



UDC 684.4.04

**DIGITALIZATION OF PRODUCTS - UNIQUE OFFER TO ATTRACT CUSTOMERS  
AND EXPAND SALES MARKET**

**S. Kulman**

Article info

Received  
30.04.2020

Accepted  
24.06.2020

Zhytomyr  
National  
Agroecological  
University  
7, Saryi Blvd,  
Zhytomyr,  
10008, Ukraine

E-mail:  
[s\\_kulman@ukr.net](mailto:s_kulman@ukr.net)

***Kulman, S. (2020). Digitalization of products – unique offer to attract customers and expand sales market. Scientific Horizons, 07 (92), 88–97. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-88-97.***

*The trend of digital technology today is moving towards greater transparency, which indicates the growth of more accessible data in the supply chain. The latest technologies are changing the approach of companies to their assets, when the quality and price of goods increases due to improvements through digital capabilities, thus there are products that are improved by data. The effectiveness of the impact on consumers is determined by the advertising evaluation of the products being promoted and the argument in their favor. If the consumer does not find such an assessment and argumentation, then the effectiveness of advertising is significantly reduced. The purpose of the study, the development of a new way to promote goods on the market of advertising products. An advertising offer should radically differ from all the offers of competitors. That is, the uniqueness of the product is manifested to the consumer in the uniqueness of the description of its consumer properties. So the task of developing new ways of advertising product description is to make as detailed a portrait of it as possible. We called it the digitalization of consumer properties of goods. By the digitalization of a product (product), we mean the whole range of physical and mechanical characteristics of the product, which objectively evaluate its consumer qualities. The study presents digitalization processes for a particular class of building and structural materials, namely, wood-based composites. The methods we use are developed and verified in numerous studies based on several fundamental theories of theoretical and experimental physics and chemical kinetics and are protected by patents of Ukraine. The results of the study suggest that the created digital portrait of the studied materials has a unique description of their consumer properties, which creates the appearance of a market novelty product.*

**Key words:** digitalization of products, product promotion, durability forecasting, accelerated tests.

**ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ – УНІКАЛЬНА ПРОПОЗИЦІЯ ДЛЯ ЗАЛУЧЕННЯ  
КЛІЄНТІВ ТА РОЗШИРЕННЯ РИНКУ ЗБУТУ ТОВАРУ**

**С. М. Кульман**

Житомирський національний агроєкологічний університет  
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

*Тенденція поширення цифрових технологій нині рухається до більшої прозорості, що засвідчує зростання доступніших обсягів даних у ланцюжку постачання. Новітні технології змінюють підхід підприємств до своїх активів, коли якість і ціна товарів зростає завдяки вдосконаленню через цифрові можливості. Ефективність впливу на споживачів визначається оцінкою, яка міститься в рекламі*

товарів, що просуваються з аргументацією в їх користь. Мета дослідження полягає у розробці нового способу просування товару на ринку рекламних продуктів. Застосовувані методи розроблені і верифіковані в численних дослідженнях, заснованих на кількох фундаментальних теоріях теоретичної і експериментальної фізики і хімічної кінетики і захищені патентами України. Рекламна пропозиція має кардинально відрізнятись від усіх пропозицій виробників конкурентів. Тобто унікальність товару проявляється для споживача в унікальності опису його споживчих властивостей. Основне завдання розробки нових способів рекламного опису товару полягає в тому, щоб зробити якомога більше його детальний портрет, тобто діджиталізацією споживчих властивостей товару. Під діджиталізацією продукту (товару) необхідно розуміти весь комплекс фізико-механічних характеристик товару, які об'єктивно оцінюють його споживчі якості. У дослідженні представлені процеси діджиталізації для окремого класу будівельних і конструкційних матеріалів, а саме, композитів на основі деревини. Результати дослідження дозволяють стверджувати про те, що створений цифровий портрет досліджуваних матеріалів володіє унікальністю опису їх споживчих властивостей, що створює вигляд товару ринкової новизни, що стане перспективним напрямом подальших досліджень.

**Ключові слова:** діджиталізація продукції, просування товару, прогнозування довговічності, прискорені випробування.

### Вступ

Майбутнє вже настало. За словами нинішнього генерального директора корпорації Майкрософт Сат'я Наделла цифровізація за час пандемії коронавірусу просунулася до кордонів, досягнення яких планувалося отримати тільки через три роки.

Четверта промислова революція передбачає чотири найважливіші результати для бізнесу в усіх галузях, а саме: очікування споживачів змінюються; дані вдосконалюють якість продукції, а це підвищує продуктивність активів; виникають нові партнерські зв'язки, оскільки компанії починають розуміти значення нових форм співпраці; операційні моделі трансформуються в нові цифрові моделі (Schwab, 2016). Споживачі-індивіди (B2C, Business-to-Customer, бізнес для споживача) і споживачі-підприємства (B2B, Business-to-Business, бізнес для бізнесу) дедалі більше занурюються в центр цифрової економіки, де визначаються способи обслуговування. Очікування споживача зазнають переосмислення у формі досвіду.

Саме здатність перехоплювати різноманітні джерела даних – від особистих до промислових, від пов'язаних зі способом життя до поведінкових – забезпечує дуже тонкими і деталізованими висновками щодо процесу придбання товарів. Ці процеси нещодавно неможливо було уявити. У наш час дані та кількісні показники надають особливо важливу інформацію про потреби та поведінку споживача у режимі псевдореального часу. Це впливає на рішення щодо продажів.

