

АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ МОДЕЛЕЙ І АНАЛІТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ ОПИСУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

У статті проведено аналіз механічних моделей і аналітичних залежностей для опису матеріалів для виробництва виробів легкої промисловості. Вивчення деформацій, що проходить в матеріалах при стисканні, необхідне для прогнозування поведінки цих матеріалів при виконанні технологічних операцій легкої промисловості, що представляє значний науковий і практичний інтерес. Аналіз існуючих методів прогнозування деформаційних властивостей матеріалів виявив важливість і складність вирішення даної проблеми, недостатню вивченість, необхідність проведення подальших досліджень для матеріалів, що з'являються та не досліджені. Проведений аналіз існуючих механічних моделей та їх застосування для моделювання пружних, в'язко-пружних, в'язко-пружно-пластичних властивостей матеріалів показав можливість використання моделей для моделювання взаємодії робочих органів машин з матеріалами при виконанні технологічних операцій під час виготовлення виробів легкої промисловості. Отримані експериментальні дані можна використати для дослідження обладнання для виконання операцій легкої промисловості.

Ключові слова: матеріал, легка промисловість, механічна модель, моделювання властивостей матеріалів.

Вступ. Постійне розширення області використання матеріалів в легкій промисловості потребує вивчення їх фізико-механічних характеристик. Фізико-механічні властивості визначають ступінь зміни структури, розмірів, форми виробу при прикладанні до нього певної сили. В залежності від величини і тривалості дії силового поля матеріали піддаються деформації і руйнуванню. Тому розрізняють і деформаційні, і міцнісні властивості. Деформаційні властивості характеризують здатність матеріалу деформуватися під дією механічного напруження. Під деформацією матеріалу слід розуміти зміну його розмірів, об'єму і форми під дію температури, зовнішньої механічної дії і внутрішніх сил. Як правило, деформація супроводжується зміною структури матеріалів і їх властивостей. При цьому, чим сильніша деформація ε , тим значніша зміна структури і властивостей. Деформаційні властивості є найбільш важливими з фізико-механічних характеристик, які впливають на експлуатаційні характеристики готового виробу. Різноманітність деформаційних і релаксаційних процесів в матеріалах обумовлена, в першу чергу, особливостями їх молекулярної і надмолекулярної структури. В свою чергу міцнісні властивості характеризують здатність опиратися руйнуванню.

При виконанні операцій легкої промисловості відбуваються певні деформації матеріалу. У готових виробах легкої промисловості слід використовувати матеріали, що мають необхідні фізико-механічні і технологічні властивості. Тому при розгляді механіки процесу вирубання, перфорування, тиснення, клеймування, маркування однією із головних задач є вивчення деформації матеріалу, що обробляється, причому визначення напруженого і деформованого стану має велике значення для розуміння складних закономірностей даного процесу. Особливістю даних операцій і виникаючі при цьому складності визначаються зміною показників фізико-механічних властивостей матеріалів різної структури, що використовуються і ступеня їх анізотропності. Властиві матеріалам, що застосовуються, релаксація (падіння напруження при постійній величині деформації) і повзучість (ріст деформацій при постійному навантаженні), дозволяють віднести їх до групи матеріалів з пружно-в'язкими або пружно-в'язко-пластичними властивостями. Для

матеріалів подібного роду властива залежність деформації не тільки від величини навантаження, але і від швидкості деформування.

Механічна взаємодія, наприклад, леза робочого органу різачка (пробійника) з матеріалами, що мають пружно-в'язко-пластичні властивості, при вирубуванні та перфоруванні характеризується наступними параметрами: відносною швидкістю переміщення робочих інструментів і об'єкту обробки; конструктивними параметрами робочих органів (кут загострення та величина притуплення леза різачка); кутом загострення леза різачка (пробійника); параметрами силової взаємодії леза з матеріалом і, як наслідок даної взаємодії, деформуванням об'єкту обробки і локалізованим руйнуванням.

Подібна взаємодія робочого органу і матеріалу та характеристики будуть і при виконанні інших технологічних операцій (закріплення металевої фурнітури, клеймування, маркування, тиснення).

Взаємодія робочих інструментів із взуттєвими, швейними та шкіряно-галантерейними матеріалами при їх виконанні характеризується дуже складними фізичними явищами, які поки ще не піддаються чіткому аналітичному опису. Тому найбільш раціональним підходом до повного розуміння фізичної картини процесу на сьогоднішній час є поєднання емпіричних і теоретичних досліджень.

Постановка задачі. Процеси вирубування, перфорації, тиснення, закріплення металевої фурнітури є механічними, при яких дія робочих інструментів на матеріал супроводжується його переходом за границю пружних деформацій. Тому при дослідженні даних процесів такі властивості матеріалів, як пружність, пластичність і в'язкість, набувають першочергового значення. Процеси маркування і клеймування не супроводжуються переходом матеріалу за границю пружних деформацій і відповідно першочергового значення набуває їх пружність.

