

THE KEY ROLE OF ENGINEERING MECHANICS IN THE CONSERVATION AND RESTORATION OF WRITTEN HERITAGE

Iskra Tsvetanska

University of library studies and information technologies – Sofia, Bulgaria, i.cvetanska@unibit.bg

Abstract: The aim of the article is to highlight the key role of engineering mechanics in the conservation and restoration of written heritage. Engineering mechanics provides a scientific basis for understanding the behavior of materials and structures that need to be conserved and/or restored. The study of the mechanical properties of paper and parchment as material carriers of information is essential for the effective conservation and restoration of written heritage. By understanding tensile and compressive strengths, as well as fatigue and wear, conservators/restorers can develop optimal strategies for the storage, handling, conservation and restoration of valuable documents and books. Engineering mechanics is applied to the static and dynamic analysis of the materials from which written collections are composed. Techniques are used to analyze stresses and deformations in documents and books that are subjected to various mechanical effects such as compression and bending. The mechanical properties and structure of materials are key elements in understanding how interventions in conservation procedures affect written heritage objects. In this context, engineering mechanics can help determine the strength and stability of a document, provide both an explanation and a prediction of destruction in written materials, and have proven to be an effective method for developing useful solutions to conservation and restoration problems. Principles of engineering mechanics applied to the stabilization of fragile documents and books include the design of stabilizing structures by constructing frames to support fragile documents and books to provide maximum stability with minimal interference, as well as the design of protective packaging that distributes the load evenly and prevents damage. Technological innovations in engineering mechanics, related to the application of the "Finite Element Method" (FEM) for simulation and analysis of the mechanical properties and behavior of documents and books under different conditions. The application of FEM for simulation of the mechanical properties /stresses and strains/ in written heritage, and for prediction of its behavior under different conditions will support the development of a sustainable preventive conservation strategy for protection. The Finite Element Method (FEM) offers powerful tools for the analysis and conservation of written heritage. Through accurate simulations and predictions, this method supports the development of effective strategies for the preservation and restoration of valuable documents and books, preserving the written cultural heritage for future generations. Engineering mechanics provides powerful tools for improving methods for analyzing, stabilizing, and restoring written heritage, thereby increasing the efficiency and accuracy of restoration processes. It allows for the creation of a database of mechanical characteristics of various materials used in historical documents. By integrating these approaches into conservation and restoration, specialists can achieve a better understanding and preservation of written cultural heritage for future generations.

Keywords: written heritage, engineering mechanics, FEM, destruction, conservation, restoration.

КЛЮЧОВАТА РОЛЯ НА ИНЖЕНЕРНАТА МЕХАНИКА В КОНСЕРВАЦИЯТА И РЕСТАВРАЦИЯТА НА ПИСМЕНОТО НАСЛЕДСТВО

Искра Цветанска

Университет по библиотекознание и информационни технологии – София, България

i.cvetanska@unibit.bg

Резюме: Целта на статията е да акцентира върху ключовата роля на инженерната механика в консервацията и реставрацията на писменото наследство. Инженерната механика осигурява научна основа за разбиране на поведението на материалите и структурите, които трябва да бъдат консервирани и/или реставрирани. Изследването на механичните свойства на хартията и пергаментата като материални носители на информация е от съществено значение за ефективната консервация и реставрация на писменото наследство. Чрез разбиране на якостта на опън и натиск, както и на умората и износването, консерваторите/реставратори могат да разработят оптимални стратегии за съхранение, манипулация, консервация и реставрация на ценни документи и книги. Инженерната механика се прилага за статичен и динамичен анализ на материалите, от които са съставени писмените колекции. Използват се техники за анализ на напреженията и деформациите в документи и книги, които са подложени на различни механични въздействия като натиск и огъване.