Тенденція поширення цифрових технологій рухається до більшої прозорості, що засвідчує

зростання доступніших обсягів даних у ланцюжку постачання. Ось чому виникає більше можливостей для об'єднаного зіставлення якості товарів. Одним клацанням мишки чи рухом пальця споживачі вмить переходять від одного товаровиробника до іншого. Компанії більше не можуть ухилитися від відповідальності за незадовільні експлуатаційні характеристики продукту. Репутаційний капітал тяжко здобути й легко втратити. У прозорому світі ця тенденція лише посилюватиметься.

Новітні технології змінюють підхід підприємств до своїх активів, коли якість і ціна товарів зростає завдяки вдосконаленню через цифрові можливості, таким чином з'являються вироби, удосконалені даними (Schwab, 2018).

Ми не будемо торкатися колаборативних інновацій та нових операційних моделей, зупинимось тільки на перших двох з вищезгаданих аспектів глобальної цифровізації (діджиталізації), об'єднаємо ці два аспекти зміни умов ведення бізнесу в дослідження нових способів просування товарів на ринку. Постараємося запропонувати відмінні від існуючих способів просування товару, які зможуть показати (відобразити) з такого, зрозумілого споживачеві боку, щоб споживач зміг переконатися в тому, що саме цей продукт найвигідніший для нього. Мета дослідження, розробка нового способу просування товару на ринку рекламних продуктів.

У сучасному маркетингу розрізняють обмежене число способів просування товару. На ці запитання відповідає комунікативна політика в маркетингу. Ми розглянемо тільки рекламу і

визначимо нові можливості, які може дати діджиталізація, з точки зору створення унікального рекламного образу товару.

Ефективність впливу на споживачів визначається оцінкою що міститься в рекламі товарів і аргументацією на їх користь. У будь-якому випадку в рекламному зверненні має міститися якась унікальна пропозиція для споживача, де говориться: «Купи пропонований товар, і ти отримаєш цю специфічну вигоду».

Рекламна пропозиція має кардинально відрізнятись від усіх пропозицій конкурентів. Її унікальність може бути пов'язана з унікальністю якогось товару, або цільового ринку, або самого рекламного звернення. Без унікальності пропозиції не варто розраховувати на унікальність попиту.

На скільки років ви купуєте вікна? Як зазвичай відповідаючи на таке питання споживача менеджер з продажу відповідає, мінімум сорок років, що розуміється іноді по-різному, від «умовних років експлуатації», до «гарантійного терміну на пластиковий профіль». Відбувається підміна понять, випробування полівінілхлоридного профілю на старіння без навантаження представляють як довговічність металопластикових вікон.

Однак, в наших ГОСТ немає ні методик випробувань вікна з ПВХ профілів як єдиної конструкції, ні обов'язків це робити виробнику. Дуже часто поняття стійкості матеріалу до тих чи інших дій підміняється поняттям довговічності. Тим самим методично неправильно об'єднуються в одне поняття стійкість власне матеріалу (його зразків) у певних стандартних умовах і довговічність конструкції, виготовленої із застосуванням цього матеріалу, за зовнішніх впливів на нього. Все б непогано, але в ГОСТ 30673-99 відсутня згадка про експлуатаційні властивості ПВХ профілю, ймовірно, тому, що самі по собі ПВХ профілі не експлуатуються.

Особливість перерахованих вище нормативних документів полягає в тому, що методично матеріали, деталі і вузли з них у ході випробувань знаходяться в ненапруженому стані, тобто не відчувають всього комплексу експлуатаційних впливів, як того вимагає ГОСТ 27.002-89. Тому в цьому випадку показники будуть значати не довговічність, а просто стійкість до старіння.

Цікаво, що в разі віконних блоків дерев'яних зі склопакетами (ГОСТ 24700-99) про

довговічність дерев'яних брусків-профілів мова так само не йде.

Тобто унікальність товару проявляється для споживача в унікальності опису його споживчих властивостей. Значить завдання розробки нових способів рекламного опису товару полягає в тому, щоб зробити якомога більше його детальний портрет. Ми назвали це діджиталізацією споживчих властивостей товару.

Користуючись розробленими нами методиками проведення натурних випробувань, ми можемо розповісти про продукт (товар) досить багато і з тих нових сторін, для опису яких потрібно мати спеціальні методики і випробувальні стенди.

Споживача як правило цікавить термін придатності товару, тобто його ресурс, а також як продукт буде поводити себе протягом всього життєвого циклу. Чи буде він виконувати всі функції протягом всього терміну служби, і наскільки тривалими є гарантійні зобов'язання, а також чим фактично вони підтверджуються. Особливо, якщо продукт на ринку абсолютно новий або виробник його також новий.

На всі ці питання ви як виробник не зможете дати відповідь, якщо не проведете спеціальних фізико-механічних випробувань, пов'язаних з дослідженнями продукції на довговічність і тривалу міцність. Для того щоб відповісти на всі ці питання, нами розроблені спеціальні методики, які захищені патентами України.

Під діджиталізацією продукту (товару) ми будемо розуміти весь комплекс фізико-механічних характеристик товару, який об'єктивно оцінює його споживчі якості. Права споживачів захищаються законом, але закон не визначає споживчі якості товару. Ці споживчі якості пропонується представляти у вигляді об'єктивних (тобто не залежать від виробника) технічних характеристик, очікуваних споживачем при придбанні товару.

