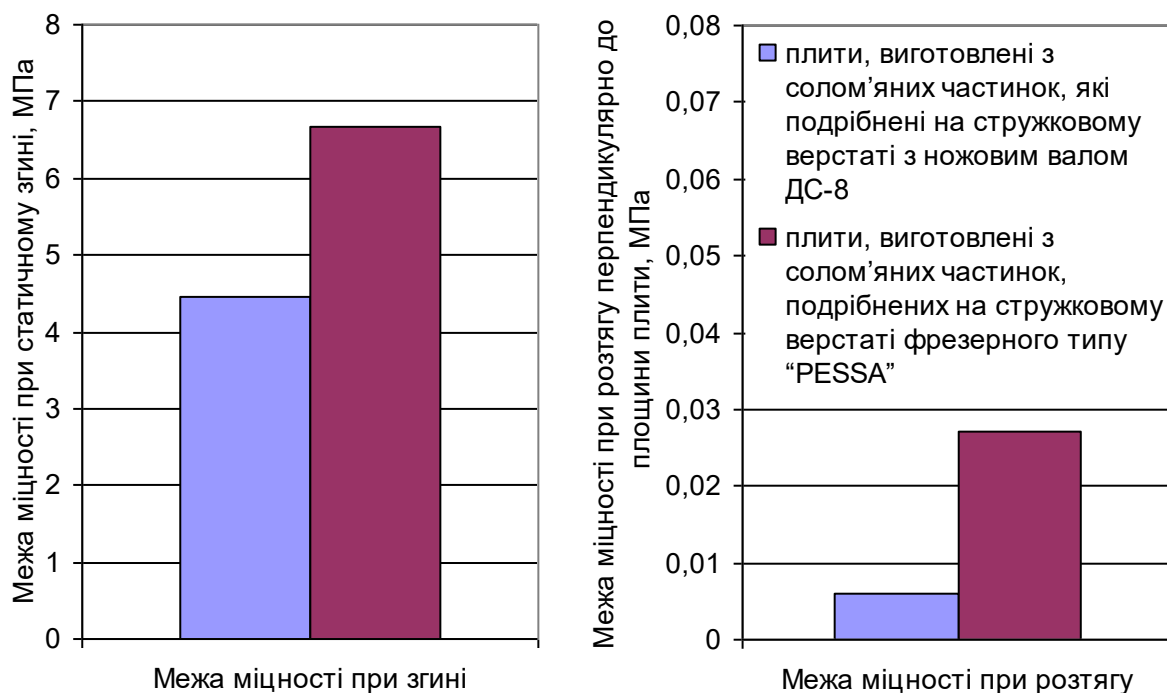


Рисунок 3.2 Механічні властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні

Вищі механічні властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на стружковому верстаті фрезерного типу ймовірно зумовлені кращим подрібненням тюків соломи на стружкових верстатах такого типу. Стружкові верстати фрезерного типу не вимагають додаткових пристроїв для подачі солом'яної сировини. Дослідження фракційного складу солом'яних частинок, одержаних на різному обладнанні (табл. 3.1), свідчить про те, що солом'яних частинок фракції 10/0 при подрібненні на стружковому верстаті фрезерного типу одержується на 12,3% більше, ніж при подрібненні на стружковому верстаті з ножовим валом.

Водопоглинання і набрякання за товщиною майже не відрізняються; дещо вищі фізичні показники солом'яних плит, які виготовлені з солом'яних частинок, подрібнених на стружковому верстаті фрезерного типу.

У разі збільшення тривалості пресування солом'яні плити, виготовлені з солом'яних частинок, подрібнених на стружковому верстаті фрезерного типу "PESSA", покращують як фізичні, так і механічні властивості, а плити, виготовлені з солом'яних частинок, подрібнених на стружковому верстаті з ножовим валом ДС-8, суттєво не змінюють свої властивості (рис. 3.5, 3.6, 3.7, 3.8).

