

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002709

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-06-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/60/26 від 13.08.2026



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Костенко Антон Олександрович

2. Anton Kostenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 131

Назва наукової спеціальності: Прикладна механіка

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна механіка

Дата захисту: 22-07-2026

Спеціальність за освітою: Прикладна механіка

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 000000000

Місцезнаходження: -----, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 14652

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 55.19.03.21, 55.22, 55.09.39.17, 55.09.03.17

Тема дисертації:

1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ ВИРОБІВ, ОТРИМАНИХ FDM, МІНІМАЛЬНОЮ ПОСТОБРОБКОЮ

2. Ensuring quality parameters of engineering products obtained by FDM with minimal post-processing

Реферат/анотація:

1. Костенко А.О. Забезпечення параметрів якості інженерних виробів, отриманих FDM, мінімальною постобробкою. – Кваліфікаційна праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія 131 Прикладна механіка. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2026. Адитивні технології останніми роками принципово змінили парадигму інженерного проектування та конструювання, перетворивши ці процеси на системи безперервного синтезу готових тривимірних фізичних об'єктів. Серед широкого спектра технологій метод моделювання шляхом пошарового наплавлення полімерної нитки посідає провідне місце завдяки своїй економічній доступності, простоті експлуатації обладнання та широкій номенклатурі використовуваних матеріалів. Одним із найбільш доступних, дешевих і поширених методів є

процес FDM (Fused Deposition Modeling) – процес пошарового викладання розплаву філаменту. Разом з тим, впровадження FDM-друку для виробництва відповідальних інженерних деталей гальмується рядом суттєвих недоліків. FDM-вироби не є повністю компактними та щільними. Пошарове викладання матеріалу призводить до формування вираженої анізотропії механічних властивостей: міцність деталі вздовж напрямку викладання волокон значно перевищує її міцність у напрямку осі Z. Якість і міцність з'єднання окремих ниток і шарів між собою критично залежать від температурних полів під час теплового контакту та гідродинамічних явищ екструзії розплаву. Як наслідок, надруковані деталі характеризуються значною похибкою форми, відхиленням геометричних розмірів, високою шорсткістю поверхні та наявністю маси внутрішніх і поверхневих дефектів (порожнини, деламінація, температурне викривлення, усадка). Щоб забезпечити параметри якості, адитовані заготовки зазвичай піддають постобробленню (механічному, фізико-хімічному, термічному). Проте механічний вплив різального інструмента на шарувату та порожнисту структуру 3D-друкованого пластику кардинально відрізняється від обробки суцільних металів чи литих полімерів. Механічне оброблення може як ліквідувати поверхневі дефекти, так і спровокувати зародження нових, викликати розвиток мікротріщин у приповерхневих шарах, збільшуючи так званий «деструктивний шар» через силові та теплові навантаження. Тому комплексне дослідження впливу механічного постоброблення на параметри якості виробів з FDM, а також розробка принципів мінімізації такого оброблення є надзвичайно актуальною науково-прикладною задачею. Виконано ґрунтовний огляд сучасного стану адитивних технологій. Проведено порівняльний аналіз FDM з іншими методами. Показано, що незважаючи на доступність FDM, процес несе в собі ризики утворення специфічних макро- та мікрodefektів, які суттєво знижують несучу здатність та довговічність деталей. Обрано найбільш важливі параметри якості: міцність на розрив, квалітет точності (IT9–IT11), шорсткість поверхні (за параметром Ra) та герметичність. Зазначено, що нині інженерна практика покладається на механічне постоброблення для вилучення опорних і допоміжних структур та забезпечення квалітету точності окремих елементів. Однак класичні методики розрахунку припусків на механічну обробку не працюють для FDM-виробів через неоднорідність структури адитованого виробу. Постоброблення також виступає як засіб видалення поверхневих дефектів (хвиль, напливів), але одночасно може породжувати нові (внутрішні тріщини від дії мікрокліна інструменту, термічні припали). На основі виконаного аналізу сформульовано основну гіпотезу досліджень щодо впливу постоброблення на параметри якості готового виробу. Обґрунтовано теоретико-експериментальну базу дослідження. Формування вихідних показників якості подано у вигляді складної цільової функції перетворення початкових (прогнозованих) геометричних і механічних характеристик через режими друку (швидкість обходу, товщина шару, температура екструдера) та режими обробки різанням (швидкість, глибина, подача) у вихідні. Наведено математичну модель термомеханічної поведінки матеріалу в процесі екструзії та охолодження. Показано, що плоский напружений стан у площині викладання ОХУ супроводжується температурними градієнтами, які призводять до виникнення залишкових напружень. Для експериментальної оцінки використано методику випробувань на розтяг за стандартом ASTM D638-14. Застосовано методику контролю шорсткості та хвилястості поверхонь за допомогою профілограм, та методику дослідження газопроникності/герметичності деталей з використанням вакуумного поста ВУП-5. У якості основного інженерного демонстратора було обрано стільниковий бак, що працює під внутрішнім тиском. Аналіз такого виробу зводиться до оцінки взаємодії кількох компонент: внутрішньої стінки, еквівалентного стільникового заповнювача та зовнішньої стінки. Фланець бака змодельовано як защемлену круглу пластину в полярних координатах, що дозволило аналітично вивести рівняння для радіальних і тангенціальних згинальних моментів.