Як авторське право може бути верифіковане лише в судовому порядку, так само і споживчі якості, заявлені виробником товару, повинні виявлятися в ході судового аналізу. І в цьому випадку товар повинен бути описаний таким чином, щоб повною мірою (найбільш можливим чином) захистити виробника від зайвих вимог споживача. Тобто товар повинен бути оцифрований так, щоб жоден споживач не зміг спростувати або поставити під сумнів його споживчі якості.

Розглянемо наші рішення щодо діджиталізації окремого класу будівельних і конструкційних матеріалів, а саме, композитів на основі деревини (ДК). При цьому, можна з великим ступенем ймовірності стверджувати, що висновки, отримані нами при їх діджиталізації, будуть аналогічними (і можуть бути з великою ймовірністю верифіковані і для деревини та матеріалів на її основі, тобто для «інженерної деревини» по термінології Євросоюзу). Водночас, ми повинні відповісти на питання, які методики повинні бути застосовані для найбільш повного опису конкурентних властивостей продукту.

### Матеріали та методи

Компанія Kronospan UA Ltd. для цього дослідження надала три типи стружкових плит (СП) з деревини, що зв'язані формальдегідною смолою (UF): СП з облицьованим меламіном (MF

PB) згідно із EN 14322; шпоновані СП (VF PB) згідно із EN 316, EN 622-5 та СП P2 (P2 PB) згідно із EN 312 – тип P2; EN 13501-1: клас D-s1, d0. З кожного типу плит дві плити звичайного розміру (2750 мм X 1830 мм) товщиною 18 мм розрізали на зразки 450 мм (довжина) X 50 мм (ширина). Перед розкромом панелі зберігали у приміщенні для кондиціонування за температури 20 °C та 65% відносної вологості. Статичні випробування на триточковий вигин були проведені на універсальній випробувальній машині P5-2M. Зразки були підготовлені і вирізані відповідно до ASTM D 1037-99. Вимірювали навантаження та відхилення, MOR та MOE були розраховані згідно з розділом 9 в ASTM D 1037-99. Досліджувані температури становили 20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C і 100 °C. Досліджений вміст води (МК) становив 6%, 8%, 9%, 11% та 15%. Досліджувана швидкість деформації – 2 мм/хв.

Таблиця 1. Властивості СП, що використовуються при дослідженнях

| Тип плити          | Щільність <sup>d</sup><br>kg/m <sup>3</sup> | Товщина <sup>d</sup><br>mm | MOR <sup>d</sup><br>MPa | MOE <sup>d</sup><br>MPa |
|--------------------|---|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| MF PB <sup>a</sup> | 757 ± 7                                     | 18.1 ± 0.1                 | 17.1 ± 1.1              | 2 110 ± 29              |
| VF PB <sup>b</sup> | 792 ± 8                                     | 18.5 ± 0.1                 | 20.5 ± 1.9              | 2 520 ± 15              |
| P2 PB <sup>c</sup> | 733 ± 6                                     | 18.1 ± 0.1                 | 16.2 ± 0.6              | 2 020 ± 22              |

Примітки: <sup>a</sup> MF PB – Melamine Faced Particleboard (ламінована стружкова плита).

<sup>b</sup> VF PB – Veneered Faced Particleboard (шпонована стружкова плита).

<sup>c</sup> P2 PB – Particleboard according to EN 312, type P2 (стружкова плита шліфована).

<sup>d</sup> Товщина, щільність, межа міцності (MOR) та модуль пружності (MOE)

вимірювалися за вологості повітря 65 % RH, температурі – 20 °C та вологості плит 5%.

Застосовувані нами методи розроблені і верифіковані в численних дослідженнях, заснованих на кількох фундаментальних теоріях теоретичної і експериментальної фізики і хімічної кінетики.

Перша група методів діджиталізації заснована на застосуванні фундаментального закону Арреніуса, який в узагальненому вигляді пов'язує зміну швидкості фізико-хімічних властивостей твердих тіл від температури. Ми застосували цей феномен (закон) для пояснення (опису) того, як поведуться деревина і композити на її основі при зміні зовнішньої термо-волого-силового навантаження, тобто при зміні не тільки температури, але і вологості, що для деревини та деревних композитів має більше значення, ніж тільки температура.

Друга група методів діджиталізації пов'язана з дослідженнями довговічності матеріалів і конструкцій та заснована на кінетичній теорії

міцності твердих тіл, заснованими якої є академіки Іоффе і Журков. Саме ця школа СПб фізико-технічного інституту була і залишається однією з найбільш визнаних у світі у питаннях, пов'язаних з прогнозуванням довговічності (тривалої міцності) конструкційних матеріалів. Прискорені методи випробувань, розроблені для металів і полімерів (Grabar, 2002) лягли в основу методології застосування термоактиваційного аналізу до досліджень довговічності таких матеріалів, як деревина і деревні композити. Це дало можливість розробити і верифікувати методики прогнозування довговічності. Так, наприклад, на замовлення меблевої компанії «Меркс» нами були виконані дослідження довговічності кутових меблевих з'єднань корпусних меблів, які дозволили нам обґрунтувати спеціальну методику, яка захищена патентом України. Розвиток цієї методики призвів до можливості не тільки графічного

визначення термоактивационного параметра, як це практикувалося раніше, але визначати їх аналітичним шляхом на основі дослідних даних, що дозволило знизити трудомісткість і підвищити точність.

Знаючи, що міцнісні властивості деревини і деревних композитів у значній мірі залежать від вологості, нами була розроблена експрес-методика прогнозування довговічності виробів з деревини та деревних композиційних матеріалів з урахуванням їх вологості.