Матеріали для виготовлення взуття, одягу та шкіряно-галантерейних виробів, які піддаються обробці при виконанні операцій вирубування, перфорації, тиснення, відносяться до матеріалів з пружно-в'язкими або пружно-в'язко-пластичними властивостями. Матеріали для виготовлення взуття, одягу та шкіряно-галантерейних виробів, які піддаються обробці при виконанні операцій клеймування і маркування, відносяться до матеріалів з пружними властивостями. Матеріали з яких виготовляється металева фурнітура (наприклад люверси виготовляють із латуні Л70, сталі 08кп) повинні мати високу пластичність.

На даний момент відомо безліч різних моделей, що відображають механічні властивості тіл, подібних до самих матеріалів взуття, одягу і шкіряно-галантерейних виробів, так і окремим їх структурним елементам (волокнам, ниткам). Однак на даний момент не існує єдиних універсальних моделей і відповідних їм аналітичних виразів [1]. Тому любі дослідження в даному напрямку є актуальними.

Основна частина. Численні дослідження в області вивчення фізико-механічних властивостей полімерних матеріалів для виробів легкої промисловості (нитки, тканини, плівки, шкіри, гуми, поліуретани, трикотаж і т.п.), що проводилися різними вченими [1-5] показали, що більшість з них є в'язко-пружними тілами.

При описі напружено-деформованих станів виробів константи і характеристичні функції можна визначити в результаті рішення рівняння стану. При вивченні в'язко-пружної поведінки експериментальна задача зводиться до визначення залежностей між напруженням, деформацією і часом для даного типу деформації і даного режиму навантаження.

Для опису в'язко-пружних властивостей матеріалів з існуючих теоретичних підходів найбільш широко використовуються механічні моделі і спадкова теорія, а також теорії старіння, течіння, зміцнення.

Один із шляхів дослідження непружної поведінки матеріалів заснований на ідеї створення загальних визначаючих рівнянь, що враховують весь комплекс умов, які

впливають на деформаційних процес: спадкові процеси, швидкість, вид навантаження і т.п. Вони дозволяють вирішувати з любым ступенем точності як лінійні так і не лінійні задачі. Найбільш загальним принципом, який може бути покладений в основу досліджень, є принцип «спадкової пам'яті». Він приводить до побудови визначаючих співвідношень у вигляді інтегральних рівнянь, які є більш загальними порівняно із диференціальними.

Для опису лінійних в'язко-пружних властивостей матеріалів використовується рівняння Больцмана-Вольтера [5]:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \frac{1}{E} \int_0^t k(t-s)\sigma(s)ds, \quad (1)$$

де σ - напруження; E - модуль лінійної пружності; s - поточний час; $k(t-s)$ - ядро повзучості.

Основна проблема в лінійній спадковій в'язко-пружності складається у виборі ядр, які повинні відповідати двом основним вимогам: по-перше, потрібно, щоб вони правильно описували механічну поведінку матеріалу, а по-друге, щоб вирішення задач за допомогою інтегральних виразів було достатньо простим.

Розгляд деформації матеріалів на основі лінійної в'язко-пружної поведінки є допустимим лише для порівняно невеликих навантажень, деформацій і температур. Використання лінійної в'язко-пружності для опису властивостей більшості матеріалів розглядають з деяким наближенням. Тому для більш точного опису деформації матеріалів використовують нелінійну теорію в'язко-пружності, засновану на нелінійному принципі суперпозиції, що узагальнює принцип Больцмана-Вольтера [3]. В даній роботі запропоновано використати співвідношення Больцмана-Вольтера в теорії в'язко-пружності для опису в'язко-пружних властивостей текстильних матеріалів.

Одним із найбільш поширених методів опису деформаційних і релаксаційних процесів у взуттєвих, швейних, текстильних матеріалах є використання механічних моделей, які дозволяють пояснити структуру і механізм явищ, які відбуваються при цьому. Дані моделі складаються із обґрунтованих з фізичної точки зору комбінацій елементів та з певним ступенем вірогідності відтворюють основні характеристики матеріалу: в'язкість, пружність, пластичність.

У класичній механіці існують дві найпростіші моделі, такі як модель пружного тіла Гука (пружина) і модель в'язкої рідини Ньютона (демпфер). Тобто графічним відображенням подібних моделей є реологічні схеми, в яких пружні властивості знаходять відображення у вигляді пружної пружини, а в'язкі – у вигляді гідроциліндру з поршнем, що переміщується в ньютонівській рідині. На основі них складені базові моделі тіл такі як «тіло Гука», «тіло Максвела», «тіло Бюргерса», «тіло Кельвіна» і т.п. (рис.1) [1].