2. Kostenko A.O. Ensuring quality parameters of engineering products obtained by FDM with minimal post-processing. – Qualifying paper as a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 13 Mechanical Engineering 131 Applied Mechanics. National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2026. In recent years, additive technologies have fundamentally changed the paradigm of engineering design and drafting, transforming these processes into systems for the continuous synthesis of finished three-dimensional physical objects. Among a wide range of technologies, fused deposition

modeling of polymer filaments takes a leading place due to its economic accessibility, simplicity of equipment operation, and a wide nomenclature of used materials. At the same time, the implementation of FDM printing for the production of critical engineering parts is hindered by a number of significant drawbacks. FDM products are not entirely compact and dense. Layer-by-layer deposition of the material leads to the formation of a pronounced spatial anisotropy of mechanical properties: the strength of the part along the direction of fiber deposition significantly exceeds its strength in the direction of the Z-axis. The quality and strength of the connection of individual threads and layers to each other critically depend on the temperature fields during thermal contact and the hydrodynamic phenomena of melt extrusion. As a result, printed parts are characterized by significant shape errors, deviation of geometric dimensions, high surface roughness, and the presence of numerous internal and surface defects (cavities, delamination, thermal warping, shrinkage). To ensure quality parameters (strength, accurate dimensions according to IT9–IT11 tolerance grades, surface roughness $Ra\ 1.2\ldots 2.5\ \mu m$, and leak tightness), additively manufactured blanks must necessarily be subjected to post-processing (mechanical, physicochemical, thermal). However, the mechanical impact of a cutting tool on the layered and hollow structure of 3D-printed plastic differs radically from the machining of solid metals or cast polymers. Mechanical machining can either eliminate surface defects or provoke the nucleation of new microcracks, increasing the so-called "destructive layer" due to force and thermal loads. Therefore, a systematic study of the impact of mechanical post-processing on the functional properties of FDM products, as well as the development of principles for minimizing such processing by optimizing the initial printing, is a highly relevant scientific and applied task. A thorough review of the current state of additive technologies has been performed. A comparative analysis of FDM with other methods has been conducted. It is shown that despite the accessibility of FDM, the process carries risks of the formation of specific macro- and microdefects that significantly reduce the load-bearing capacity and durability of the parts. Special attention is paid to the general classification of 3D printing defects: • by size: centimeter, millimeter, micrometer, nanometer, and angstrom (destruction of polymer chains); • by spatial topology: 0D (point, e.g., internal pores), 1D (linear – thread-like formations), 2D (planar – delamination, separation), 3D (volumetric – thermal warping, shrinkage, under-extrusion), and 4D (defects that evolve and grow over time under the influence of cyclic loads); • by the nature of occurrence: deformational (due to thermomechanical stresses and shrinkage differences) and those caused by material flow disturbances (over-extrusion, under-extrusion). It is noted that currently, engineering practice relies on mechanical post-processing to remove support structures and ensure precision tolerance grades. However, classic methods for calculating machining allowances do not work for FDM products due to their heterogeneity. Post-processing acts as a means of removing surface defects (waves, build-ups), but at the same time can generate new ones (internal cracks from the action of the tool's micro-wedge, thermal burns). The theoretical and experimental basis of the study is substantiated. The life cycle of an FDM product is considered as a multi-stage process: 3D modeling – slicing – extrusion/printing – post-processing. Accordingly, the formation of the output quality indicators is presented in the form of a complex objective function of transforming the specified geometric and mechanical parameters through printing modes (traverse speed, layer thickness, extruder temperature) and cutting modes (speed, depth, feed). A mathematical model of the material's thermomechanical behavior during extrusion and cooling is presented. Differential equations of heat conduction and quasi-static equilibrium are used. It is shown that the plane stress state in the OXY deposition plane is accompanied by temperature gradients that lead to residual stresses.