

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ  
3D-ДРУКУ В ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*В даній статті проведено аналіз сучасного стану легкої промисловості та перспективи її розвитку за допомогою новітніх технологій. Розглянуто області застосування технології 3d-друку у різних галузях промисловості та приведені характерні напрямки її застосування в легкій промисловості, зокрема під час виготовлення одягу і взуття та деталей в галузевому машинобудуванні.*

*Ключові слова: легка промисловість, 3d-технологія, 3d-друк, 3d-принтер, полімерні матеріали.*

P.F. ZOZULIA, O.S. POLISCHCHUK, A.O. POLISCHUK  
Khmelnytsky National University

**PERSPECTIVES FOR THE USE OF 3D-PRINT TECHNOLOGY IN THE LIGHT INDUSTRY**

*In this article an analysis of the current state of light industry and the prospects for its development with the help of the latest technologies are conducted. Areas of application of technology of 3d-printing in different industries are considered and the characteristic directions of its application in light industry are given, in particular in the manufacture of clothes and footwear and details in branch engineering. Also, thanks to 3D printing, experts in various fields will be able to explore the market as effectively as possible, arming with ready-made prototype prototypes of products, and also create several variations of prototypes of the same product at once. The analysis of recent researches and publications has been carried out.*

*Key words: light industry, 3d-technology, 3d-printing, 3d-printer, polymer materials.*

**Вступ**

Легка промисловість – галузь української економіки з нелегкою долею. В радянський час вона ніколи не знаходилася в числі пріоритетних галузей, а на початку 90-х років двадцятого століття виробництво впало в декілька разів. На даний час почалося її поступове відновлення за рахунок появи малих та середніх підприємств по виробництву одягу, взуття і аксесуарів, що знайшли свою нішу на ринку. Для того щоб в майбутньому добитися значного успіху підприємствам легкої промисловості необхідно вгадувати тренди світової моди і засвоювати сучасні технології та обладнання.

Які тренди будуть визначати розвиток галузі в найближчі роки? Проходить заміщення вартісних тканин з натуральної сировини (льону, бавовни, вовни і інших) на нові синтетичні матеріали. Крім цього зростає попит на високотехнологічні «розумні тканини», наприклад, на тканини, що самоочищаються, світяться, акумулюють сонячну енергію тощо.

Ще один тренд – персоналізація одягу і розвиток малих виробництв з використанням 3D-друку. Застосування 3D-друку при виготовленні одягу та взуття дасть змогу вивести швейну і взуттєву промисловість на новий рівень.

3D-друк – це одна з найбільш революційних технологій нашого часу та одна з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу. 3D-принтери, як правило, швидші, більш доступні і прості у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва. 3D-принтери пропонують розробникам продуктів можливість друку деталей і механізмів з декількох матеріалів та з різними механічними і фізичними властивостями за один процес складання.

Технології 3D-друку завойовують світ і це справжня науково-технічна революція, яка відбувається на наших очах. Дивлячись на швидкість втілення в повсякденне життя ідей, ще недавно фантастичних, таких, як виготовлення способом об'ємного друку протезів кистей рук людини, вже не тільки футурологи, а й фахівці впевнено кажуть про прийдешні значні зміни в житті людського суспільства. 3D-друк часто називають «магічною» технологією. Ви розробляєте щось у CAD, запускаєте на друк, і через кілька хвилин постає повністю сформований об'єкт. У реальності 3D-процес друку вимагає багато ручної праці. Величезна кількість попередньої підготовки і подальшої обробки необхідна для якості надрукованої деталі [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

З 2003 року спостерігається значне зростання продажу 3D-принтерів. Крім того, вартість їх вартість суттєво знизилася та розширилася область застосування.

Принцип роботи 3D-принтера залежить від того, яка технологія в ньому реалізована: FDM, SLS, SLA, LOM, SGC, PolyJet, DODJet або Binding powder by adhesives. Найпопулярнішою є технологія FDM-друку. Принтер з технологією FDM-друку використовує для роботи тонкі полімерні нитки діаметром 1,75 мм. Такі нитки найчастіше виготовляються з пластика PLA або ABS.