Третьою групою методик прогнозування поведінки конструкційних матеріалів стало дослідження матеріалів при їх циклічному навантаженні. При дослідженні втомного руйнування матеріалів за циклічного навантаження нами було розроблено кілька математичних моделей, кожна з яких адекватно описувала поведінку навантажених матеріалів у часі. Одна з них створена на підставі застосування принципу максимуму виробництва ентропії, друга використовує застосування термопружного ефекту для визначення допустимої міри пошкодження матеріалу, і враховує перехід матеріалу при втомному руйнуванні зі стаціонарного стану в режим із загостренням.

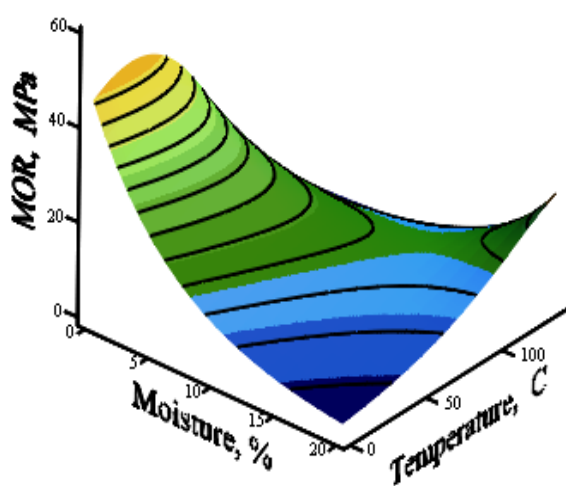
Четверта група методик пов'язана з прогнозуванням тривалої міцності при повзучості

розроблена на підставі принципів хімічної (формальної) кінетики (Kulman, 2020). Вона заснована на багатостадійну переході окремих елементів структури матеріалу з пружного стану, послідовно через інші реологічні його стану (в'язкопружне, пластичне тощо) в зруйноване. Визначаючи константи швидкості переходу на підставі даних, отриманих шляхом проведення досліджень, створюється цифровий портрет поведінки у вигляді системи лінійних диференціальних рівнянь.

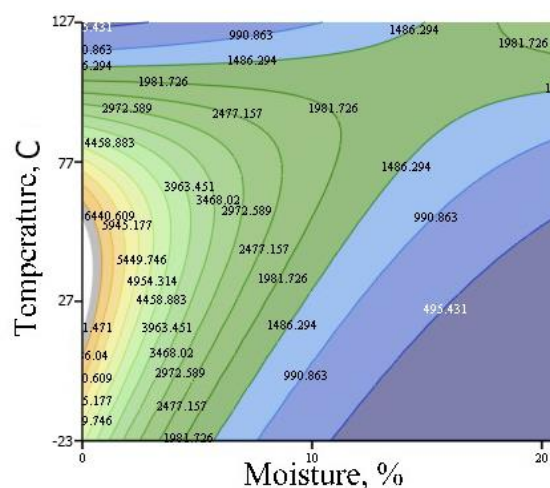
П'ята група методик заснована на математичних моделях, які побудовані в результаті застосування перших чотирьох і полягає в способі оптимізації механічних систем.

### Результати досліджень і обговорення

Феноменологічна модель міцності (MOR) і жорсткості (MOE), представлена на рис. 1, графічно обмежена в змінних координатах поверхні другого порядку, граничної поверхні міцності і жорсткості. Геометрично це гіперболічний параболоїд. Він утворений нелінійними членами в рівняннях математичної моделі та характеризує взаємодію температури та вологи на властивості міцності та жорсткості матеріалу.



а)



б)

Рис. 1. Приклади графічного уявлення феноменологічної моделі стружкових плит в залежності від умов їх експлуатації: а) гранична поверхні міцності ламінованих; б) контурні графіки жорсткості шпонованих плит (Kulman et al., 2019a)

На основі результатів випробувань були визначені постійні члени феноменологічної моделі, які адекватно описують міцність і жорсткість СП при зміні зовнішніх впливів у

широкому діапазоні. Створений метод дозволяє значно скоротити час, необхідний для випробування, та визначити показники міцності матеріалу при зміні термо-волого-силових



навантажень і дає змогу оцінити збереження міцних властивостей нових матеріалів та прогнозувати міцність у роботі вже створених структур.

Тобто методика дозволила отримати низку нових, унікальних властивостей досліджуваних матеріалів, виявити які інакше було неможливо. Це дає можливість прогнозування поведінки матеріалів за зміни умов їх експлуатації.

Основні результати за другою методикою (Kulman et al., 2017d) дозволили доповнити

цифрову картину властивостей досліджуваних матеріалів і дати можливість прогнозування їх поведінки протягом усього життєвого циклу.

Використовуючи параметри термоактивації, отримані в результаті експериментів, можна оцінити зміну властивостей згинання СП у часі. Наприклад, на рис. 3а, 3б, зображено графіки залежності довговічності при опорі згину різних типів СП, залежних від одного з різноманітних зовнішніх факторів з відносною сталістю двох других.