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. W. Alnusirat, S. Hann, O. Salenko, V. Orel, T. Kozlovskaya, A. Kostenko, D. Tsurkan, P. Melnychuk, Y. Kovalenko / Forming the properties of parts obtained by FDM by modifying the surface layer using mechanical and physical-technical treatment // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2025. – Vol. 6, No. 1(138). – P. 23-40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.347457>.
- 2. O. F. Salenko, A. O. Kostenko, D. O. Tsurkan, O. O. Chencheva, V. T. Shchetinin / Kostenko A. Improving the quality of products created by additive technologies on Argon-Arc welding/ // Przegląd elektrotechniczny, 1(2), 184-188. – 2022. DOI: 10.15199/48.2022.02.42.
- 3. A. Salenko, A. Kostenko, D. Tsurkan, A. Zinchuk, M. Zagirnyak, V. Orel, R. Arhat, I. Derevianko, A. Samusenko / A new FDM printer concept for printing cylindrical workpieces // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. – 2023. – P. 459-483. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35467-0_28
- 4. O. Salenko, V. Drahobetskyi, A. Symonova, E. Onishchenko, A. Kostenko, D. Tsurkan, D. Vasiukov / Damage Behavior of Multilayer Axisymmetric Shells Obtained by the FDM Method // Journal of Engineering Sciences. – 2024. – Vol. 11, Issue 1. – P. D27-D35. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).d4](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).d4)
- 5. M. I. Bobyr, M. G. Kryshchuk, O. F. Salenko, E. E. Onyshchenko, D. O. Tsurkan, A. O. Kostenko, M. V. Biletskyi, V. M. Orel, L. A. Lopata / Damage Development in a Cellular Axisymmetric Tank Additive-Manufactured from Plastic Filament. Part 1. Damage Development in Cellular Axisymmetric Multilayer Shells Under Critical Mechanical Loads and Equivalent Properties of Model Layers for Stress-Strain State Estimation // Strength of Materials. – 2024. – Vol. 56, Issue 3. – P. 484-499.
- 6. M. I. Bobyr, M. G. Kryshchuk, O. F. Salenko, E. E. Onyshchenko, D. O. Tsurkan, A. O. Kostenko, M. V. Biletskyi, V. M. Orel, L. A. Lopata / Damage Development in a Cellular Axisymmetric Tank Additive-Manufactured from Plastic Filament. Part 2. Experimental Studies of Damage to Cellular Shell Systems and the Dependence of Strength Characteristics on Process Parameters // Strength of Materials. – 2024. – Vol. 56, Issue 4.
- 7. О. Саленко, А. Костенко, Д. Цуркан, А. Зінчук, М. Загірняк, В. Орел, Р. Аргат, І. Дерев'янка, О. Самусенко / Нова концепція FDM принтера для друку циліндричних деталей // Збірник тез доповідей ІТОНТ-2022. – 2022. – С. 133-136.
- 8. О. Ф. Саленко, В. М. Орел, Г. В. Габузян, А. Костенко, Д. Цуркан / Вплив температури екструдованого філаменту на параметри міцності тонкостінних виробів // Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта : збірник праць XXIII Міжнародної науково-технічної конференції. – Київ, 2023. – DOI: 10.20535/2409-7160.2023.XXIII.278904
- 9. А. О. Костенко, О. Ф. Саленко / Безелектрична металізація виробів отриманих FDM друком // Інновації молоді в машинобудуванні : збірник праць. – 2024.
- 10. Д. Ю. Джулій, В. М. Орел, А. Ю. Гаврушкевич, А. О. Костенко, О. Ф. Саленко, К. В. Аврамов / Формування тонких стінок у виробках інженерного призначення FDM принтингом // Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта : збірник праць XXVI Міжнародної науково-технічної конференції. – Київ, 2024. – С. 159.
- 11. W. Alnusirat, O. Ф. Саленко, А. О. Костенко, Д. О. Цуркан, В. М. Орел / Формування тонких стінок FDM-друком та зв'язок шорсткості поверхні з характеристиками міцності стінок // Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика : матеріали 25-ї Міжнародної науково-практичної конференції (22-26 вересня 2025 р.). – Київ : АТМ України, 2025. – С. 3-7.
- 12. А. О. Костенко, О. Ф. Саленко / FDM-друк: дефектність виробів як обмежуючий чинник інженерного застосування. Критичний огляд // Інновації молоді в машинобудуванні : збірник праць. – 2025.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: збільшення обсягів виробництва; економія матеріалів