Механичните свойства и структурата на материалите са ключови елементи при разбирането как интервенциите в консервационните процедури влияят върху обектите на писменото наследство. В този контекст инженерната механика може да помогне да се определи силата и стабилността на документа, да предостави, както обяснение, така и прогноза за деструкция в писмените материали, и се оказва ефективен метод за разработване на полезни решения на консервационно-реставрационните проблеми. Принципиите на инженерната механика приложени за стабилизиране на крехки документи и книги, включват проектиране на стабилизиращи структури чрез изграждане на рамки за подкрепа на крехки документи и книги за осигуряване на максимална стабилност с минимална намеса, както и дизайн на защитни опаковки, които разпределят натоварването равномерно и предотвратяват повреди. Технологичните иновации в инженерната механика, свързани с приложението на „Финитен елементен метод“ (FEM) за симулация и анализ на механичните свойства и поведението на документи и книги при различни условия. Прилагането на FEM за симулация на механичните свойства /напрежения и деформации/ в писменото наследство, и за предсказване на поведението му при различни условия ще подпомага разработването на устойчива превантивна консервационна стратегия за защита. Финитен елементен метод (FEM) предлага мощни инструменти за анализ и консервация на писменото наследство. Чрез точни симулации и прогнози, този метод подпомага разработването на ефективни стратегии за запазване и възстановяване на ценни документи и книги, съхранявайки писменото културно наследство за бъдещите поколения. Инженерната механика предоставя мощни инструменти за подобряване на методите за анализ, стабилизиране и възстановяване на писмено наследство, с което се повишава ефективността и точността на реставрационните процеси. Дава възможност за създаване на база данни с механични характеристики на различни материали, използвани в историческите документи. Чрез интегриране на тези подходи в консервацията и реставрацията, специалистите могат да постигнат по-добро разбиране и запазване на писменото културно наследство за бъдещите поколения.

Ключови думи: писмено наследство, инженерна механика, FEM, деструкция, консервация, реставрация.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Прилагането на иновативни технологии и методи при представянето на културно съдържание, съчетано с персонализирани и инклузивни подходи, може значително да увеличи ангажираността и удовлетворението ни като същевременно разширява обхвата и въздействието на културните институции. (Нушева, К. 2024). Концепцията за ценности на писменото културно наследство е жива идея. Опазването и консервацията с разнообразните им дейности имат фундаментална практическа страна. (Yankova, I. and all 2021).

Механичните свойства и структурата на материалите са ключови елементи при разбирането как интервенциите в консервационните процедури влияят върху обектите на писменото културно наследство. В този контекст инженерната механика може да помогне да се определи силата и стабилността на писмения документ, да предостави, както обяснение, така и прогноза за деструкция в материалите, и се оказва ефективен метод за разработване на полезни решения на консервационно-реставрационните проблеми. Тъй като материалознанието и механиката могат да помогнат на консерватор/реставраторите да предскажат дългосрочните последици от лечението им, и да им предоставят инструменти за избягване на бъдещи проблеми, то трябва да присъства във всички програми за обучение по консервация и реставрация, за да подпомогне разбирането за механизмите на деградация в културните материали (и тяхната корелация с химичното и биологичното разграждане), както и последиците от консервационните процедури.

Проектирането на успешни стратегии за консервация и реставрация изисква разбиране на химичните и биологичните процеси на разграждане, но също така и разбиране на механизмите за механична повреда зад уврежданията, наблюдавани в писмените обекти. Това е причината механиката постепенно да се внедрява в настоящите програми за обучение по консервация и реставрация като част от основните компетенции, желани за бъдещите професионалисти, прилагайки свойствата на материалите към науката и инженерството, за да изследва връзката между структурата на материалите в атомни или молекулярни мащаби и техните макроскопични свойства. Това става чрез комбиниране на елементи от приложната физика, механика, химия и приложна наука за материалите в консервацията, която се основава на идеята, че преподаването на комбинация от механика и структура на обектите, както и структурна консервация ще покаже как теорията е пряко приложима и следователно по-лесно разбираема. Материалознание и консервация на конструкцията на документа, съчетани с прости практически тестове за якост, гъвкавост и размерна реакция на материалите към влага и температурни колебания. Така ще се поставят основите за по-задълбочено разбиране на поведението на писмените материали и позволява плавно към преминаване към по-напреднали нива на разбиране, включително използването на по-сложно оборудване. Защо механика? Структурни последици от щети, открити в писмените колекции, които често са композити от материали с различни свойства, а понякога са направени още по-сложни с добавянето на други материали в хода на консервационните

процедури. Структурните обработки могат да имат отрицателни ефекти поради неразбирането на основните механични и структурни поведения и поради това някои обработки правят обектите по-уязвими за околната среда. Фактът, че голяма част от писмените обекти в повечето колекции са третирани или ограничени, представлява предизвикателство за превантивната консервация по отношение на определянето на правилната среда, опаковането или транспортирането за всеки писмен обект.