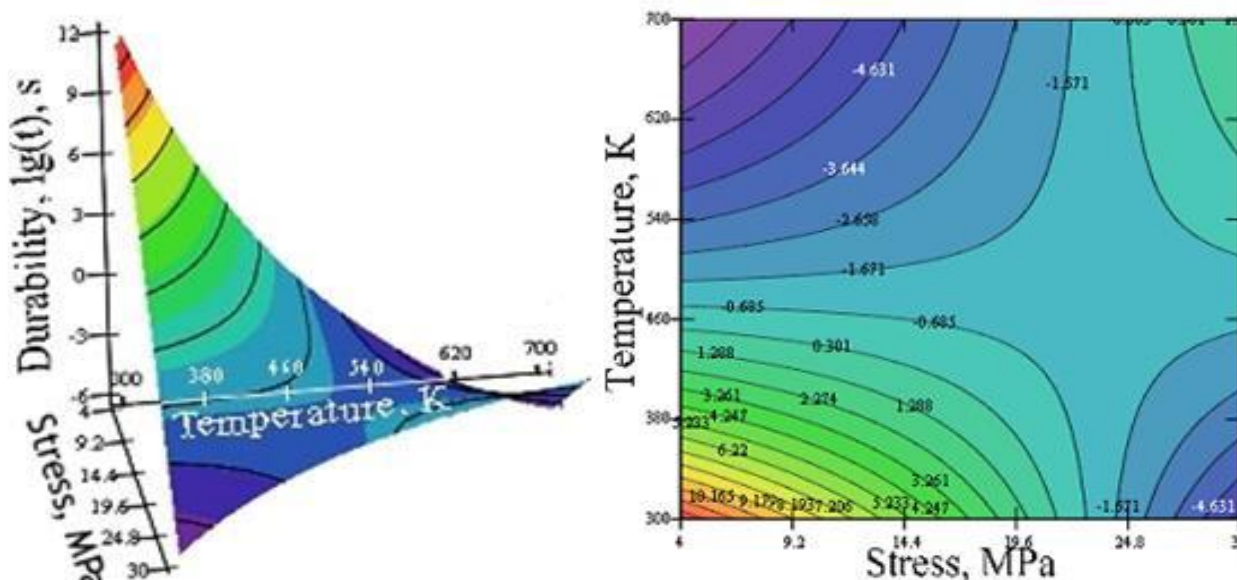


Рис. 2. а) Графічне зображення залежності довговічності (durability) від напруження (stress) і температури у вигляді поверхні другого порядку гіперболічного параболоїда; б) контурні ділянки міцності на вигин при щільності MF PB 750 кг/м<sup>3</sup>

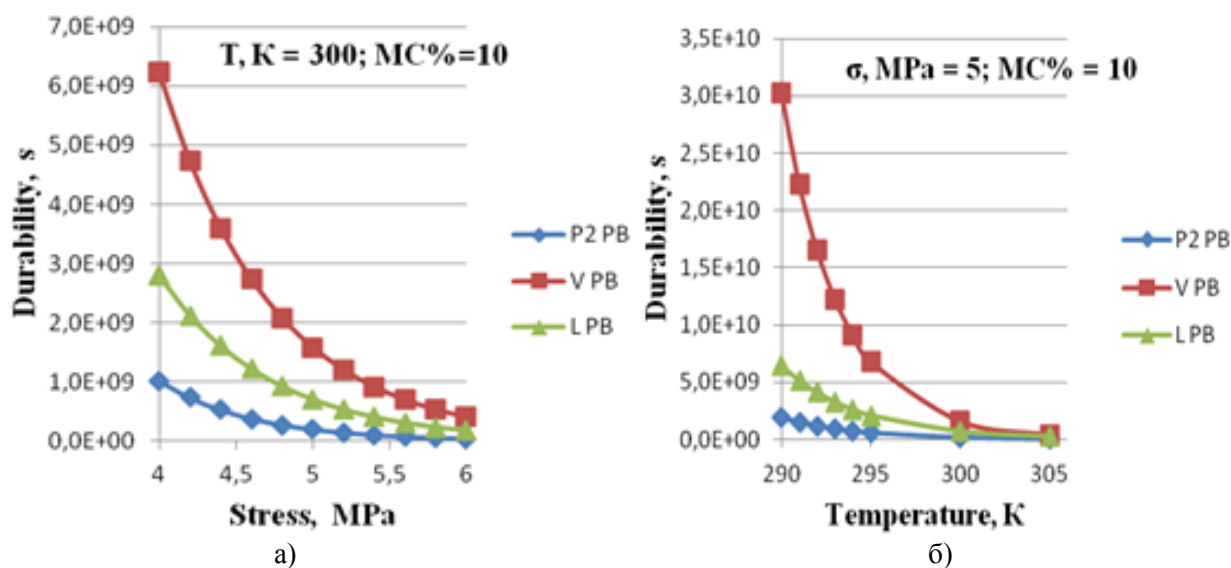


Рис. 3. Залежність довговічності різних типів СП від зовнішнього навантаження: а) ( $\sigma \in 4 \dots 6$  МПа;  $T = 300$  К;  $MC = 10\%$ ); б) ( $T \in 290 \dots 305$  К;  $\sigma = 5$  МПа;  $MC = 10\%$ )

Аналіз графіків дозволяє врахувати, який із зовнішніх факторів має найбільший вплив на значення цільової функції. На основі графіків можна стверджувати, що довговічність ламінованих плит більш ніж удвічі більша, ніж

довговічність не покритих СП і вдвічі більша, ніж у СП, облицьованої натуральним шпоном. На рис. 4 графічна форма показує вплив вологості СП на його міцність за постійних температур та навантаженні.

