

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 або однорічних рослин, для заміни деревини у виробництві СП є життєздатною стратегією для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення ресурс ефективності 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 і однорічних рослин 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 проектування (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.

Одним із таких відходів сільського господарства, який може замінити деревину, є стебла соняшнику (*Helianthus annuus* L.), побічний продукт вирощування соняшнику. Соняшник є четвертим за величиною джерелом насіння олійних культур у всьому світі з понад 25 мільйонами гектарів обробленої землі. Підраховано, що з кожного гектара зібраного соняшнику можна отримати 3-7 тонн сухої біомаси, включаючи головки рослин і стебла. Обсяги його вирощування щорічно збільшуються на 10-20 % у зв'язку зі збільшенням потреб у виробництві рослинної олії, що призводить до значного збільшення накопичення стебла соняшнику. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, у 2023 році у всьому світі було зібрано приблизно 58 574 867 тон насіння соняшнику, з яких близько 42 162 800 тонн (72 % світового виробництва) було вироблено в Європі та приблизно 12 759 690 тон (22 % світового виробництва і 30 % європейського виробництва) в Україні.

Однією з однорічних рослин, яка може замінити деревину, є стебла міскантусу (*Miscanthus sinensis* giganteus). Міскантус, як рід рослин, що включає багаторічну деревну кореневищну траву, схожу на бамбук, походить з тропічних і субтропічних регіонів Азії та Південно-Східної Африки. Рослина має звичайну висоту від 1,5 м до 4 м, а окремі види можуть навіть досягати висоти до 6-7 м, діаметр стебла - від 1 до 2 см. За хімічним складом міскантус з вмістом приблизно 38 % целюлози, 17 % лігніну та 21 % геміцелюлози є близьким до деревини. З площею вирощування в Європі близько 40 000 га, товсто стебловий вузлуватий деревний міскантус з врожайністю сухої маси до 40 т/га може бути дуже привабливим ресурсом у виробництві деревинних композитів. Тому можна припустити, що міскантус є ресурсом, придатним для деревинних композитів, який демонструє прийнятні експлуатаційні характеристики.

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 тришарових стружкових плит щільністю 700 кг/м<sup>3</sup> із суміші частинок стебел сояшнику та сосни у різних співвідношеннях частинок стебел сояшнику до частинок деревини сосни 100:0, 25:75, 50:50, 75:25 та 0:100, склеєних карбамідо-формальдегідним клеєм [2]. Недоліком відомого способу є висока щільність плит, що збільшує вагу матеріалу і ускладнює роботу з ним, а також його транспортування.

Відомий спосіб виготовлення одношарових стружкових плит щільністю 600 кг/м<sup>3</sup> з частинок міскантусу, з використанням метилендіфенілдіоціанату (MDI) як клею [3]. Недоліком відомого способу є висока щільність плит, що збільшує вагу матеріалу і ускладнює роботу з ним, а також його транспортування; використання дорогого ізоціанатного клею (MDI) і високий його вміст (4 і 6 %), низькі механічні властивості порівняно з деревиною, що сукупно призводить до здорожчання готової продукції.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб виготовлення легких деревинних композитів шляхом раціонального використання частинок зі стебел сояшнику та міскантусу у структурі композиту з метою зниження його щільності та покращення експлуатаційних властивостей. Крім того, в способі виготовлення легких деревинних композитів частина деревинної стружки замінюється на частинки сояшнику та міскантусу, розширюється сировинна база для виробництва композитів, економиться цінна деревинна сировина, зменшується собівартість готових композитів.

Поставлена задача вирішується тим, що за способом виготовлення легких деревинних композитів із використанням стебел сояшнику та міскантусу, який включає операції виготовлення деревинної стружки і частинок зі стебел сояшнику та міскантусу 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 сояшнику та міскантусу за масового співвідношення, вибраного з ряду, %: 50:25:25, 25:50:25 або 25:25:50.

Спосіб виготовлення легких деревинних композитів, зокрема легких стружкових плит щільністю 550 кг/м<sup>3</sup> із використанням стебел сояшнику та міскантусу здійснюють наступним чином.

Деревинну сировину та стебла сояшнику та міскантусу подрібнюють для виготовлення деревинної стружки і частинок сояшнику та міскантусу і висушують. Висушені деревинну стружку і частинки сояшнику та міскантусу 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 сояшнику та міскантусу за масового співвідношення деревинної стружки до частинок сояшнику та міскантусу, вибраного з ряду 50:25:25 %, 25:50:25 % або 25:25:50 %. 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 температурі 190 °С.

З пресованих плит вирізали зразки для механічних випробувань. Визначали міцність під час статичного згинання (згідно ДСТУ EN 310: 1993), модуль пружності під час статичного згинання (згідно ДСТУ EN 310: 1993), міцність при розтягуванні перпендикулярно до площини плити (згідно 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.

Як можна побачити з таблиці, заміна частини деревинної стружки у внутрішньому шарі на частинки сояшнику та міскантусу покращує механічні властивості стружкових плит. Найвищі значення міцності при статичному згинанні (8,6 МПа), модуля пружності (1848 МПа) та міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити (0,37 МПа) отримано за співвідношення деревинної стружки до частинок сояшнику та міскантусу у внутрішньому шарі плит як 25:25:50 %. Крім того, за такого співвідношення між частинками міцність при статичному згинанні та модуль пружності плит є вищими, ніж для плит внутрішній шар яких повністю виготовлений з деревини, сояшнику чи міскантусу. Щодо міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити, то за цього ж співвідношення значення міцності є вищими, ніж для плит внутрішній шар яких повністю виготовлений з деревини, але нижчими, ніж для плит внутрішній шар яких повністю виготовлений з сояшнику чи міскантусу.