За да се избегнат лечения, основани на неразбиране, консерватор-реставраторите трябва да могат да идентифицират механизмите на повреда и да отговорят на структурните нужди на писмените обекти, както при проектиране на консервационни процедури, така и при определяне на насоки за околната среда. Повишените познания за механичните и размерните свойства на материалите ще доведат до преоценка на екологичните стандарти за библиотеки, архиви и музеи.

Традиционните подходи за консервация-реставрация се развили и постепенно включват изучаването на химията на материалите, но изглежда малко внимание се отделя на поведението на материалите във връзка с техните физични и механични свойства, и в разбирането как те управляват представянето и стабилността на писмените ценности в средносрочен и дългосрочен план. През последните години обаче нещата изглеждат се променят и има общоприетото убеждение, че ключът към разработването на подходящи стратегии за консервация и реставрация е да се поставят правилните въпроси, което задължително предполага основно разбиране, както за състоянието на писмените артефакти, така и на проблемите, които консерваторите имат изправени пред въпроси като: Какво е причинило щетата? Как станаха щетите? Какъв е точният механизъм на неуспех зад конкретни патологии? помагат да се разбере състоянието на писмения артефакт.

2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Проблемът с опазването и консервацията на колекциите в библиотеките и архивите по света не е нов, но през последните години интересът на библиотечната и архивна общност във връзка със запазването на интелектуалното наследство, се е увеличил значително. Фокусът към опазването на българското писмено и културно наследство все повече се пренасочва към превантивни политики, свързани с околната среда и устойчивост на колекциите. (Yankova, I. and all 2022).

Изследването на механичните свойства на хартията и пергаментата е от съществено значение за ефективната консервация и реставрация на писменото наследство. Чрез разбиране на якостта на опън и натиск, както и на умората и износването, консерватор/реставраторите могат да разработят оптимални стратегии за съхранение, манипулация и възстановяване на ценни документи и книги. Инженерната механика се прилага за статичен и динамичен анализ на материалите, от които са съставени писмените колекции. Използват се техники за анализ на напреженията и деформациите в документи и книги, които са подложени на различни механични въздействия като натиск и огъване.

Изследването на механичните свойства на материалния носител на информация /хартия, пергамент/ са от изключителна важност за опазване и защита на писмените артефакти. Механичните свойства на хартията и пергаментата са критични за тяхната консервация и реставрация. В този контекст, няколко ключови параметри се анализират, за да се осигури правилна грижа за тези материали:

* Измерване на „якост на опън“ е максималното напрежение, което материалния носител на информация/ хартията или пергаментата/ може да понесе, преди да се деформира или скъса. Резултатите от тези тестове ни дават възможност да се определят какви условия на съхранение и манипулация са най-подходящи за документи и книги.

* Анализ на „якостта на натиск“, която представлява способността на материалния носител на информация да издържа на сили, които го компресират. Тези данни са важни за оценка на структурната стабилност на подвързии и други компоненти на книгите.

* Изследване на „умората“ на материалния носител на информация, която представлява постепенната деградация на пергаментата или хартията под влияние на различни циклични, механични натоварвания, в резултат на което се наблюдават пукнатини или микро - разрушения в писмените документи. Анализът на умората помага да се предвидят дългосрочните ефекти от манипулации и експониране на документите.

* Анализ на „износването“, чрез тестове за абразия, за да се анализира постепенната загуба на писмения материал, причинена от механични действия като триене, драскане или контакт с други повърхности. Тези данни са необходими, за да се изберат подходящите методи за съхранение и ръчна обработка, които минимизират износването на документите. (Caple, C. 2000).