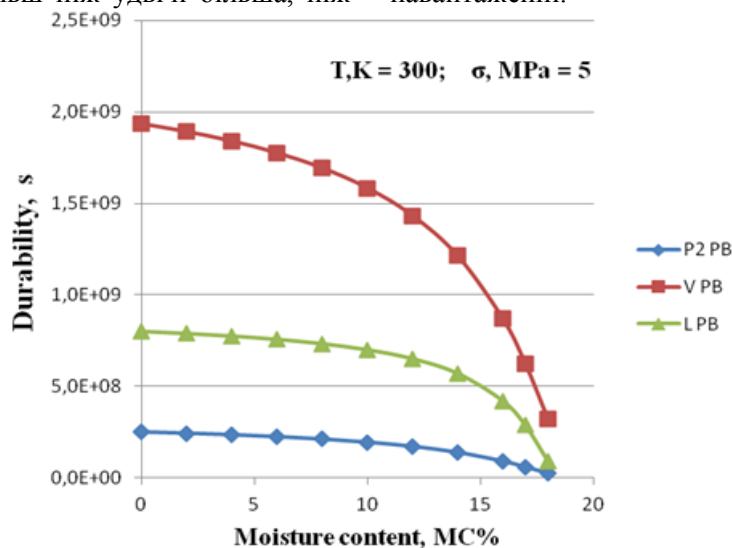


Рис. 4. Залежність довговічності різних типів СП від вологості матеріалу ( $\sigma=5 \text{ MPa}$ ;  $T = 300 \text{ K}$ ;  $MC\% = 0 \dots MCm$ )

Створена методика дозволяє значно скоротити час, необхідний для тестування. Метод дозволяє знайти параметри термоактивації матеріалу в межах зміни теплового та вологого навантажень. Таким чином, стає можливим оцінити тривалість міцнісних властивостей нових матеріалів та передбачити довговічність експлуатації вже створених конструкцій. Результати дослідження за третьою методикою дозволили створити унікальний цифровий

портрет поведінки плитних матеріалів на основі деревини при циклічному навантаженні (Kulman et al., 2019c).

Типовий характер температури стаціонарного стану  $T_s$  як функції від частоти, згідно з експериментом *in situ* і результатами комп'ютерних розрахунків, що змінюються в діапазоні 0–50 Гц за напруги  $Y_0 = 3,6 \text{ МПа}$ , представлена на рис. 5.

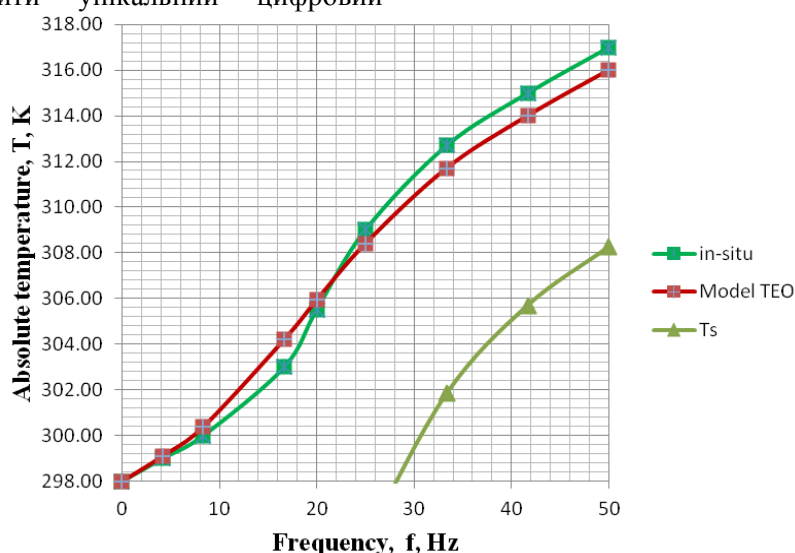


Рис. 5. Залежність температури стаціонарного стану зони активації  $T_s$  від частоти циклічного навантаження  $f$ , Гц за напруги  $M = 3,6 \text{ МПа}$

Характер залежності  $T_s$  від частоти  $f$  показує, що графік температури має характерну S-образну форму, яка проявляє властивість насичення. Однак за низьких частот циклічного навантаження температура повільно зростає, як і за високих частот. Найбільше підвищення температури стаціонарного стану відбувається в області середніх частот навантаження в досліджуваному діапазоні частот. Все це говорить

про наявність та значний вплив внутрішнього тертя в матеріалі на процеси внутрішньої деформації та поступове руйнування. Приклади повних кривих зміни температури в зоні активації за циклічного завантаження жорсткої консолі, з однаковою довжиною (однакова потужність навантаження) та різними частотами, зображені на рис. 6.

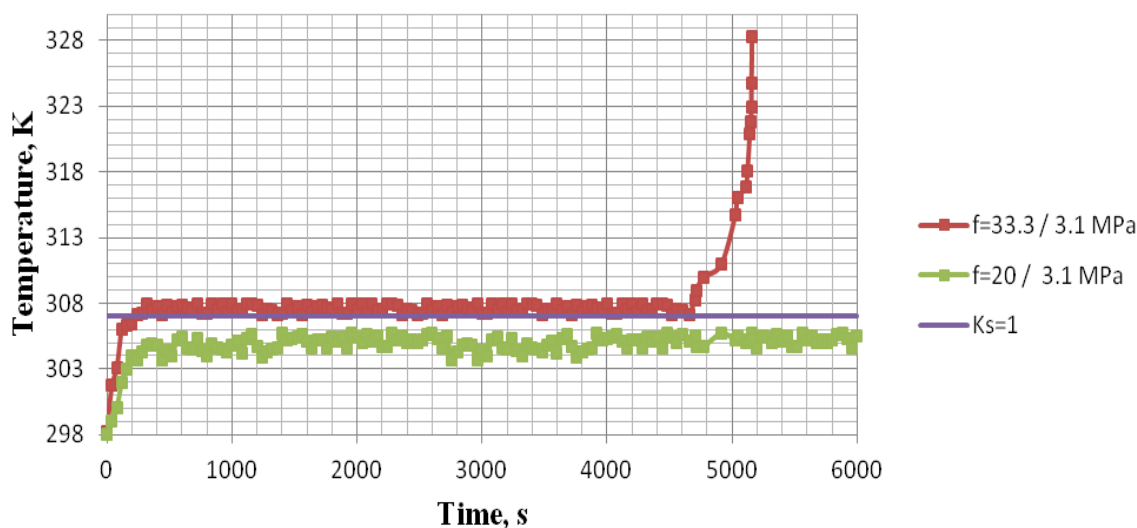


Рис. 6. Зміна температури зони активації за циклічного навантаження жорсткої консолі за різних частот навантаження:  $f = 20$  Гц і  $f = 33,3$  Гц і однакового напруження –  $Y_0 = 3,1$  МПа

Результати на рис. 6 показують, що за частоти навантаження  $f=20$  Гц, стаціонарний стан із середньою температурою зони активації  $T_s=303,6$  К залишався незмінним майже необмежений час. Хоча за частоти  $f=33,3$  Гц, стаціонарна температура  $T_s=308,3$  К підтримувалася протягом  $t = 4788$  с, а потім зростала. Результати проміжного струму, зміни температури під час переходу зони активації спочатку в нестационарний стан, а потім у режим загострення та руйнування. Запропоновано стаціонарний критерій системи, який дозволяє визначити рівень стійкості стаціонарного стану системи для кожного режиму завантаження та кожного матеріалу. Паралельно з повномасштабним експериментом був проведений обчислювальний експеримент за математичною моделлю у вигляді неадіабатичного термопружного осцилятора. Аналіз результатів експерименту in-situ та обчислювального експерименту дозволив сформулювати концепцію критичного показника (параметр порядку) при руйнуванні від втоми. Поведінка такої динамічної системи повністю визначається величиною параметра порядку.

Показано, що модель неадіабатичного термопружного осцилятора у вигляді системи трьох диференціальних рівнянь у часткових похідних може бути використана як основна нелінійна динамічна модель поведінки таких складних систем, як структурно неоднорідні середовища. Поведінка цих матеріалів адекватно описується динамічною системою диференціальних рівнянь, яка включає три змінні, а саме – напругу, деформацію та температуру.

Результати за четвертою методикою випробувань матеріалів на повзучість дозволили посилити цифровий портрет діджиталізації для прогнозування довговічності з альтернативної точки зору, а саме, за допомогою методів формальної кінетики (Kulman, 2019b). Результати основних випробувань, а також результати розрахунків кінетичних основних параметрів представлені у таблиці 2.

Результати контрольних випробувань шести груп проб, а також результати розрахунків контрольних кінетичних параметрів представлені в таблиці 3.



Таблиця 2. Результати експерименту. Час до руйнування і розрахункові значення констант швидкості руйнування для базової діаграми

| Board type | Test conditions    |                  | Test results               |                          |                          |          |
|------------|--------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
|            | Stress level (MPa) | Temperature (°C) | Creep life $t_{cr}$ (s)    | $k_1$ (s <sup>-1</sup> ) | $k_2$ (s <sup>-1</sup> ) | $\alpha$ |
| MF PB      | 12.8               | 20               | 457560 ± 7250 <sup>a</sup> | 1.16E-05                 | 2.69E-06                 | 4.325    |
|            |                    | 60               | 302400 ± 3500              | 1.74E-05                 | 4.08E-06                 | 4.261    |
| VF PB      | 15.4               | 20               | 1717000 ± 9500             | 3.07E-06                 | 7.19E-07                 | 4.273    |
|            |                    | 60               | 686556 ± 5600              | 7.94E-06                 | 1.78E-06                 | 4.453    |
| P2 PB      | 12.1               | 20               | 283572 ± 850               | 1.88E-05                 | 4.34E-06                 | 4.331    |
|            |                    | 60               | 128700 ± 780               | 4.53E-05                 | 9.38E-06                 | 4.831    |

Примітка: <sup>a</sup>Інтервал довіри на рівні  $p = 0,05$ .

Таблиця 3. Результати експериментів, значення констант швидкостей двох стадій процесу деформування-руйнування та прогнозовані часи до руйнування для контрольної діаграми

| Board type | Test conditions    |                  | Test results                |                             |                            |                     |
|------------|--------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|
|            | Stress level (MPa) | Temperature (°C) | $k_{1k}$ (s <sup>-1</sup> ) | $k_{2k}$ (s <sup>-1</sup> ) | Creep life $t_{cr}$ (s)    |                     |
|            |                    |                  |                             |                             | Control diagram            | Predict by model    |
| MF PB      | 14.72              | 20               | 1.43E-05                    | 3.30E-06                    | 338933 ± 7500 <sup>a</sup> | 372827 <sup>b</sup> |
|            |                    | 60               | 1.82E-05                    | 4.27E-06                    | 262957 ± 5600              | 289252              |
| VF PB      | 17.71              | 20               | 7.99E-06                    | 1.87E-06                    | 670000 ± 9800              | 660000              |
|            |                    | 60               | 1.19E-05                    | 2.67E-06                    | 504821 ± 5500              | 458928              |
| P2 PB      | 13.97              | 20               | 2.50E-05                    | 5.78E-06                    | 234357 ± 6200              | 213052              |
|            |                    | 60               | 5.95E-05                    | 1.23E-05                    | 99000 ± 860                | 98000               |

Примітка: <sup>a</sup>Довірчий інтервал вказується на рівні  $p = 0,05$ .