3D-принтер – пристрій, що використовує метод створення фізичного об'єкта на основі віртуальної 3D-моделі. Процес друку починається з моделювання виробу в графічних програмних середовищах, що дозволяють створювати 3D-моделі. Прикладом може бути програмний продукт Solid Works. Створена цифрова версія в програмі для 3D-моделювання завантажується в спеціальну програму для генерування G-коду, яка ділить об'єкт на тонкі горизонтальні шари і формує ланцюг команд, зрозумілих принтеру. Готовий об'єкт відправляється на друк.

3D-принтер формує фізичні об'єкти пошарово, видавлюючи на робочу платформу тонку цівку розплавленого матеріалу. Принтер переміщує екструдер в точній відповідності з цифровою моделлю, тому надрукований фізичний об'єкт повністю відповідає своєму віртуальному прообразу. Екструдер принтера, з якого видавлюється м'який пластик, переміщується під час роботи над нерухомою робочою платформою.

Процес друку починається з нижнього шару, після чого принтер наносить наступний шар поверх першого. Розплавлений пластик, потрапляючи в робочу зону, дуже швидко охолоджується і твердне.

Щоб об'єкт не деформувався під час друку, 3D-принтер друкує підтримуючі конструкції. Вони друкуються не завжди, а лише в тому випадку, якщо в конструкції об'єкта є порожнечі або нависають деталі. Після закінчення друку структури підтримки можна легко видалити вручну або зрізати гострим лезом або ножем.

В багатьох галузях народного господарства практичне використання 3D-друку вже не викликає сумнівів. Прикладом застосування може бути: медицина, машинобудування, радіотехніка та електроніка, архітектура, автомобілебудування тощо. За допомогою 3D-принтерів можна надрукувати меблі, музичні інструменти, засоби пересування, продукти харчування, будинки і навіть живі людські органи і тканини тощо.

Проаналізувавши застосування 3D-принтерів в різних галузях промисловості можна зробити висновок, що найбільший потенціал 3D-принтери мають у виробництві промислових виробів. Тому 3D-друк має перспективи застосування і у легкій промисловості.

Деякі існуючі витратні матеріали для 3D-друку цілком придатні для виготовлення одягу, білизни та їх елементів. Але їх асортимент постійно поповнюється. З'являються матеріали з необхідними технічними параметрами.

3D-принтери з технологією 3D-друку поступово освоюють сферу виробництва одягу, і в першу чергу, виробництво моделей для високої моди. На подіумах світу з'являються колекції одягу відомих модельєрів, які свої моделі створили за допомогою 3D-друку, або інтегрували в одяг функціональні 3D-друковані компоненти.

Також технологія 3D-друку дозволяє використовувати для виготовлення одного предмета одягу кілька різних матеріалів. Такий підхід дозволяє вирішити проблеми, пов'язані з міцністю і еластичністю речей, що виготовляються.

3D-технології при виробництві взуття – в останній час новини ряснують подібними заголовками, причому фігурують в них такі відомі всьому світу бренди, як Nike, Adidas, Reebok.

Фірма «Adidas» запустила виробництво кросівок з надрукованою на 3D-принтері підшовою. Крім цього вона планує використовувати 3D-принтер для виробництва нових моделей кросівок, що може привести до зростання попиту на цей тип пристроїв зі сторони легкої промисловості.

Компанія «Reebok» планує у 2017 році відкрити нову фабрику в Лінкольні (США), де буде виробляти окремі деталі взуття за допомогою 3D-друку. Про це йдеться в повідомленні компанії. Розроблена «Reebok» методика передбачає створення задалегідь запрограмованого дизайну шар за шаром за допомогою розробленого концерном «BASF» матеріалу. 3D-друк дозволить знизити собівартість виробництва, оскільки підшва взуття буде друкуватися без використання прес-форми. 3D-друк відкриває абсолютно нові можливості для того, що можна створити і з якою швидкістю [2].

Існує багато і інших прикладів застосування 3D-принтерів при виготовленні компонентів для одягу і взуття.

