

Корисна модель належить до деревообробної промисловості, зокрема до технологій виготовлення деревинних композитів (стружкових плит, стружкових плит з орієнтованою стружкою (OSB), волокнистих плит, деревинно-полімерних плит тощо) з пониженою щільністю, і може бути використана у виробництві будівельних, теплоізоляційних та меблевих плитних матеріалів, товарів побутового або промислового призначення тощо.

Стружкові плити (СП) є одним із основних деревинних композитів у світовій торгівлі. В останні роки світовий попит і виробництво СП зросло завдяки таким факторам, як відносно низька вартість, задовільні фізико-механічні властивості, високий попит на деревинні композити та наявність великої кількості сировини. На сьогодні для виготовлення деревинних композитів традиційною сировиною є деревина.

Клей і деревинна стружка є двома основними компонентами СП. Вартість використаної сировини, а саме клею та деревинної стружки, становить більшу частину вартості кінцевих СП. Загальна вартість матеріалів становить 40-60 % від загальної собівартості продукції. Інші основні компоненти витрат, такі як енергія, робоча сила та витрати на обробку СП, становлять близько 15-20 %, 5-20 % і 25-30 %, відповідно. Деревинна стружка є другим найдорожчим компонентом після клею у виробництві СП, на який припадає приблизно 20 % загальних виробничих витрат. Таким чином, незаперечним є той факт, що вартість матеріалів, яка включає вартість клею та деревинної стружки, часто становить більше половини загальної вартості виробництва. Однак, якщо ціни на деревинну сировину за останні роки зросли, то орієнтовна ціна сільськогосподарських відходів принаймні на 50 % нижча, ніж ціна деревинної стружки. Як наслідок, заміна деревинної стружки альтернативною, недеревною сировиною може призвести до значної економії коштів.

Оптимізація доступної деревинної та лігноцелюлозної сировини, а також пошук альтернативної природної сировини, отриманої з відновлюваних сільськогосподарських відходів, для заміни деревини у виробництві СП є життєздатною стратегією для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення ресурсоефективності деревообробної промисловості. Сільськогосподарські відходи - це величезний пул невикористаних ресурсів біомаси. Таким чином, незважаючи на те, що деревина залишається традиційною сировиною для виробництва СП, волокна сільськогосподарських відходів стають популярними для виробництва композитних панелей з метою сталого управління лісами.

Щільність традиційних СП зазвичай становить 600-750 кг/м<sup>3</sup>. Згідно зі стандартом CEN/TS 16368:2014, легкими вважають плити зі щільністю менше ніж 600 кг/м<sup>3</sup>. Легкі СП мають низку переваг для виробників, дизайнерів та кінцевих користувачів порівняно зі стандартними плитами. Їх використання розширює можливості інтер'єрного проєктування (застосування масивніших елементів, зниження навантаження під час монтажу), спрощує монтаж і обробку, полегшує транспортування та механічну обробку, а також дозволяє зменшити витрати на перевезення та сировину. Вага матеріалу є третім за значущістю критерієм для споживачів під час вибору меблів - після дизайну та вартості. Одним із важливих підходів до зниження щільності деревних плит є використання сировини з однорічних та багаторічних рослин, а також поєднання деревини з волокнистими рослинними матеріалами сільськогосподарського походження.

Таким чином, одним із напрямів зниження витрат деревини у виробництві СП та зниження їх щільності є використання сільськогосподарських відходів та однорічних рослин. В даний час сільськогосподарські відходи не використовуються настільки ефективно, як хотілося б, а захоронення на звалищах або відкрите спалювання є звичайними практиками щодо цього ресурсу, що створює значні екологічні проблеми. Таким чином, використання сільськогосподарських відходів як сировини для виробництва СП може зменшити темпи вирубки лісів у багатьох країнах і перетворити такі ресурси на деревинні матеріали з доданою вартістю. Особливо актуальна ця проблема зараз в Україні, оскільки в Україні через військову агресію Росії знищуються ліси, а також ми змушені витрачати багато деревини на будівництво фортифікаційних укріплень для військових та будівництво будинків для біженців.

Одним із таких відходів сільського господарства є костриця коноплі, побічний продукт вирощування коноплі (*Cannabis sativa* L.). Технічна конопля культивується як промислова культура в багатьох країнах, у тому числі в Україні. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, у 2023 році у всьому світі було зібрано приблизно 34076 тон насіння коноплі, з яких близько 2119 тон було вироблено в Європі та приблизно 580 тон в Україні. Після первинної переробки рослини отримують 30 % волокон і 70 % костриці, відходи механічної обробки стебел, які можуть бути використані у виробництві СП без додаткового подрібнення. На відміну від інших агровідходів, костриця конопель має відносно однорідний розмір частинок і низький вміст лігніну, що забезпечує рівномірне склеювання та підвищену стабільність розмірів плит. Це дає підстави вважати доцільним використання костриці коноплі як сировини для виготовлення деревинних композитів.

Відомий спосіб виготовлення стружкових плит із використанням соломи, який включає операції приготування стружки, сушіння стружки, змішування стружки з клеєм, формування і підпресування стружкового килима, пресування плит, згідно з яким зовнішні шари плит формуються із деревинних

частинок, а внутрішній шар - з деревинних частинок з додаванням до них до 20 % частинок із пшеничної соломи, а як клей застосовано карбамідоформальдегідну смолу [1]. Недоліком відомого способу є незадовільна міцність склеювання і невисокий вміст використання солом'яних частинок (до 20 %) внаслідок поганого їх склеювання карбамідоформальдегідними клеями.

Відомий спосіб виготовлення деревинних композитів із використанням відходів ріпаку, який включає операції виготовлення деревинних частинок, сушіння частинок, змішування частинок з клеєм, формування і підпресування килима, пресування, який відрізняється тим, що килим для виготовлення композитів формується із деревинних частинок із додаванням до них до 30 % частинок виготовлених із відходів ріпаку, а як клей застосовано карбамідоформальдегідну смолу [2]. Недоліком відомого способу є незадовільна міцність склеювання і невисокий вміст використання ріпаківих частинок (до 30 %) внаслідок поганого їх склеювання карбамідоформальдегідними клеями.

Відома деревинна панель на основі коноплі та спосіб її виготовлення, що включає формування і виготовлення панелей  $500-750 \text{ кг/м}^3$  зі стебел коноплі, склеєних ізоціанатним клеєм (pMDI) з ваговими частками стебел коноплі принаймні 70 % і клею в межах 5-20 %, конопля використовується у вигляді суміші з частинок довжиною 1-5 см і волокон довжиною до 60 см за вагового співвідношення між частинками і волокном 1:5 та 3:2 [3]. Недоліком відомого способу є висока щільність панелей, використання дорогого ізоціанатного клею (pMDI) і високий його вміст, використання довгих частинок і волокон, що ускладнює нанесення на них клею і змішування, що сукупно призводить до здорожчання готової продукції.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити спосіб виготовлення легких деревинних композитів шляхом раціонального використання частинок з костриці конопель у структурі композиту з метою зниження його щільності та покращення експлуатаційних властивостей. Крім цього, завдяки тому, що в способі виготовлення легких деревинних композитів частина деревинної стружки замінюється на частинки з костриці конопель, розширюється сировинна база для виробництва композитів, економиться цінна деревинна сировина, зменшується собівартість готових композитів.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі виготовлення легких деревинних композитів із використанням костриці конопель, який включає операції виготовлення деревинних частинок і частинок з костриці конопель у вигляді стружки, сушіння стружки, змішування стружки з клеєм, формування стружкового килима, його підпресування та пресування, згідно з корисною моделлю, стружковий килим формують тришаровим, при цьому два зовнішні шари формують із деревинної стружки, а внутрішній шар формують шляхом змішування деревинної стружки з частинками з костриці конопель за масового співвідношення деревинної стружки до частинок з костриці конопель, вибраного з ряду 75:25 %, 50:50 %, 25:75 %.

Спосіб виготовлення легких деревинних композитів (стружкових плит) щільністю  $350-550 \text{ кг/м}^3$  із використанням костриці конопель включає операції виготовлення деревинних частинок і частинок з костриці конопель у вигляді стружки, сушіння стружки, змішування стружки з клеєм, формування стружкового килима, його підпресування та пресування. Стружковий килим формують тришаровим, при цьому два зовнішні шари формують із деревинної стружки, а внутрішній шар формують шляхом змішування деревинної стружки з частинками з костриці конопель за масового співвідношення деревинної стружки до частинок з костриці конопель, вибраного з ряду: 75:25 %, 50:50 %, 25:75 %. При цьому як клей використовується карбамідо-формальдегідна смола.