Матеріал, подібний до «тіла Максвела», характеризується важливим для його механічних властивостей значенням тривалості дії на нього сили. Якщо час зовнішньої дії малий, то поведінка матеріалу подібна поведінці твердого «тіла Гука», а якщо занадто великий – «тіло Максвела» протікає як в'язка рідина Ньютона (рис.1, а). Модель «тіла Кельвіна» може використовуватися лише для опису деформування матеріалів виробів у яких не виникає явище релаксації напружень, що відсутнє в даній моделі (рис.1, б).

Для моделювання пружних, в'язко-пружних, в'язко-пружно-пластичних властивостей матеріалів можна використовувати різні комбінації елементарних механічних моделей. Звісно, що при комбінуванні даних моделей першочергове значення мають властивості, що відіграють найбільш значну роль в рамках процесу, що розглядається. Різні (послідовні і паралельні) способи з'єднання таких елементів дають можливість моделювати деформаційну поведінку взуттєвих, швейних, шкіряно-галантерейних матеріалів зі складними властивостями.

Деформаційні властивості матеріалів з пружно-в'язкими або пружно-в'язко-пластичними властивостями в значній степені впливають на процес виконання

технологічної операції і є одним із основних факторів, що визначає її параметри, режими, а також результати – продуктивність, точність, витрати матеріалу, якість і інші.

Для опису характеру поведінки матеріалів легкої промисловості під навантаженням найбільш вдалою є фізична модель, відома як узагальнена модель У. Кельвіна-Фойгта або Алфрея (рис.1, в). Вона вміщує три послідовно з'єднаних елементи: миттєво-пружний (E_1); високоеластичний, що складається із з'єднаних паралельно елементів пружності, що запізнюється (E_2) і в'язкості (η_2); елемент в'язкого течіння (η_1). Тобто дана модель може використовуватися для опису деформування матеріалів виробів у яких виникає явище релаксації напружень при постійності деформації. Матеріали, що використовуються при виробництві виробів легкої промисловості, мають релаксаційний характер поведінки при дії зовнішніх сил.