### Перспективи для застосування

Розглянемо можливості застосування 3D-друку в легкій промисловості в майбутньому.

Застосування 3D-друку при виробництві одягу. Розглянемо можливі напрямки застосування 3D-друку в швейній промисловості.

1. Друк пластикової фурнітури і аксесуарів для виготовлення одягу. Дизайнери одягу розробляють трьохмірні моделі нових видів пластикової фурнітури, або аксесуарів, виготовляють за допомогою 3D-друку зразки, тестують їх, змінюють, що необхідно і цикл повторюється. Як тільки дизайнер одягу знаходить потрібну форму фурнітури, він відправляє її на виробництво.

2. Швидке виготовлення полімерної фурнітури чи аксесуару для одягу, що експлуатується при їх поломці чи втраті по прототипу існуючої. З часом можна оснастити швейні ательє 3D-принтерами, що пришвидшать ремонт одягу.

3. Створення одягу за індивідуальними параметрами замовника. Саме за допомогою 3D-сканування, алгоритмічного моделювання і 3D-друку кожна людина зможе замовити в магазині річ, що ідеально підходить її анатомічним особливостям. Дана адитивна технологія дасть можливість значно скоротити і автоматизувати сам виробничий цикл, а це в свою чергу приведе до економії часу та зменшення кількості працівників і кількості відходів.

Застосування 3D-друку при виробництві взуття. Розглянемо можливі напрямки застосування 3D-друку у взуттєвій промисловості.

1. Використання 3D-друку може здійснюватися безпосередньо в виробничому процесі. Дизайнери взуття розробляють трьохмірні моделі нових колодок, виготовляють за допомогою 3D-друку зразки, тестують їх, змінюють, що необхідно і цикл повторюється. Як тільки дизайнер взуття знаходить потрібну форму, він відправляє її на виробництво, де безпосередньо по цій моделі будують виробничу лінійку і передають у масове виробництво.

2. Друк пластикової фурнітури і аксесуарів для виготовлення взуття. Технологія виготовлення може бути аналогічною до технології виготовлення пластикової фурнітури і аксесуарів для одягу, описаної вище.

3. На сьогоднішній час виробництво взуття здійснюється стандартизовано через стандартну систему розмірів. Але проблема полягає в тому, що не має двох однакових ніг, навіть наші власні ноги не однакові. Самі передові кросівки від відомих світових брендів не вирішують проблему належної посадки і вирівнювання тіла від кісточок до колін, стегон і спини. Це значно збільшує ризик травм і хронічної м'язової і суглобної втоми. Тому використання 3D-сканування, алгоритмічного моделювання і 3D-друку при виготовленні взуття за заданими характеристиками, наприклад за необхідними характеристиками (по амортизації і відкату) для спортсменів легкоатлетів може вирішити дану проблему. Надруковані кросівки зможуть мати кращі характеристики в порівнянні з заявленими параметрами [3].

Сучасний одяг та взуття мають абсолютно негативний вплив на навколишнє середовище, оскільки їх велика кількість викидається щорічно на смітник (не утилізується), і це не говорячи ще про відходи швейних та взуттєвих підприємств. Використання в одязі та взутті, виготовлених методом 3D-друку біологічних витратних полімерів, що розкладаються через певний період часу, дозволить вирішити дану проблему. Також цю проблему частково може вирішити розробка 3D-принтерів, що використовуватимуть в якості витратних матеріалів при виготовленні виробів полімерні відходи швейних та взуттєвих підприємств.

Застосування 3D-друку в галузевому машинобудуванні. Розглянемо можливі напрямки застосування 3D-друку в обладнанні легкої промисловості.