За значеннями міцності при статичному згинанні плити, внутрішній шар яких сформований з суміші деревинної стружки і частинок сояшнику та міскантусу, відповідають вимогам для плит типу LP1 і LP2

(за винятком співвідношення 50:25:25 % і 25:50:25 %) згідно з EN 16368 та LD-1 і LD-2 згідно з ANSI A208.1; за значеннями модуля пружності - вимогам для плит типу LP1 і LP2 згідно з EN 16368 та LD-1 і LD-2 згідно ANSI A208.1; за значеннями межі міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити - вимогам для плит типу LP1 згідно з EN 16368 та LD-1 і LD-2 згідно з ANSI A208.1.

Таблиця

Порівняльна характеристика механічних властивостей отриманих легких плит із вимогами стандартів

| Показник                                                                      | Співвідношення<br>деревинної<br>стружки та<br>частинок<br>сосяшнику та<br>міскантусу | Запропонований<br>спосіб | Плити з<br>100 %<br>деревинної<br>стружки | Вимоги<br>згідно з EN<br>16368 |            | Вимоги згідно з<br>ANSI A208.1 |              |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|--------------|
|                                                                               |                                                                                      |                          |                                           | тип<br>LP1                     | тип<br>LP2 | тип<br>LD-1                    | тип LD-<br>2 |
| Межа міцності при<br>статичному згинанні,<br>МПа                              | 50:25:25                                                                             | 7,7                      | 8,0                                       | 4,0                            | 8,0        | 3,0                            | 5,0          |
|                                                                               | 25:50:25                                                                             | 7,8                      |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 25:25:50                                                                             | 8,6                      |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 0:100:0                                                                              | 8,1                      |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 0:0:100                                                                              | 7,8                      |                                           |                                |            |                                |              |
| Модуль<br>пружності, МПа                                                      | 50:25:25                                                                             | 1679                     | 1650                                      | 550                            | 1000       | 550                            | 1025         |
|                                                                               | 25:50:25                                                                             | 1712                     |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 25:25:50                                                                             | 1848                     |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 0:100:0                                                                              | 1853                     |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 0:0:100                                                                              | 1772                     |                                           |                                |            |                                |              |
| Межа міцності при<br>розтягуванні<br>перпендикулярно до<br>площини плити, МПа | 50:25:25                                                                             | 0,34                     | 0,34                                      | 0,28                           | 0,40       | 0,10                           | 0,15         |
|                                                                               | 25:50:25                                                                             | 0,37                     |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 25:25:50                                                                             | 0,37                     |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 0:100:0                                                                              | 0,41                     |                                           |                                |            |                                |              |
|                                                                               | 0:0:100                                                                              | 0,40                     |                                           |                                |            |                                |              |

Вищі значення міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити (0,37 МПа) для плит з внутрішнім шаром сформованим з більшим вмістом частинок сосяшнику та міскантусу, ніж для плит (50:25:25) з більшим вмістом деревинної стружки (0,34 МПа), свідчать про те, що частинки сосяшнику та міскантусу краще склеюються між собою, ніж з деревинною стружкою. Плити з внутрішнім шаром сформованим тільки з частинок сосяшнику демонструють вищі значення механічних показників порівняно з плитами, внутрішній шар яких сформований тільки з частинок міскантусу. До того ж, плити з внутрішнім шаром сформованим тільки з частинок сосяшнику або частинок міскантусу забезпечують вищі значення механічних показників, ніж плити з внутрішнім шаром з деревинних частинок. Через це, зовнішній шар формують з деревинних частинок, а внутрішній - з суміші деревинної стружки і частинок сосяшнику та міскантусу за співвідношення деревинної стружки до частинок сосяшнику та міскантусу, як 25:25:50 %.

Перевагою є те, що відповідний легкий деревинний композит має невелику вагу, але попри це зберігає достатню механічну стабільність. Крім цього, процес виготовлення легкого деревинного композиту є нескладним; немає потреби в переоснащенні існуючих установок для виготовлення легкого деревинного композиту. 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 сільського господарства та однорічних рослин, а саме стебел сосяшнику та міскантусу, зменшити собівартість готових плит і, відповідно, економити цінну деревинну сировину, що є надзвичайно актуальним для малолісистих регіонів України. Ще однією з переваг використання сосяшнику та стебел міскантусу є те, що це є дешевий і щорічно відновлюваний вид сировини.

Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель № 21441, Україна, МПК В27 N 3/00. Спосіб виготовлення стружкових плит / Бехта П.А., Салабай Р.Г. - Номер заявки u200610411; заявлено 02.10.06; опубліковано 15.03.07, Бюлетень № 3.

2. Cengiz Guler, Ibrahim Bektas, Hulya Kalaycioglu. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.). *Forest Products Journal*, 2006, 56(4):56-60.

3. Petr Klímek, Rupert Wimmer, Peter Meinschmidt, Jozef Kúdela. Utilizing *Miscanthus* stalks as raw material for particleboards. *Industrial Crops and Products*, 2018, 111, 270-276. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.032>.