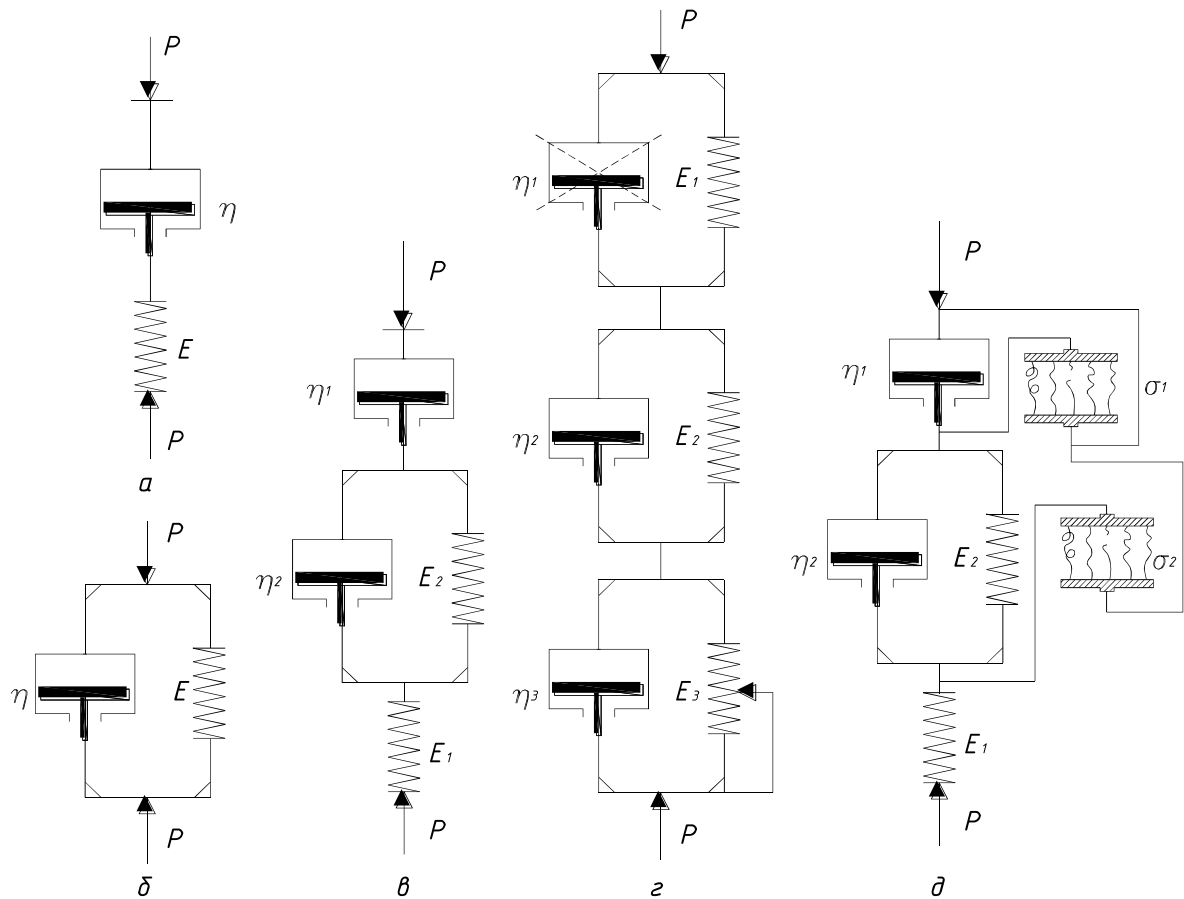


Рисунок 1 – Схеми реологічних моделей (використовуються до опису процесу стискання):
 а-«тіло Максвелла»; б-«тіло Кельвіна» (модель Кельвіна-Фойгта-Мейєра);
 в-чотирипараметрична модель волокнистого високополімерного матеріалу (Алфрея);
 г-трихланкова модель Кукіна-Соловйова; д-модель Алфрея з доданими елементами руйнування

Удосконалена модель узагальненої моделі У. Кельвіна-Фойгта, що запропонована Кукінін і Соловйовим приведена на рис.1, г. Модель передбачає, що в першій ланці, яка відображає пружну складову, величина модуля поздовжньої пружності в багато разів перевищує коефіцієнт в'язкості $E > \eta_1$, тобто властивості першої ланки визначає практично одна «пружина». Друга ланка моделі відображає високоеластичну деформацію, а третя, відповідно, залишкову пластичну. Причому розвиток пластичної деформації стримується наявністю еластичної, тому вона представлена ланкою еластичного типу.

Однак, щоб виразити незворотність пластичної складової, до «пружини» доданий фіксатор, який не дає скорочуватися їй після розтягування.

Модель Алфрея, яка приведена на рис. 1, д, враховує взаємозв'язок між деформуванням матеріалів і їх руйнуванням, що не враховувалося у моделях описаних вище. В дану модель введені поряд з елементами пружного і в'язкого деформування «елементи руйнування», що описують розвиток в матеріалі, який піддається дії зовнішньої сили, двох процесів – деформування і руйнування.

Трьохланкова модель і їй подібні моделі матеріалів для взуттєвих і шкіряно-галантерейних виробів з додатковими елементами з прийнятним ступенем достовірності відображають особливості поведінки матеріалів з пружно-в'язкими і пружно-в'язко-пластичними властивостями при їх деформуванні. Такий опис представляється вельми суттєвим для формування уяви про взаємодію робочих інструментів з матеріалом, що руйнується у взаємозв'язку із зміною швидкості процесу в достатньо широкому діапазоні.

Для моделювання пружних, в'язко-пружних, в'язко-пружно-пластичних властивостей текстильних матеріалів також використовуються різні комбінації елементарних механічних моделей. Найбільш поширеними для цієї мети є моделі, представлені на рис. 2 [3].

У кожному з цих прикладів матеріал проявляє властивості, проміжні між властивостями твердого тіла і рідини. Однак для повної імітації текстильних матеріалів, що володіють нелінійною залежністю між напруженням, деформацією і часом, треба теж використовувати складні пристрої з ідеальних елементів.

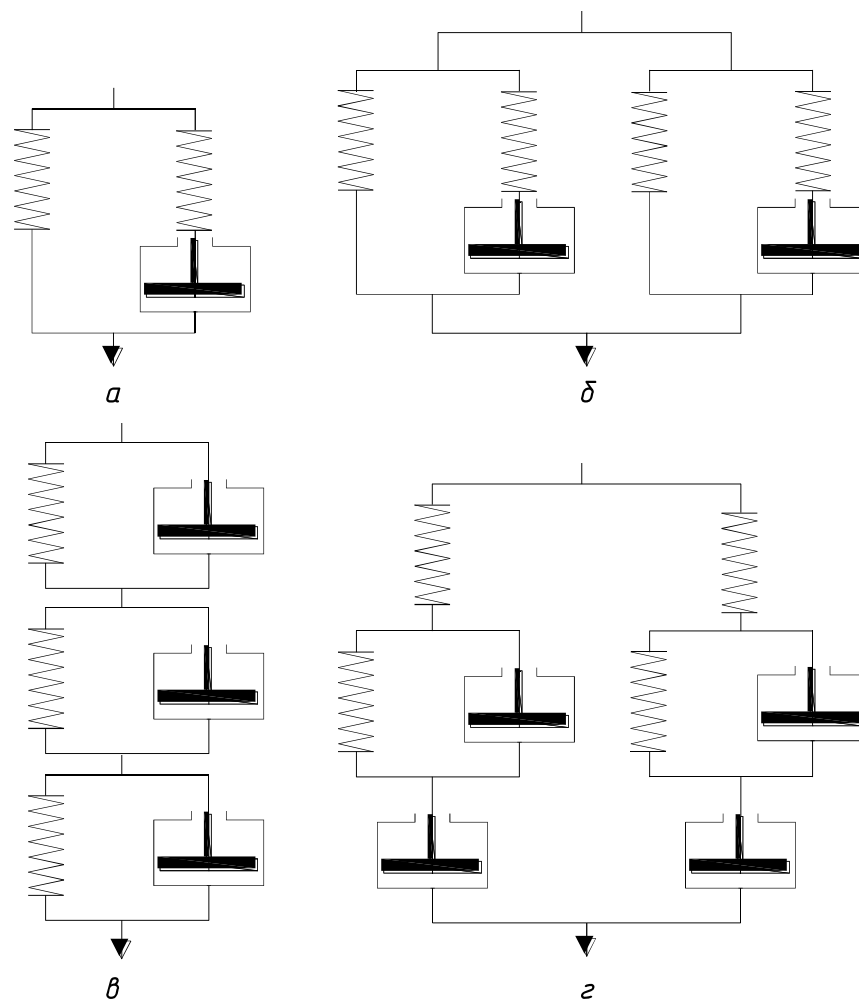


Рисунок 2 – Моделі Ейрінга, Догадкіна, Бартенева, Резніковського (а), Матуконіса (б), трьохкомпонентна еластична (в), в'язко-пружно-пластична (г)

Відомі і інші механічні моделі, що описують релаксаційні процеси у в'язко-пружних матеріалах [6]. Це і об'єднана модель для опису властивостей текстильних матеріалів запропонована рядом вчених на основі елементів Кельвіна-Фойгта, встановлених між двома елементами моделі Максвелла. Для опису повзучості трикотажних полотен Кобляковим А.М. і кількісного опису релаксації деформації тканин Бузовим Б.А. і Петровським Д.Г. використано трьохкомпонентну модель Кельвіна-Фойгта. Для клеєвих нетканих матеріалів Тихомировим В.Б. і Самойловою Л.В. запропонована модель, що складається із послідовно з'єднаних пружних елементів і елементу Кельвіна-Фойгта. Модель деформації натуральної шкіри як волокнисто-сітчастого матеріалу запропонована Зибініним Ю.П. і удосконалена Шестаковою Н.А. Модель, що складається з двох послідовно з'єднаних елементів Кельвіна-Фойгта і в'язкого елемента для опису релаксаційних властивостей шкір запропонована Жихарьовим А.П. [7]. Механічна модель, що складається із чотирьох елементів Кельвіна-Фойгта, запропонована в роботі [6] може бути використана для опису процесів релаксації деформації різних систем матеріалів і використовуватися на практиці для визначення і прогнозування їх реологічних властивостей. Модель деформації в'язко-пружного матеріалу у вигляді двох паралельно з'єднаних ланок різної природи, запропонована Семеновим В.К., Белкіним А.Є., [8] може бути використана для дослідження гум і поліуретанів. Існують і інші моделі, що описують в'язко-пружні процеси в матеріалах легкої промисловості.

Фізико-механічні властивості матеріалів, що піддаються механічній дії при виконанні операцій вирубування, перфорації, тиснення, маркування, клеймування при виробництві взуття, одягу, шкіряно-галантерейних виробів в більшості випадків взяті із класичних дисциплін матеріалознавства і опору матеріалів. Звідти ж і взяті основні властивості, що досліджуються. В основному це: опір умовно пружних матеріалів стисканню, згину, розриву. Тому дані, отримані в результаті вивчення цих властивостей, і безпосередньо використані в теорії механічного руйнування, не завжди задовільняють науковців, так як потребують врахування специфіки процесу виконання технологічної операції. І крім того, загальноприйняті методи досліджень не завжди знаходяться у відповідності з явищами, що мають місце при механічному руйнуванні.

Зміни, які проходять у взуттєвих, текстильних і шкіряно-галантерейних матеріалах при їх обробці під час виконання технологічних операцій, відображаються в першу чергу на рухливості структурних елементів і їх деформаційних властивостях. При виконанні вищезгаданих технологічних операцій в матеріалах виникають різного роду деформації, досягнення критичної величини яких характеризується, наприклад для операцій вирубування та перфорації, початком процесу розділення структурних елементів матеріалу по лінії різку. Таким чином, для даних двох операцій, перший етап процесу виконання технологічної операції характеризується фізико-механічними показниками переходу структури матеріалу із стану рівноваги в «збуджений стан», а другий – показниками деструкції структурних елементів і їх відновлення.