3. РЕЗУЛТАТИ

Инженерната механика играе ключова роля в реставрацията и консервацията на писмено наследство като осигурява научна основа за разбиране на поведението на материалите и структурите, които трябва да бъдат

консервирани и/или реставрирани. Изследването на механичните свойства на хартията и пергамента е от съществено значение за ефективната консервация и реставрация на писменото наследство. Чрез разбиране на якостта на опън и натиск, както и на умората и износването, консерваторите могат да разработят оптимални стратегии за съхранение, манипулация и възстановяване на ценни документи и книги. (Selwitz, C.2002). Принципиите на инженерната механика за стабилизиране на крехки документи и книги включват проектиране на стабилизиращи структури чрез изграждане на рамки за подкрепа на крехки документи и книги като се използват принципите на инженерната механика за осигуряване на максимална стабилност с минимална намеса, както и дизайн на защитни опаковки, които разпределят натоварването равномерно и предотвратяват повреди. (Smith, P. 2000)

Инженерната механика дава възможност за оценка на деструкциите и прогноза на рисковете чрез моделиране на различни сценарии на механични повреди (като скъсване, износване) за оценка на риска и разработване на стратегии за консервационна превантивна политика. Използването на микроскопия и други техники за анализ на микроструктурите на материалите, за да се разберат по-добре механизмите на деструкциите. Технологичните иновации са свързани с използване на 3D печат за създаване на структури за възстановяване на увредени документи и книги, както и с разработване и използване на нови композитни материали с подобрени механични свойства за консервация и реставрация. (Mills, J. S., & White, R. 1999).

4. ДИСКУСИИ

В инженерната механика и физиката се прилага числов метод, т.н. „Финитен елементен метод“ (FEM) за решаване на проблеми, свързани с напрежения и деформации. В контекста на консервацията на писмено наследство, FEM се прилага за симулация и анализ на механичните свойства и поведението на документи и книги при различни условия. Прилагането на FEM за симулация на механичните свойства /напрежения и деформации/ в писменото наследство, и за предсказване на поведението му при различни условия подпомага разработването на устойчива превантивна консервационна стратегия за защита. Основните приложения на FEM в консервацията на писмено наследство са свързани с детайлно моделиране на напреженията и деформациите в писмените материали, когато са подложени на механични натоварвания, като огъване, опън или компресия. Чрез симулации се идентифицират слабите точки и потенциалните области на увреждане в документите. Анализите с FEM помагат за разработване на ефективни стратегии за съхранение и защита на документите. Например, оптимизация на условията за съхранение като контрол на влажността и температурата, и подобряване на методите за превенция и поддръжка на документите. FEM се прилага и за проектиране на реставрационни намеси, за оценка на въздействието на различни реставрационни техники и материали върху структурата на документите. Симулациите позволяват предвиждане на дългосрочните ефекти от различни интервенции и избор на най-подходящите методи за реставрация. Примери за приложения на FEM : симулация на огъване и опън на пергаменти, за да се моделира поведението на пергаменти при различни механични натоварвания, и да се идентифицират оптималните условия за тяхното съхранение; за анализ на стари книги FEM се използва за изследване на напреженията в подвързиите и страниците на стари книги, което подпомага разработването на техники за тяхното укрепване и запазване; FEM се прилага и за изследване на влажност и температура, т.е. чрез симулации се оценява въздействието на променливите условия на влажност и температура върху носителя на информация и мастилата, използвани в писмените документи. (Erhardt, D., & Mecklenburg, M.1999).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Инженерната механика представя иновативен подход към консервацията на писменото наследство чрез използването на съвременни научни и инженерни методи, насочени към дългосрочното съхранение и възстановяване на ценни исторически документи, предоставяйки научно обосновани методи за консервация и реставрация на ценни писмени обекти, които са подложени на различни форми на деструкции с времето.