<sup>b</sup>Результати прогнозування на основі середніх кінетичних коефіцієнтів.

Порівнюючи час до руйнування (creep life predict by model), розрахований на підставі констант швидкостей з фактичним часом до руйнування по контрольній діаграмі (creep life control diagram), можна бачити їх високу збіжність (Yapici et al., 2016). Це говорить про те, що запропонований метод прогнозування тривалої міцності може бути використаний для підвищення точності прогнозування працездатності керованих механічних систем (Melzerova et al., 2016).

Багатоетапний опис кінетики деформаційно-руйнівного характеру дозволяє врахувати зміну реологічного стану матеріалу під час його деформування (Goncalves et al., 2020). У той же час, стає можливим математично описати не тільки процес його руйнування, але і процес зцілення, що йде поряд з ним. Однак це питання потребує окремого розгляду і буде предметом подальших досліджень.

На основі аналізу результатів теоретичних та

експериментальних досліджень процесу деформування-руйнування деревних композиційних матеріалів можна зробити наступні висновки: застосування методу базових діаграм деформації у поєднанні з двоступеневим описом процесу накопичення пошкоджень дозволяє підвищити точність прогнозування допустимого часу за різних схем навантаження під час повзучості.

Тим ціннішим виявився висновок про те, що методики, засновані на термоактиваційному аналізі міцності, і методики, засновані на методах хімічної кінетики, сприяють близьким результатам прогнозування.

### Висновки

1. Чим точніше, повніше і достовірніше буде описаний (оцифрований) ваш товар, тим легше буде просувати його на ринку.

2. Чим більше конкурентних переваг вам вдасться представити в описі вашого товару, тим

більше буде його конкурентоспроможність. Одних рекламних заяв тут мало.

3. Виробник інтуїтивно розуміє (відчуває) всі переваги своєї продукції. Однак донести ці знання до споживача потрібно об'єктивно зрозумілою для нього мовою.

4. Діджиталізація створює точний цифровий портрет і проявляє незаперечні переваги товару.

5. Наші методики дозволяють виявити об'єктивні конкурентні переваги продукту, і створюють його точний і об'єктивний цифровий портрет у вигляді сукупності об'єктивних характеристик, його об'єктивних відмінних властивостей.

6. Шляхом проведення різних фізико-технічних випробувань ми створюємо цифровий портрет продукту у вигляді набору об'єктивних характеристик споживчих властивостей. Діджиталізація формує вигляд товару ринкової новизни.

Робота виконана в Житомирському національному агроекологічному університеті в рамках фундаментальних досліджень «Структурно-кінетичні моделі процесів деформування та руйнування деревних композиційних матеріалів, 2016», та НДДКР № 0119U100099 «Розробка и дослідження нових деревних композиційних матеріалів, 2019–2021».

### References

Bloki okonnyie derevyannyye so steklopaketami (1999a). [Tehnicheskyye usloviya. Windows of wood with glassing units]. GOST 24700-99. Moskva: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

Goncalves, C., Pereira, J., Paiva, N. T., Ferra, J. M., Martins, J., Magalhaes, F. D. ... Carvalho, L. (2020). A study of the influence of press parameters on particleboards' performance. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78 (2), 333–341. doi: <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01507-y>.

Hrabar, I. H. (2002). Termoaktyvatsiynyi analiz ta synerhetyka ruynuvannya [Thermoactivation analysis and synergetics of destruction]. Zhytomyr:

ZhITI, 2002 [in Ukrainian].

Kotler, P. & Armstrong, G. (2014). *Principles of Marketing*. Edinburgh: Pearson.

Kulman, S., Boiko, L., Hurova, D. & Sedliačik, J. (2019a). The effect of temperature and moisture changes on modulus of elasticity and modulus of rupture of particleboard. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 61 (1), 43–52. doi: <https://doi.org/10.17423/afx.2019.61.1.04>.

Kulman, S., Boiko, L., Pinchevska, O. & Sedliačik, J. (2017d). Durability of wood-based panels predicted using bending strength results from accelerated treatments. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 59 (2), 41–52. doi: <https://doi.org/10.17423/afx.2017.59.2.0>.

Kulman, S. M. (2019b). Basic Models of Deformation-Destruction Kinetics of Wood-Based Composites. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (7), 134–141. doi: <https://doi.org/10.15421/40290727>.

Melzerova, L., Kucikova, L., Janda, T. & Šejnoha, M. (2016). Estimation of orthotropic mechanical properties of wood based on non-destructive testing. *Wood Research*, 61 (6), 861–870.

Nadezhnost v tekhnike. Osnovnyye ponyatiya. Terminy i opredeleniya (1989). [Industrial product dependability. General concepts Terms and definitions]. GOST 27.002-89. Moskva: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

Profili polivinilchloridnyie dlya okonnyih i dvernyih blokov. Tehnicheskyye usloviya (1999b). [Polyvinylchloride profiles for windows and doors. Specifications]. GOST 30673-99. Moskva: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam [in Russian].

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.

Schwab, K. (2018). *Shaping The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.

Yapici, F., Şenyay, N. & Esen, R. (2016). Comparison of the multiple regression, ANN, and ANFIS models for prediction of MOE value of OSB panels. *Wood Research*, 61 (5), 741–754.