У технічній літературі по швейному та взуттєвому матеріалознавству, а також по дослідженнях процесів в самих матеріалах приводяться дані їх деформаційних характеристик при розтягу. Однак, наприклад, для виконання технологічних операцій вирубування, перфорації, тиснення на перше місце виходить саме деформація стискання. Огляд технічної літератури показав, що досліджень проведених в цьому напрямку недостатньо. У зв'язку з цим неабиякий інтерес представляє розгляд стискання як основної деформації для певних технологічних операцій. Деформація стискання виникає в матеріалі при дії сил направлених перпендикулярно його площині. Якраз, для виконання вищезазначених операцій, дія сили буде направлена перпендикулярно до площини матеріалу.

Для якісного і кількісного оцінювання змін, що проходять в матеріалі при здійсненні на нього механічної дії і після її припинення, здійснюють одноциклові дослідження та

використовують метод оцінювання деформаційних властивостей матеріалів на основі комп'ютерного аналізу процесу їх навантаження і релаксації [2].

У роботі [1] описується розроблена в Російському державному університеті ім. А.М. Косигіна комп'ютерна установка «RELAX», що реалізує метод релаксаційної спектрометрії. Метод релаксаційної спектрометрії дозволив виділити три компоненти деформації і розрахувати шість показників, що найбільш повно описують пружні, в'язкі і пластичні властивості зразка матеріалу або системи матеріалів. Ці дані в загальному найбільш повно характеризують їх деформаційну поведінку, відображають рухомість різноманітних елементів його внутрішньої макро- і мікроструктури.

З використанням комплексу «RELAX» автором були проведені дослідження по оцінюванню деформаційних властивостей взуттєвих матеріалів і їх настилів при стисканні. Для використання деформаційних властивостей, матеріалів, що досліджувалися на даній установці, в програмне забезпечення авторами закладена реологічна модель, що приведена на рис. 3.

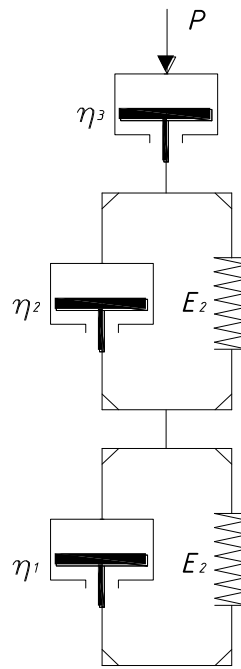


Рисунок 3 – Реологічна модель, що використовується при дослідженні властивостей матеріалів методом релаксаційної спектрометрії

Дана модель описується рівнянням вигляду [2]:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{E_1} e^{-t/t_1} + \frac{\sigma_0}{E_2} e^{-t/t_2} + \frac{\sigma_0}{\eta_3} \Delta t. \quad (2)$$

де E_1 - модуль миттєвої пружності, МПа, що характеризує пружні властивості найбільш рухомих структурних елементів зразка, наприклад, сітки пучків волокон шкіри, що проявляються при швидкому навантаженні і відновленні деформації; E_2 - модуль високоеластичності, МПа, що характеризує пружні властивості менш рухомих структурних елементів, наприклад, елементів внутрішньої структури волокон шкіри; E_3 - рівновісний модуль пружності – сумарна характеристика пружних властивостей всіх елементів структури, що проявляється при достатньо великому часі спостереження; σ_0 - середнє напруження стискання; η_1 - коефіцієнт в'язкості відповідно «швидкого» процесу релаксації (характеризує внутрішнє тертя більш рухомих структурних елементів, наприклад, сітки пучків волокон шкіри); η_2 - коефіцієнт в'язкості «повільного» процесу

релаксації (характеризує внутрішнє тертя більш мілких структурних елементів шкіри); η_3 - коефіцієнт пластичної в'язкості (характеризує внутрішнє тертя при незворотній пластичній деформації зразка); Δt - час розвитку пластичної деформації (час навантаження).

Рівновісний модуль пружності визначається за наступною формулою:

$$E_3 = 1 / (1 / E_1 + 1 / E_2). \quad (3)$$

Постійні часу «швидкого» та «повільного» процесу релаксації:

$$t_1 = \frac{\eta_1}{E_1}, t_2 = \frac{\eta_2}{E_2}. \quad (4)$$

Параметри E_1 , E_2 , E_3 , η_1 , η_2 , η_3 визначаються із аналізу графіку релаксації деформації:

$$E_1 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_1(t) - \varepsilon_2(t)}; E_2 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_2(t) - \varepsilon_3(t)}; E_3 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_1(t) - \varepsilon_3(t)}; \quad (5)$$

$$\eta_1 = T_1 E_1; \eta_2 = T_2 E_2; \eta_3 = T_3 E_3,$$

На основі проведених експериментів зі зразками шкіри шавро, комплексним матеріалом заготовки верху взуття (основа – гладка еластична шкіра хромового дублення з природною лицьовою поверхнею, зміцнюючий матеріал – трикотаж з термоклеєвим покриттям), шкіри верху взуття авторами робіт [2, 9, 10] були визначені діапазони зміни основних деформаційних показників для даних матеріалів. Але асортимент полімерних матеріалів великий. Тому в подальшому необхідно проводити дослідження для визначення основних параметрів процесу релаксації і для інших матеріалів, що застосовуються для виготовлення виробів легкої промисловості.

Висновки: 1. Вивчення деформації, що проходить в матеріалах при стисканні, необхідне для прогнозування поведінки цих матеріалів при виконанні технологічних операцій легкої промисловості, що представляє значний науковий і практичний інтерес.

2. Аналіз існуючих методів прогнозування деформаційних властивостей матеріалів виявив важливість і складність вирішення даної проблеми, недостатню вивченість, необхідність проведення подальших досліджень для інших нових матеріалів, що не досліджені.

3. Проведений аналіз існуючих механічних моделей та їх застосування для моделювання пружних, в'язко-пружних, в'язко-пружно-пластичних властивостей матеріалів показав можливість використання моделей для моделювання взаємодії робочих органів машин з матеріалами при виконанні технологічних операцій під час виготовлення виробів легкої промисловості.

4. Отримані авторами експериментальні дані можна використати при дослідженні обладнання для виконання операцій легкої промисловості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Литвин Е.В. Исследование операции механического резания в производстве обуви и кожгалантерейных изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.06 / Литвин Евгений Викторович. – Москва, 2005. – 241с.
2. Соколов В.Н. Научно-технические основы технологического резания в легкой промышленности: дис ... доктора техн. наук: 05.02.13 / Соколов Владимир Николаевич. – Москва, 2006. – 351с.
3. Лопатченко Т.П. Исследование деформационных свойств объемных утепляющих материалов для проектирования одежды и снаряжения специального назначения / Т.П. Лопатченко, А.С. Рукавишникова. Ростов н/Д: Издательство центр ДГТУ, 2014. – 178с.
4. Лисиенкова Л.Н. Развитие теории и методов исследования деформационных свойств материалов для одежды при воздействии технологических и эксплуатационных факторов: дис ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Лисиенкова Любовь Николаевна. – Москва, 2010. – 343с.

5. Серебрякова Л.А. Формирование и оценка потребительских свойств иглопробивных нетканых материалов из вторичного сырья различного назначения: автореф. дис. на получение степени канд. техн. наук: спец. 05.19.08 «Товароведение промышленных товаров и сырья промышленности» / Серебрякова Людмила Андреевна. – Москва, 2009. – 44с.

6. Томашева Р.Н. Моделирование релаксационных процессов в системах материалов для верха обуви / Томашева Р.Н., Горбачик В.Е. // Моделирование в технике и экономике. – Витебск: УО «ВГТУ», 2016. – С.176-179.

7. Жихарев А.П. Теоретические основы и экспериментальные методы исследований для оценки качества материалов при силовых, температурных и влажностных воздействиях: монография / А. Жихарев. – Москва: ИИЦ МГУДТ, 2003. – 327с.

8. Семенов В.К. Математическая модель вязкоупругого поведения резины при циклическом нагружении / Семенов В.К., Белкин А.Е. Москва: Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2014. №2. – С.46-51.

9. Абдуллин И.Ш. Изменение деформационных свойств комплексного обувного материала в результате воздействия неравновесной низкотемпературной плазмы / Абдуллин И.Ш., Махоткина Л.Ю., Тихонова Н.В., Жуковская Т.В. // Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - №15. – С.44-45.

10. Ясенков Д.А. Автоматизация измерения релаксационных характеристик обувных материалов легкой промышленности: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Ясенков Дмитрий Анатольевич. - Москва, 2014. - 135с.

REFERENCES:

1. Litvin E.V. Issledovanie operacii mekhanicheskogo rezaniya v proizvodstve obuvi i kozhgalanterejnyh izdelij: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.19.06 / Litvin Evgenij Viktorovich. - Moskva, 2005. - 241s.

2. Sokolov V.N. Nauchno-tekhicheskie osnovy tekhnologicheskogo rezaniya v legkoj promyshlennosti: dis ... doktora tekhn. nauk: 05.02.13 / Sokolov Vladimir Nikolaevich.- Moskva, 2006. – 351s.

3. Lopatchenko T.P. Issledovanie deformacionnyh svojstv ob'emnyh uteplyayushchih materialov dlya proektirovaniya odezhdy i snaryazheniya special'nogo naznacheniya / T.P. Lopatchenko, A.S. Rukavishnikova. Rostov n/D: Izdatel'stvo centr DGTU, 2014. – 178s.

4. Lisienkova L.N. Razvitie teorii i metodov issledovaniya deformacionnyh svojstv materialov dlya odezhdy pri vozdejstvii tekhnologicheskikh i ehkspluatacionnyh faktorov: dis ... kand. tekhn. nauk: 05.19.01 / Lisienkova Lyubov' Nikolaevna.- Moskva, 2010. – 343s.