1. Розробка та впровадження нових виробничих технологій та обладнання є важливим завданням для галузевого машинобудування в умовах стрімкої зростаючої конкуренції. Тому виникає необхідність в оперативному створенні та оцінці прототипів нової продукції. Для швидкого прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшої доробки. В деяких випадках вже на етапі проектування потрібно кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. В інженерії такий підхід здатний істотно знизити витрати у виробництві при освоєнні нової продукції. Для швидкого виготовлення окремих вузлів або деталей з різних матеріалів можна здійснити за допомогою 3D-друку. Це рішення економічно найбільш вигідно для дрібносерійного виробництва. Створення прототипів з частково або повністю прозорою структурою дає можливість оцінити роботу механізму «зсередини» і використовувати при доопрацюванні технологій і виробів [4].

Із застосуванням даної адитивної технології з'являється можливість створити необхідний прототип в найкоротші терміни. Важливим є те, що із отриманим прототипом можна провести необхідне тестування, перевірити його на відповідність усім параметрам і тим самим значно здешевити виробництво і уникнути можливих проблем в подальшому.

2. В існуючому обладнанні швейної та взуттєвої промисловості, наприклад в швейних машинах, використовується багато деталей виготовлених із полімерних матеріалів, наприклад шестерень, втулок, осей тощо. В процесі експлуатації вони можуть зламатися, зноситися, що приведе до поломки машини, або неякісного виконання технологічного процесу. У такому випадку 3D-принтер є ідеальним рішенням для того, щоб їх виготовити в одиничних екземплярах, коли придбання нових не можливе, або веде до великих витрат. 3D-принтер може легко надрукувати більшість з них. Для цього необхідно лише відсканувати дану деталь за допомогою 3D-сканера для створення копії деталі та підібрати пластик з необхідними властивостями. З часом можна оснастити сервісні центри з ремонту швейного устаткування та магазини з їх продажу 3D-принтерами, що пришвидшить ремонт даного обладнання.

3. Швидке створення за допомогою 3D-друку прес-форм для термопласт-автоматів із виготовлення деталей галузевого машинобудування. Виготовлення неметалевих прес-форм для лиття під тиском для термопласт-автоматів забезпечує ряд переваг. Актуальним це питання може бути і для литтєвих машин взуттєвого виробництва.

Можуть існувати і інші напрямки застосування 3D-принтерів при виготовленні одягу і взуття.

#### Висновки

Застосування технології 3D-друку в легкій промисловості – це величезний стрибок вперед, здатний вирішити низку проблем у легкій промисловості та підняти її на якісно новий рівень. Не залишається сумнівів, що впровадження даної технології для масового виробництва одягу і взуття є лише питанням часу. Тому всі наукові дослідження та розробки, що будуть проведені та здійснені в цьому напрямку є актуальними, матимуть елементи наукової новизни, а отримані результати та устаткування матимуть практичне застосування.

#### Література

1. Технічна творчість. Сучасні технології в механіці / укл. : Скиба М.Є., Поліщук О.С., Онофрійчук В.І. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – 214 с.
2. Reebok налагодить друк кросівок на 3D-принтері [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.rbc.ua/ukr/lnews/reebok-naladit-pechat-krossovok-3d-printere-1478088427.html>.
3. Принтер для печати обуви [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://3dmag.org/ru/blog/3d-printing/869.html>
4. Сучасні технології тривимірному друку в машинобудуванні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pmpapv.pp.ua/index.php?r=conference%2Fconference-article%2Fview&id=10>.

#### References

1. Tekhnichna tvorchist. Suchasni tekhnologii v mekhanitsi / uкл. : Skyba M.Ye., Polishchuk O.S., Onofriichuk V.I. – Khmelnytskyi : KhNU, 2016. – 214 s.
2. Reebok nalahodyt druk krosivok na 3D-printeri [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://www.rbc.ua/ukr/lnews/reebok-naladit-pechat-krossovok-3d-printere-1478088427.html>.
3. Prynter dlia pechaty obuvy [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://3dmag.org/ru/blog/3d-printing/869.html>
4. Suchasni tekhnologii tryvymirnoho duku v mashynobuduvanni [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://pmpapv.pp.ua/index.php?r=conference%2Fconference-article%2Fview&id=10>.

Рецензія/Peer review : 23.06.2017 р.

Надрукована/Printed : 12.09.2017 р.  
Рецензент: к.т.н., проф. Кармаліта А.К.