* Изследване на механичните свойства на различни материали, използвани в исторически документи (напр. хартия, пергамент). Използване на механични тестове за опън, компресия и огъване за оценка на здравината и еластичността на материалите;

* Оценка на нивото на деградация и увреждане на материалите чрез механични тестове;

* Разработване на нови методи за без разрушителен анализ на исторически документи. Прилагане на съвременни техники за механичен анализ като микроскопия, томография и други. Прилагане на техники като рентгенова томография и инфрачервена спектроскопия за детайлно изследване на структурата и състава на документите без физическо увреждане;

* Използване на резултатите от механичните анализи за разработване на подходящи консервационни и реставрационни методи;

- * Създаване на препоръки за дългосрочно съхранение и опазване на историческите документи;
- * Използване на софтуер за инженерна симулация на механични натоварвания и поведение на материалите под различни условия. (Kumar, M. A., & Singh, A. K. 2021).

FEM предоставя висока точност и детайлност при моделирането на сложни материали, което е критично за деликатни исторически документи. Методът прогнозира поведението на писмените документи и позволява предвиждане на бъдещи увреждания и деградация на материалите, което подпомага превантивната консервация. Интердисциплинарният подход на FEM, обединявайки знанията от инженерната механика, материалознанието и консервацията, води до иновативни решения и методи.

Финитен елементен метод (FEM) предлага мощни инструменти за анализ и консервация на писменото наследство. Чрез точни симулации и прогнози, този метод подпомага разработването на ефективни стратегии за запазване и възстановяване на ценни документи и книги, съхранявайки културното наследство за бъдещите поколения. (Rehbein, M., Fritze, K., & Puppe, F. 2020).

Инженерната механика предоставя мощни инструменти за подобряване на методите на анализ, стабилизиране и възстановяване на писмено наследство с което се повишава ефективността и точността на реставрационните процеси. Дава възможност за създаване на база данни с механични характеристики на различни материали, използвани в историческите документи. Чрез интегриране на тези подходи в консервацията и реставрацията, специалистите могат да постигнат по-добро разбиране и запазване на писменото културното наследство за бъдещите поколения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването е по проект № КП-06-Н90/6 „Екологично устойчива консервационна стратегия за писмено наследство“, финансиран от Фонд “Научни изследвания” - 2024 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Нушева, К. (2024). Привличане на нови публики чрез прилагане на иновативни подходи за представяне на културно съдържание. Е-сборник с научни доклади от международна конференция по ”Съвременни практики и методи за дигитализация, дигитална реставрация и презентация на стари фотографии”.- София: Национална гимназия по полиграфия и фотография, 2024, стр.103-110.
https://drive.google.com/file/d/1mcNBfSJCZIDfW_2aS3LuSzAc2k5rpclr/view >
- Caple, C. (2000). "Conservation skills: Judgement, method and decision making." Routledge.
- Erhardt, D., & Mecklenburg, M. (1999). "Relative Humidity Re-Examined." WAAC Newsletter, 16(3).
- Mills, J. S., & White, R. (1999). "The organic chemistry of museum objects." Butterworth-Heinemann.
- Kumar, M. A., & Singh, A. K. (2021). "Artificial Intelligence in Document Restoration: Techniques and Applications." Journal of Cultural Heritage, 50, 23-31.
- Rehbein, M., Fritze, K., & Puppe, F. (2020). "Artificial Intelligence for Historical Document Restoration: Challenges and Opportunities." International Journal of Computer Vision, 128(7), 1729-1744.
- Selwitz, C. (2002). "Cellulose nitrate in conservation." Getty conservation Institute.
- Smith, P. (2000). "Structural conservation of panel paintings: Proceedings of a Symposium." Getty Publications
- Yankova, I., Tsvetanska, I. (2021). Ecological strategy in conservation and restoration education. // XXXI International Scientific Conference “The Teacher of the future”, 23-26 юни 2021, Будва, Монтенегро, Knowledge International journal, vol. 46.3, pp. 451-453, ISSN: 1857-923X (Printed), ISSN: 2545-4439 (Online) – <https://ikm.mk/ojs/index.php/KIJ/article/view/5188>
- Yankova, I., B. Hadzhieva, I. Tsvetanska. (2022). Preservation of the Written Heritage of Bulgaria. Restoration and Conservation of the Map “Plan of Sofia” since 1936. // INTED2022 Proceedings, 2022, pp. 2951-2955. ISBN: 978-84-09-37758-9. ISSN:2340-1079. DOI: 10.21125/inted.2022.0836. URL: <https://library.iated.org/view/TSVETANSKA2022PRE>