5. Serebryakova L.A. Formirovanie i ocenka potrebitel'skih svojstv igloprobivnyh netkanyh materialov iz vtorichnogo syr'ya razlichnogo naznacheniya: avtoref. dis. na poluchenie stepeni kand. tekhn. nauk: spec. 05.19.08 «Tovarovedenie promyshlennyh tovarov i syr'ya promyshlennosti» / Serebryakova Lyudmila Andreevna. – Moskva, 2009. – 44s.

6. Tomasheva R.N. Modelirovanie relaksacionnyh processov v sistemah materialov dlya verha obuvi / Tomasheva R.N., Gorbachik V.E. // Modelirovanie v tekhnike i ehkonomie. – Vitebsk: UO «VGTU», 2016. – S.176-179.

7. ZHiharev A.P. Teoreticheskie osnovy i ehksperimental'nye metody issledovaniy dlya ocenki kachestva materialov pri silovyh, temperaturnykh i vlazhnostnykh vozdeystviyah: monografiya / A.. ZHiharev. – Moskva: IIC MGUDT, 2003. – 327s.

8. Semenov V.K. Matematicheskaya model' vyazkouprugogo povedeniya reziny pri ciklicheskom nagruzhenii / Semenov V.K., Belkin A.E. Moskva: Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie, 2014. №2. – S.46-51.

9. Abdullin I.SH. Izmenenie deformacionnyh svojstv kompleksnogo obuvnogo materiala v rezul'tate vozdeystviya neravnesnoj nizkotemperaturnoj plazmy / Abdullin I.SH., Mahotkina L.YU., Tihonova N.V., ZHukovskaya T.V. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. - 2012. - №15. – S.44-45.

10. YAsenkov D.A. Avtomatizaciya izmereniya relaksacionnyh harakteristik obuvnyh materialov legkoj promyshlennosti: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.06 / YAsenkov Dmitrij Anatol'evich. - Moskva, 2014. - 135s.

**к.т.н., доц. Полищук О.С., д.т.н., проф. Бурмистенков А.П.,
к.т.н., проф. Кармалита А.К., Солодеева Л.В.**

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье проведен анализ механических моделей и аналитических зависимостей для описания материалов для производства изделий легкой промышленности. Изучение деформации, происходящей в материалах при сжатии, необходимо для прогнозирования поведения этих материалов при выполнении технологических операций легкой промышленности, представляет большой научный и практический интерес. Анализ существующих методов прогнозирования деформационных свойств показал важность и сложность решения данной проблемы, недостаточную изученность, необходимость проведения дальнейших исследований для новых материалов, которые появляются и не исследованы. Проведенный анализ существующих механических моделей и их применение для моделирования упругих, вязкоупругих, вязко-упруго-пластических свойств показал возможность использования моделей для моделирования взаимодействия рабочих органов машин с материалами при выполнении технологических операций при изготовлении изделий легкой промышленности. Полученные экспериментальные данные можно использовать для исследования оборудования для выполнения операций легкой промышленности.

Ключевые слова: материал, легкая промышленность, механическая модель, моделирование свойств.

**Ph.D. Polishchuk O.S., prof. Burmistenkov O.P., prof. Karmalita A.K., Solodeeva L.V.
ANALYSIS OF MECHANICAL MODELS AND ANALYTICAL CONSEQUENCES FOR
DESCRIPTION OF MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF LIGHT INDUSTRIES**

Main objective of this work is development of a method of optimization at information transfer on communication channels in the conditions of their noisiness. Adaptation of the transmission scheme to the changing conditions of the channel is necessary for effective implementation of data transmission in single-user and multiuser systems.

In this project the problem of optimization of parameters of communication of many frequency channels for the purpose of minimization of the power of the transmitter necessary for achievement of a certain transmission rate is considered. Implementation of this method results in need of use of discrete transmission rates. It leads to the fact that parameters of the real transmission scheme of data differ from an ideal solution of a problem of optimization that leads to some increase in required power of the transmitter. Thus, it is possible to expect increase in efficiency of adaptive system in case of use of set of encoding schemes / modulation with a small speed of a step which can be implemented on the basis of the concept of multilevel coding.

Here the new adaptive transmission method for one - and the multiuser system was submitted. In case of a single-user system multilevel coding was used that allowed to increase the accuracy of the choice of speed of coding / modulation for separate sub channels. Besides, the way of assessment of bandwidth (and also spectral efficiency) adaptive systems which can function in the conditions of the channel with accidental independent transmission ratios that allows to estimate system performance in the field of small ratios signal / noise is offered.

Also the analysis of the existing mechanical models was carried out and their application for modeling of elastic, visco-elastic, viscous and elasto-plastic properties showed a possibility of use of models for modeling of interaction of operating parts of machines with materials at execution of technological operations at production of products of light industry.

The obtained experimental data can be used for a research of the equipment for execution of operations of light industry.

Key word: material, light industry, mechanical model, modeling of properties.