При порівнянні властивостей деревинно-солом'яних плит з вмістом солом'яних частинок 25%, виготовлених з використанням солом'яних частинок, подрібнених на обладнанні "PESSA" і ДМ-7, та виготовлених з використанням солом'яних частинок, подрібнених на верстаті ДС-8, виявили, що менші фізичні властивості мають деревинно-солом'яні плити з вмістом солом'яних частинок, які виготовлені на обладнанні "PESSA" і ДМ-7, а вищі механічні властивості деревинно-солом'яні плити з вмістом солом'яних частинок, отриманих на верстаті ДС-8 (рис. 3.3, 3.4).

Вищі механічні властивості деревинно-солом'яних плит з вмістом солом'яних частинок, які подрібнені на верстаті ДС-8, можна пояснити тим, що розміри солом'яних частинок є більшими, ніж розміри частинок, виготовлених на обладнанні "PESSA" і ДМ-7 (табл. 3.2).

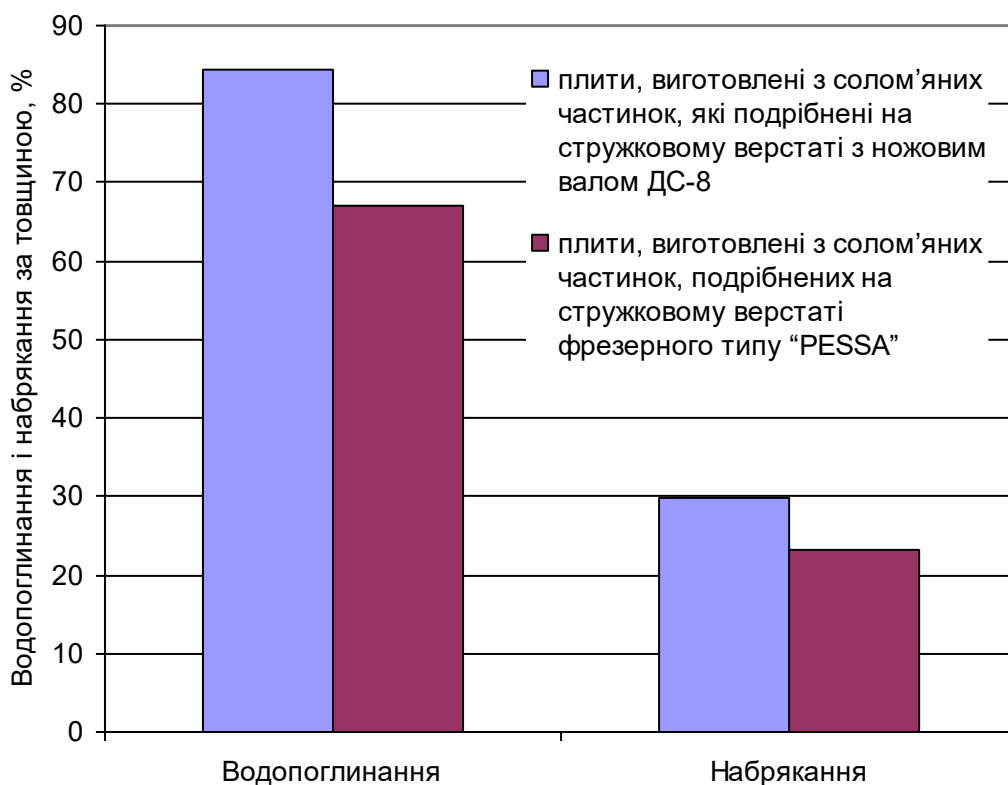


Рисунок 3.3 Фізичні властивості деревинно-солом'яних плит з вмістом солом'яних частинок 25%, які подрібнені на різному обладнанні

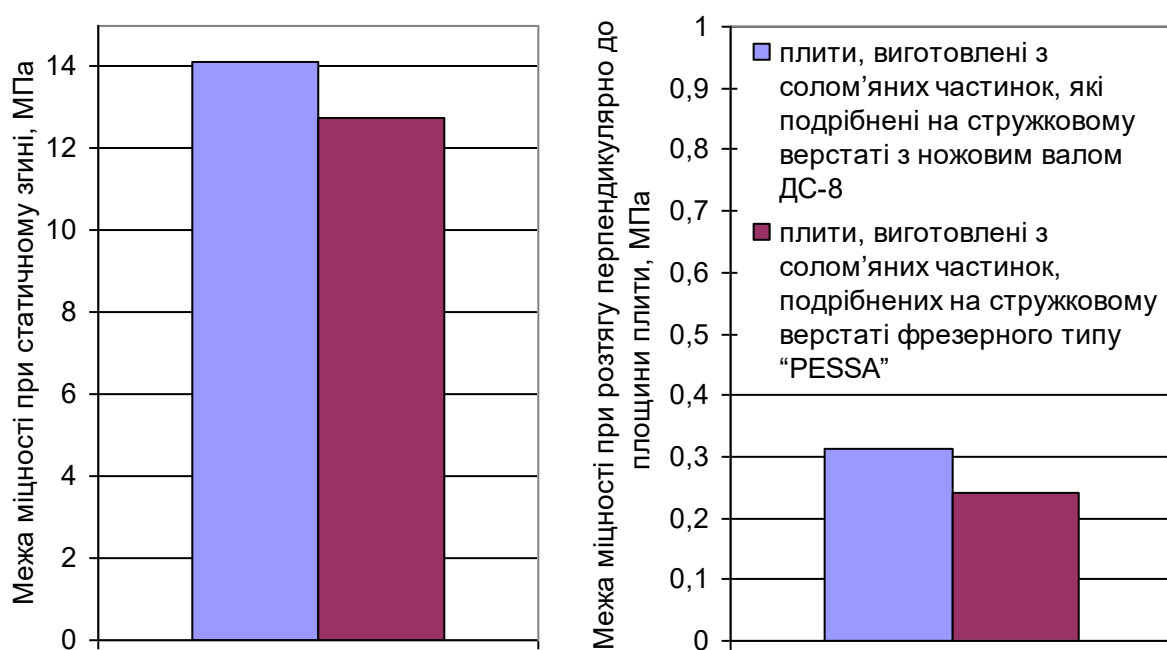


Рисунок 3.4 Механічні властивості деревинно-солом'яних плит з вмістом солом'яних частинок 25%, які подрібнені на різному обладнанні

3.3. Вплив зміни тривалості пресування на властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні

Тривалість пресування (витримки) плит у пресі є важливим технологічним параметром, оскільки вона визначає не тільки властивості одержуваних плит, але і продуктивність преса для гарячого пресування.

Прес – найдорожче обладнання у виробництві плитних матеріалів, тому зменшення часу пресування дозволяє краще використовувати прес.

Закономірності впливу тривалості пресування на властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні наведено на рис. 3.5, 3.6, 3.7, 3.8.

На властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок подрібнених на стружковому верстаті ДС-8, тривалість пресування суттєво не впливає. Фізико-механічні властивості плит, виготовлених з солом'яних частинок, подрібнених на стружковому верстаті фрезерного типу “PESSA”, при підвищенні тривалості пресування дещо покращуються.

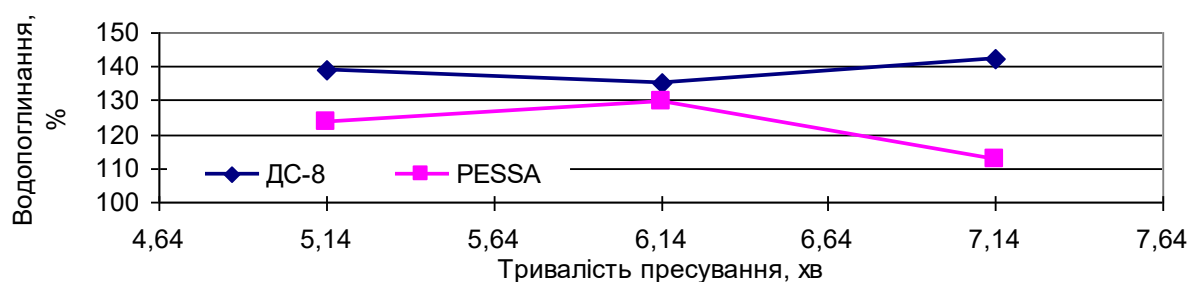


Рисунок 3.5 Вплив тривалості пресування на водопоглинання плит

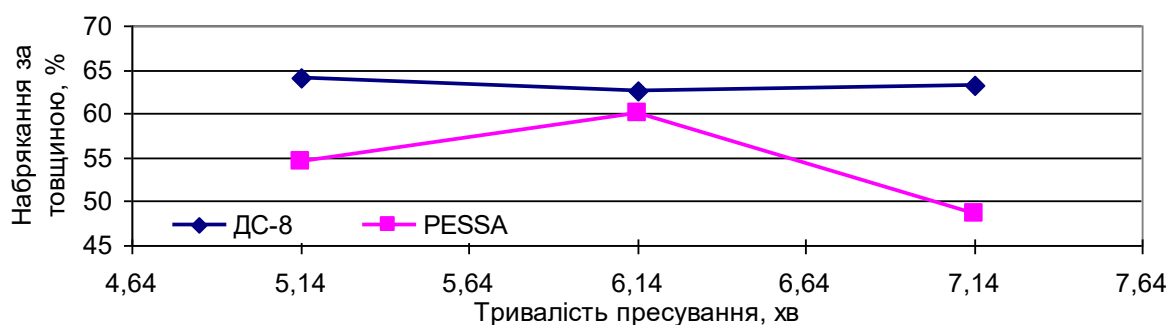


Рисунок 3.6 Вплив тривалості пресування на набрякання плит за товщиною

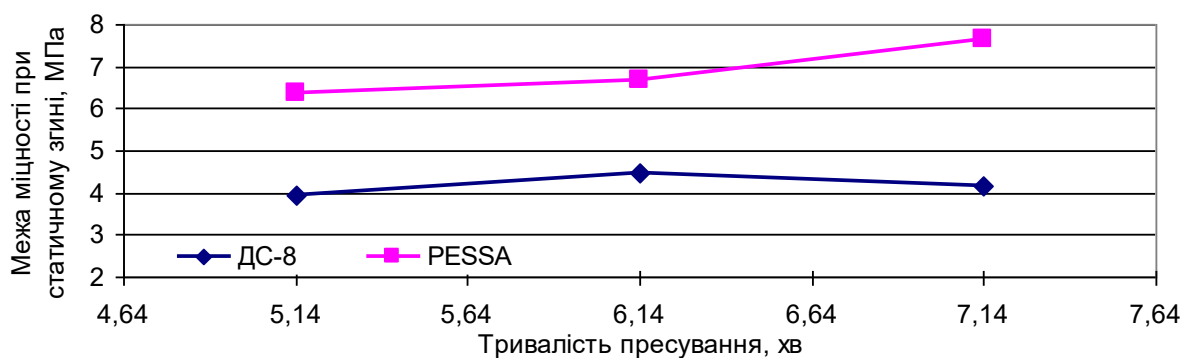


Рисунок 3.7 Вплив тривалості пресування на межу міцності при статичному згині плит

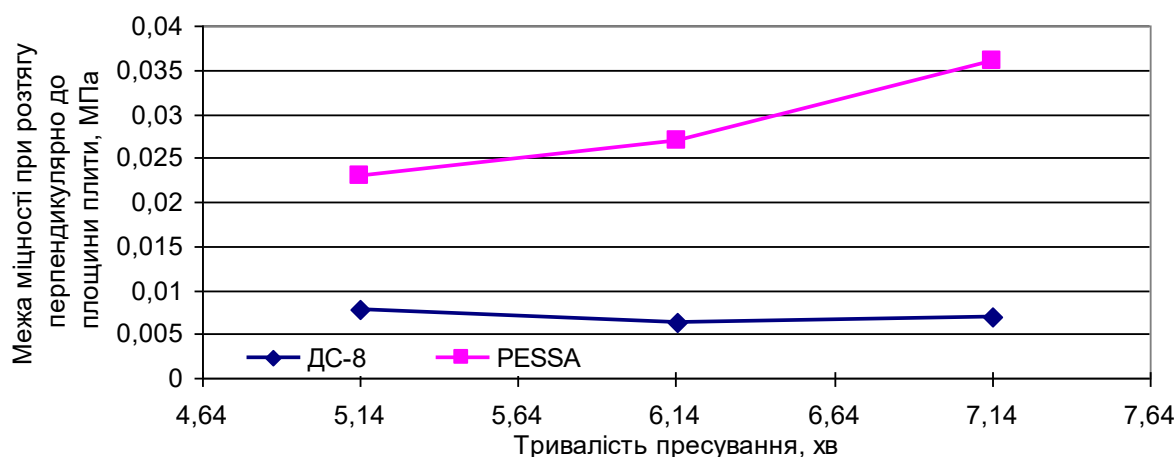


Рисунок 3.8 Вплив тривалості пресування на межу міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити

Товщина готових плит із збільшенням тривалості пресування зменшується, що можна пояснити більш повною стабілізацією пластичних деформацій (рис. 3.9).

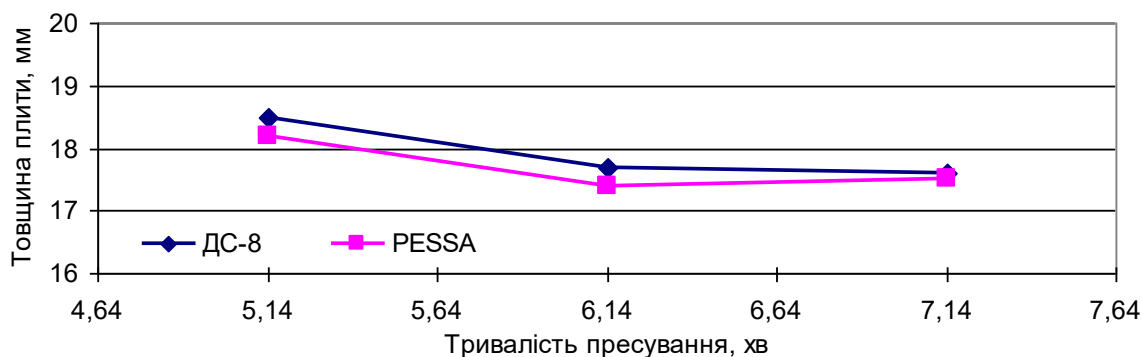


Рисунок 3.9 Вплив тривалості пресування на товщину плити

Для зовнішніх шарів пакету необхідно застосовувати клей на основі таких самих смол, що і для середнього шару, але із збільшеним часом желатинізації за рахунок зменшення кількості затверджувача.

Зменшуючи тривалість пресування, необхідно враховувати фізичні властивості стружкового пакету, перш за все його вологість. Чим вища вологість пакетів, тим більше необхідно часу на випаровування вологи з пакетів під час гарячого пресування. Для зменшення тривалості пресування необхідно зменшувати вологість частинок, але при зменшенні вологості частинок збільшується вбирання ними клею і зменшується кількість клею, який приймає участь в склеюванні, що призводить до зниження міцності плит.

На основі дослідження закономірності впливу тривалості пресування на властивості солом'яних плит та, враховуючи тривалість пресування стружкових плит у пресі, для виготовлення деревинно-солом'яних плит щільністю 700 кг/м^3 і товщиною 17 мм при витраті клею 14% можна рекомендувати за температури пресування 170°C : тривалість пресування – 6,14 хв, тобто 0,36 хв/мм.

3.4. Висновки

Результати експериментальних досліджень закономірностей впливу подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом'яних плит дозволили зробити такі висновки:

1. Запропонований спосіб виготовлення стружкових плит з використанням соломи дає змогу розширити сировинну базу для їх виготовлення завдяки залученню відходів сільськогосподарського виробництва, а саме пшеничної соломи, зменшити собівартість плит і, відповідно, економити цінну деревинну сировину.

2. Дослідженнями технологічної характеристики солом'яних і деревинних частинок встановлено, що солом'яні частинки довші, але менші за шириною, і тонші, ніж деревинні, тому відношення довжини до ширини у 2...2,8 рази і довжини до товщини у 4,8...7,9 рази вищі для солом'яних частинок (залежно від номера фракції і типу частинок), ніж відповідні відношення для деревинних частинок. Насипна щільність солом'яних частинок для формування зовнішніх шарів у 3,2 рази, середнього – у 3,9 рази менша, ніж деревинних, відповідно, виготовлені плити з солом'яних частинок мають більший ступінь ущільнення порівняно з плитами з деревинних частинок.

3. Дослідження закономірностей впливу подрібнювального обладнання на властивості солом'яних плит показало, що плити, виготовлені з солом'яних частинок, отриманих на стружковому верстаті фрезерного типу, мають менші фізичні і вищі механічні властивості, ніж плити, виготовлені з солом'яних частинок, отриманих на стружковому верстаті з ножовим валом. Це пояснюється кращим подрібненням тюків соломи на стружкових верстатах фрезерного типу, які не вимагають додаткових пристроїв для подачі солом'яної сировини.

4. На основі дослідження закономірності впливу тривалості пресування на властивості солом'яних плит та, враховуючи тривалість пресування

стружкових плит, для виготовлення деревинно-солом'яних плит щільністю 700 кг/м^3 і товщиною 17 мм можна рекомендувати за температури пресування 170°C : тривалість пресування – 6,14 хв, тобто 0,36 хв/мм.

5. Експериментально доведено, що стружкові плити, виготовлені за звичайною технологією, з додаванням до деревинних частинок до 25% солом'яних, за режиму пресування: температури – 170°C , тривалості – 6,14 хв, початкового тиску – 2,25 МПа, мають підвищені механічні показники порівняно з вимогами державного стандарту ДСТУ EN 312-2:2003.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В магістерській роботі наведене вирішення важливого і актуального для промисловості завдання – розширення сировинної бази для виготовлення стружкових плит, завдяки залученню відходів сільськогосподарського виробництва, а саме пшеничної соломи. У результаті проведених досліджень та їх аналізу отримано такі висновки:

1. Проведені у відповідності із поставленими завданнями експериментальні дослідження дозволили отримати результати, які забезпечують встановлення закономірностей впливу подрібнювального обладнання на властивості деревинно-солом'яних плит.

2. Доказано можливість і доцільність використання злакової соломи для виробництва стружкових плит, виготовлених на обладнанні існуючих цехів з виготовлення стружкових плит.

3. Визначено розміри і фракційний склад, насипну щільність і ступінь ущільнення подрібнених солом'яних частинок.

4. Досліджено, що плити, виготовлені з солом'яних частинок, отриманих на стружковому верстаті фрезерного типу, мають менші фізичні і вищі механічні властивості, ніж плити, виготовлені з солом'яних частинок, отриманих на стружковому верстаті з ножовим валом.

5. Досліджено закономірності впливу тривалості пресування на властивості солом'яних плит, виготовлених з солом'яних частинок, які подрібнені на різному обладнанні. Для виготовлення солом'яних плит щільністю 700 кг/м^3 і товщиною 17 мм можна рекомендувати за температури пресування 170°C : тривалість пресування – 6,14 хв, тобто 0,36 хв/мм.

6. Експериментально доведено, що стружкові плити, виготовлені за звичайною технологією, з додаванням до деревинних частинок до 25% солом'яних, мають підвищені механічні показники порівняно з вимогами державного стандарту ДСТУ EN 312-2:2003.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бехта П.А. Технологія деревинних композиційних матеріалів: підруч. / П.А. Бехта. – К.: Основа, 2003. – 336 с.
2. Бехта П.А. Класифікація деревинних композиційних матеріалів / П.А. Бехта, Р.Г. Салабай // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – Львів, 2002. – № 1. – С. 114-117.
3. Бехта П.А. Технологія деревинних плит і пластиків: підруч. / П.А. Бехта. – К.: Основа, 2004. – 780 с.
4. Волинский В.Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит: учебное пособие [для высш. учеб. завед.] / В.Н. Волинский. – Таллинн: Дезидерата, 2004. – 192 с.
5. Бехта П.А. Деревинні плитні композиційні матеріали / П.А. Бехта, В.В. Панов, Р.О. Козак, Р.Г. Салабай // Оборудование и инструмент для профессионалов: серия – деревообработка. – 2007. – № 5. – С. 6-10.
6. Справочник по производству древесностружечных плит / И.А. Отлев, Ц.Б. Штейнберг, Л.С. Отлева, Ю.А. Бова, Н.И. Жуков, Г.И. Конач. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 384 с.
7. Мурашко А.П. Деревно-стружкові плити в Україні / А.П. Мурашко, Є.М. Одинцов // Лісовий журнал. – К., 1993. – № 6. – С. 30-32.
8. Москатов К.А. Пластики из растений / К.А. Москатов // Пластические массы. – 1984. – № 10. – С. 32-35.
9. Rowell R.M. Utilization of natural fibers in plastic composites: problems and opportunities / R.M. Rowell, A.R. Sanadi, D.F. Caulfield, R.E. Jacobson // Lignocellulosic-plastics composites. – 1997. – P. 23-51.
10. Свириденко А.И. Экологически чистые композиционные материалы на основе вторичных растительных ресурсов и термопластичных полимеров / А.И. Свириденко и др. // Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности:

- междунар. науч.-техн. конф.: материалы докл. – Минск: БГТУ, 1999. – С. 340-342.
11. Rowell R.M. Paper and composites from agro-based resources / R.M. Rowell, R.A. Young, J.K. Rowell. – Boca Raton: Lewis Publishers, 1997. – 464 pp.
 12. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технологія вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2002. – 800 с.
 13. Примаков С.П. Технологія паперу і картону: навч. посіб. [для вищ. навч. закл.] / С.П. Примаков, В.А. Барбаш. – Київ: ЕКМО, 2002. – 396 с.
 14. Piotrowski Z. Słoma zbożowa alternatywnym surowcem lignocelulozowym w produkcji materiałów płytowych / Z. Piotrowski // In: Przemysł Drzewny – Warszawa, 1999. – No. 10. – S. 27-29.
 15. Энциклопедия полимеров. Т.1. – М.: Советская энциклопедия, 1972.
 16. Robson D. The properties of straw fibre / D. Robson, J. Hague // In: Straw – a valuable raw material. Volume 1. Conference proceedings – 1993. – P. 1-19.
 17. Markessini E. Panels from annual plant fibers bonded with urea-formaldehyde resins / E. Markessini, E. Roffael, L. Rigal // In: Proceedings 31th International Particleboard / Composite Materials Symposium. – Pullman, 1997. – P. 147-160.
 18. Grigoriou A.H. Straw-wood composites bonded with various adhesive systems / A.H. Grigoriou // Wood Science and Technology. – 2000. – Nr. 34. – P. 355-365.
 19. Kozakiewicz P. Hygroskopische Eigenschaften von Stroh / P. Kozakiewicz, D. Nicewicz // Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, For. and Wood Technol. – 2001. – Nr. 51. – P. 41-44.
 20. Rexen F. Stroh als Rohstoffmaterial für Spanplatten / F. Rexen // Holz Zentralbl. – 1975. – Nr. 34. – P. 471-472.

21. Hesch R. Stroh als Rohstoff für Platten / R. Hesch // Holz-Zbl. – 1979. – Nr. 3. – P. 22 and Nr 13. – P. 196.
22. Sauter S.L. Developing composites from wheat straw / S.L. Sauter // In: Proceedings of the 30th Washington State University International Particleboard / Composite Materials Symposium. – Pullman, Washington, 1996. – P. 197-214.
23. Nicewicz D. Ocena przydatności krajowych gatunków słom zbożowych do wytwarzania płyt wiórowych / D. Nicewicz, J. Pawlicki, A. Starecki, K. Sosińska, A. Zado // In: Technologia Drewna. XIV Konferencja Naukowa Wzdyiału Technologii Drewna SGGW. – Warszawa, 2000. – S. 185-192.
24. А. с. 656868 СССР, М. Кл² В 29 J 5/00. Способ получения плит из растительного сырья / З.Э. Клуге и др. (СССР). – № 2143126/29-15; заявл. 10.06.75; опубл. 15.04.79, Бюл. № 14.
25. Pease D.A. Resin advances support strawboard development / D.A. Pease // Wood Technology. – 1998. – No. 2. – P. 30-34.
26. Fossay C. Producers perspective / C. Fossay // Straw to Gold Symposium. – Winnipeg, Manitoba, 1995.
27. Dalen H. The manufacture of particleboard from wheat straw / H. Dalen, T. Shorma // In: Proceedings of the 30th Washington State University International Particleboard / Composite Materials Symposium. – Pullman, Washington, 1996. – P. 191-196.
28. Pawlicki J. Straw-wood boards / J. Pawlicki, D. Nicewicz, K. Sosińska, A. Zado // Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, For. and Wood Technol. – 2001 – P. 152-155.
29. Spelter H. Capacity, production, and manufacture of wood-based panels in the United States and Canada. / H. Spelter // General technical report FPL-GTR-90. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory, 1996. – P. 17.

30. Мелони Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит / Т. Мелони; пер. с англ. В.В. Амалицкого и Е.И. Карасева. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 416 с.
31. Бехта П.А. Науково-технічні основи виготовлення стружкових плит із заданою структурою та властивостями: дис. ... доктора техн. наук: 05.05.07 / Бехта Павло Антонович. – Львів, 1996. – 434 с.
32. Отлев И.А. Интенсификация производства древесностружечных плит / И.А. Отлев. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 192 с.
33. Козак Р.О. Прогнозування міцності та обґрунтування оптимальних параметрів процесу пресування деревинностружкових плит: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.07 / Козак Руслан Олегович. – Львів, 2000. – 175 с.
34. Бехта П.А. Виробництво стружки для деревинностружкових плит / П.А. Бехта – К.: ІСДО, 1995. – 272 с.
35. Пижурин А.А. Исследование процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.
36. Дудюк Д.Л. Основи моделювання і оптимізації процесів і систем лісового комплексу: посіб. [для вищ. навч. закл.] / Д.Л. Дудюк. – Львів: Львівський лісотехнічний інститут, 1992. – 292 с.
37. Пилипчук М.І. Основи наукових досліджень: підруч. / М.І. Пилипчук, А.С. Григор'єв, В.В. Шостак – К.: Знання, 2007. – 270 с.