Спосіб виготовлення легких деревинних композитів, зокрема легких стружкових плит щільністю  $350-550 \text{ кг/м}^3$  із використанням костриці конопель здійснюють наступним чином.

Деревинну сировину та кострицю конопель подрібнюють для виготовлення деревинної стружки і частинок з костриці конопель та висушують. Висушені деревинну стружку і частинки з костриці конопель подають на операцію змішування. В процесі перемішування на частинки наноситься карбамідо-формальдегідний клей. Після змішування з клеєм формується тришаровий стружковий килим, при цьому два зовнішні шари формують із деревинної стружки, а внутрішній шар формують шляхом змішування деревинної стружки з частинками з костриці конопель за масового співвідношення деревинної стружки до частинок з костриці конопель, вибраного з ряду: 75:25 %, 50:50 %, 25:75 %. Співвідношення між зовнішніми та внутрішнім шарами становить 33:67 %. Сформований килим підпресовується і подається на операцію пресування плит. Пресування плит здійснюють під тиском 2,5 МПа і за температури 190 °C.

Додатково для порівняльної оцінки властивостей були виготовлені контрольні зразки із співвідношенням 100:0 % та 0:100 %, які не входять до обсягу правової охорони заявленої корисної моделі.

З пресованих плит вирізали зразки для механічних випробувань. Визначали міцність під час статичного згинання (згідно з ДСТУ EN 310: 1993), модуль пружності під час статичного згинання (згідно з ДСТУ EN 310: 1993), міцність при розтягуванні перпендикулярно до площини плити (згідно з ДСТУ EN 319: 1993). Значення визначених показників порівнювали з вимогами міжнародних стандартів на легкі стружкові плити (EN 16368 і ANSI A208.1). Механічні показники отриманих плит наведено в Таблиці 1.

Отримані легкі тришарові стружкові плити з формуванням внутрішнього шару змішуванням деревинної стружки з частинками з костриці конопель за масового співвідношення деревинної стружки до частинок з костриці конопель, вибраного з ряду: 75:25 %, 50:50 %, 25:75 %, характеризуються високими показниками механічних властивостей порівняно з стандартними вимогами на легкі плити. Зокрема, за значеннями міцності при статичному згинанні плити щільністю 450 кг/м<sup>3</sup> відповідають вимогам для плит типу LP1 згідно з EN 16368 та LD-1 і LD-2 згідно з ANSI A208.1, а щільністю 550 кг/м<sup>3</sup> відповідають вимогам для плит типу LP1 і LP2 згідно з EN 16368 та LD-1 і LD-2 згідно з ANSI A208.1; за значеннями модуля пружності плити щільністю 350 кг/м<sup>3</sup> відповідають вимогам для плит типу LP1 і LD-1 згідно з EN 16368 та ANSI A208.1, відповідно, а щільністю 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> вимогам для плит типу LP1 і LP2 згідно з EN 16368 та LD-1 і LD-2 згідно з ANSI A208.1. Значення міцності при розтягуванні перпендикулярно до площини плити щільністю 550 кг/м<sup>3</sup> відповідають вимогам для плит типу LP1 згідно з EN 16368, а плит щільністю 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> вимогам для плит типу LD-1 і LD-2 згідно з ANSI A208.1. Це свідчить про те, що частинки костриці конопель добре склеюються як між собою, так і з деревинною стружкою.

Характеристика механічних властивостей отриманих легких плит наведена в таблиці.

Таблиця

Порівняльна характеристика механічних властивостей отриманих легких плит із вимогами стандартів

| Показник                                       | Щільність плити (кг/м <sup>3</sup> ) | Співвідношення частинок деревинної стружки до частинок костриці конопель | Запропонований спосіб | Вимоги згідно з EN 16368 |         | Вимоги згідно з ANSI A208.1 |          |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------|-----------------------------|----------|
|                                                |                                      |                                                                          |                       | тип LP1                  | тип LP2 | тип LD-1                    | тип LD-2 |
| Межа міцності при статичному згинанні, МПа     | 350                                  | 100:0                                                                    | 1,7                   | 4,0                      | 8,0     | 3,0                         | 5,0      |
|                                                |                                      | 75:25                                                                    | 2,5                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 50:50                                                                    | 3,0                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 25:75                                                                    | 2,9                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 0:100                                                                    | 3,4                   |                          |         |                             |          |
|                                                | 450                                  | 100:0                                                                    | 4,9                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 75:25                                                                    | 5,5                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 50:50                                                                    | 5,8                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 25:75                                                                    | 5,9                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 0:100                                                                    | 6,5                   |                          |         |                             |          |
|                                                | 550                                  | 100:0                                                                    | 8,2                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 75:25                                                                    | 8,6                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 50:50                                                                    | 8,6                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 25:75                                                                    | 8,9                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 0:100                                                                    | 9,6                   |                          |         |                             |          |
| Модуль пружності, МПа                          | 350                                  | 100:0                                                                    | 371                   | 550                      | 1000    | 550                         | 1025     |
|                                                |                                      | 75:25                                                                    | 585                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 50:50                                                                    | 637                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 25:75                                                                    | 644                   |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 0:100                                                                    | 953                   |                          |         |                             |          |
|                                                | 450                                  | 100:0                                                                    | 1005                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 75:25                                                                    | 1160                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 50:50                                                                    | 1196                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 25:75                                                                    | 1201                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 0:100                                                                    | 1402                  |                          |         |                             |          |
|                                                | 550                                  | 100:0                                                                    | 1639                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 75:25                                                                    | 1736                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 50:50                                                                    | 1755                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 25:75                                                                    | 1757                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 0:100                                                                    | 1852                  |                          |         |                             |          |
| Межа міцності при розтягуванні перпендикулярно | 350                                  | 100:0                                                                    | 0,20                  | 0,28                     | 0,40    | 0,10                        | 0,15     |
|                                                |                                      | 75:25                                                                    | 0,20                  |                          |         |                             |          |
|                                                |                                      | 50:50                                                                    | 0,20                  |                          |         |                             |          |

|                          |     |       |      |  |  |  |  |
|--------------------------|-----|-------|------|--|--|--|--|
| до площини плити,<br>МПа |     | 25:75 | 0,19 |  |  |  |  |
|                          |     | 0:100 | 0,19 |  |  |  |  |
|                          |     | 100:0 | 0,25 |  |  |  |  |
|                          | 450 | 75:25 | 0,25 |  |  |  |  |
|                          |     | 50:50 | 0,25 |  |  |  |  |
|                          |     | 25:75 | 0,24 |  |  |  |  |
|                          |     | 0:100 | 0,23 |  |  |  |  |
|                          |     | 100:0 | 0,30 |  |  |  |  |
|                          | 550 | 75:25 | 0,30 |  |  |  |  |
|                          |     | 50:50 | 0,30 |  |  |  |  |
|                          |     | 25:75 | 0,29 |  |  |  |  |
|                          |     | 0:100 | 0,27 |  |  |  |  |

Перевагою корисної моделі є те, що запропонований легкий деревинний композит має невелику вагу, але попри це зберігає достатню механічну стабільність. Крім цього, процес виготовлення відповідного корисній моделі легкого деревинного композиту є нескладним; немає потреби в переоснащенні існуючих установок для виготовлення відповідних корисній моделі легких деревинних плит. Заявлений спосіб може бути реалізований у промислових умовах із використанням стандартного обладнання для виготовлення стружкових плит та є придатним для серійного виробництва.

Отже, запропонований спосіб виготовлення легких деревинних композитів дає змогу розширити сировинну базу для їх виготовлення завдяки залученню відходів сільськогосподарського виробництва, а саме костриці конопель, зменшити собівартість готових плит і, відповідно, економити цінну деревинну сировину, що є надзвичайно актуальним для малолісистих регіонів України. Ще однією з переваг використання костриці конопель є те, що це є дешевий і щорічно відновлюваний вид сировини.

Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель № 21441, Україна, МПК В27N 3/00. Спосіб виготовлення стружкових плит / Бехта П.А., Салабай Р.Г. - Номер заявки u200610411; заявл. 02.10.06; опубл. 15.03.07, Бюл. № 3.

2. Патент на корисну модель № 95233, Україна, МПК В27N 3/00. Спосіб виготовлення деревинних композитів із використанням відходів ріпаку / Бехта П.А., Копанський М.М., Салабай Р.Г. - Номер заявки a2014 07983; заявл. 15.07.14; опубл. 10.12.14, Бюл. № 23.

3. NOPENS Ingmar, VERSTRAETE Frederik, CORDEEL Filip. Hempbased wood and its manufacturing method-European Patent Application EP 4 501 564 A2, Date of publication: 05.02.2025 Bulletin 2025/06.