Охоронні документи на ОПІВ:

Наукові відкриття

1) встановлено, що механічне оброблення, направлене на зняття поверхневого шару отриманих методом FDM-заготовок, здатне поліпшити механічні властивості готового виробу за рахунок зменшення кількості поверхневих дефектів та місць утворення концентраторів напружень, спроможних спровокувати руйнування під дією експлуатаційних навантажень; 2) показано, що модифікація поверхневого шару пов'язана з процесами стружкоутворення від дії різального клину в умовах виникаючого динамічного теплового впливу; в результаті відокремлення поверхневого шару відбувається зниження шорсткості поверхні, поліпшується точність взаємного розташування поверхонь та виконуваних розмірів, знижуються залишкові напруження; 3) набула подальшого розвитку теорія квазікрихкого руйнування виробів, отриманих FDM, що являють собою нещільні шарувато-порожнисті структури. Для неармованих пластиків типу PLA, ABS критерієм прогнозування властивостей постає КІН, який визначається не тільки умовами відтворення виробу, а й наступним його постобробленням

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Саленко Олександр Федорович
2. Oleksandr Salenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.03.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5685-6225

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пермяков Олександр Анатолійович
2. Oleksandr A. Permyakov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.02.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9589-0194

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дмитрієв Дмитро Олексійович

2. Dmytro Dmytriev

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.03.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8200-351X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Херсонський національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 05480298

Місцезнаходження: Бериславське шосе, Херсон, 73008, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тимошенко Олександр Вікторович

2. Oleksandr V. Tymoshenko

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.02.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0226-3755

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Воронцов Борис Сергійович
2. Borys S. Vorontsov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.03.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1174-0971

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Сокольський Олександр Леонідович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Сокольський Олександр Леонідович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Костенко Антон Олександрович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна