

НАДОПТА Т.А.¹, АНДРЕЄВА О.М.¹, КУНЦОВ О.Ю.¹, СКІДАН В.В.²

¹Хмельницький національний університет

²Київський національний університет технологій та дизайну

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ МОДУЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПРИНТІВ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Мета. Розробка алгоритмічного підходу до проектування геометричних цифрових текстильних принтів, що забезпечує безшовність рапорту через періодичну модель повтору та wrap-логіку та контроль якості композиції шляхом керування параметрами зображення з урахуванням технологічних обмежень цифрового друку.

Методи. Для реалізації алгоритмічного підходу до проектування геометричних цифрових текстильних принтів використано комплекс методів, що поєднують параметричне моделювання, графічну формалізацію та цифрову підготовку з урахуванням технологічних обмежень.

Результати. Запропоновано алгоритмічний підхід до проектування геометричних цифрових принтів, який базується на формалізації дизайну у вигляді системи параметрів і правил, що визначають структуру, ритм і повтор зображення. На відміну від традиційного ручного створення графічних макетів, алгоритмічне проектування передбачає генерацію принту на основі керованих змінних, серед яких ключовими є параметри рапорту, масштабу геометричних елементів і кольорних характеристик. Такий підхід дозволяє узгодити геометрію повтору з форматом полотна тканини, уникнути зсувів і візуальних стиків, а також адаптувати принт до розмірів лекал швейного виробу. Особливого значення набуває контроль кратності повтору відносно ширини тканини та розташування конструктивних ліній, що знижує ризик появи смуг і порушення ритму геометрії після розкрою та зшивання деталей.

Наукова новизна. Показано, що геометричні композиції у текстильних принтах характеризуються високою чутливістю до низки параметрів, які одночасно впливають як на естетичну якість, так і на технологічну відтворюваність. До них належать товщина ліній, крок і масштаб рапорту, контраст кольору, розмір рапорту та тип повтору. Їх систематизація дозволяє формалізувати критерії оцінювання якості принту ще на етапі цифрового проектування.

Практична значимість. Практична реалізація алгоритмічного підходу здійснена у векторному графічному середовищі Adobe Illustrator, яке забезпечує високу точність геометрії та можливість параметричного керування елементами принту. Наведені приклади геометричних принтів у Adobe Illustrator демонструють ефективність запропонованого алгоритмічного підходу та можливість реалізації безшовного повтору на основі wrap-логіки

Ключові слова: цифровий принт, рапорт; алгоритмічне проектування; геометричні текстильні принти, цифрове проектування, проектування fashion- виробів

A SYSTEMATIC APPROACH TO CREATING MODULAR GEOMETRIC TEXTILE PRINTS IN A DIGITAL ENVIRONMENT

NADOPTA T.¹, ANDREVA O.¹, KUNTSOV O.¹, SKIDAN V.²

¹Khmelnitskyi National University, Ukraine

²Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Purpose. *The development of an algorithmic approach to the design of geometric digital textile prints, ensuring seamless pattern repetition through a periodic repeat model and wrap logic, and enabling quality control of the composition by managing image parameters in accordance with the technological constraints of digital printing.*

Methodology. *The implementation of the algorithmic approach to designing geometric digital textile prints employs a combination of methods that integrate parametric modeling, graphical formalization, and digital preparation, taking into account the technological limitations of digital printing.*

Results. *An algorithmic approach to the design of geometric digital prints in a CAD environment is proposed, based on the formalization of design as a system of parameters and rules that define the structure, rhythm, and repetition of the image. Unlike traditional manual creation of graphic layouts, algorithmic design involves print generation driven by controlled variables, among which the key parameters are repeat (rapport), scale of geometric elements, and color characteristics. This approach makes it possible to align the geometry of repetition with the fabric format, avoid shifts and visible seams, and adapt the print to garment pattern dimensions. Of particular importance is the control of repeat multiplicity relative to fabric width and the placement of construction lines, which reduces the risk of stripe effects and rhythm distortion after cutting and assembly.*

Scientific novelty. *It is shown that geometric compositions in textile prints are highly sensitive to a number of parameters that simultaneously affect both aesthetic quality and technological reproducibility. These include line thickness, repeat step and scale, color contrast, repeat size, and repeat type. Their systematization allows the formalization of print quality evaluation criteria already at the stage of digital design.*

Practical value. *The practical implementation of the algorithmic approach is carried out in the vector graphic environment Adobe Illustrator, which provides high geometric accuracy and enables parametric control of print elements. The presented examples of geometric prints created in Adobe Illustrator demonstrate the effectiveness of the proposed algorithmic approach and the feasibility of seamless repetition based on wrap logic.*

Keywords: *digital print; pattern repeat; algorithmic design; geometric textile prints; digital engineering; fashion design*

Вступ. Пріоритетними напрямками розвитку fashion-індустрії є формування інноваційного зростання внутрішнього ринку модних виробів і послуг, а також зміцнення конкурентоспроможних позицій вітчизняних виробників на зовнішніх ринках. Це, передусім, передбачає перехід до використання передових цифрових технологій, сучасних методів проектування і конструювання виробів, зокрема, з текстильних матеріалів, а також створення та впровадження систем обробки великих масивів даних, технологій машинного навчання і штучного інтелекту у процеси проектування, прогнозування та виробництва fashion-виробів.

Нові форми організації виробництва виробів

індустрії моди, котрі орієнтовані на гнучкість та цифровізацію, зумовлюють підвищення рівня якості та конкурентоспроможності виробів на усіх етапах виробництва. Водночас традиційні процеси виробництва в умовах сучасної економіки та динамічних змін споживчого попиту не дозволяють у стислий термін забезпечувати стабільно високі показники якості готової продукції.

Інтеграція передових технологій у виробничі процеси, розширення асортименту текстильних матеріалів, що застосовуються в сучасних виробках, а також активне впровадження геометричних цифрових принтів для текстилю потребують розроблення та впровадження актуальних

науково обґрунтованих підходів до процесу підбору матеріалів для виробів. Використання цифрового друку з геометрично структурованими орнаментальними композиціями дозволяє не лише розширити художньо-естетичні можливості виробу, а також цілеспрямовано впливати на візуальне сприйняття форми, пропорцій та тектоніки.

Особливої актуальності зазначені підходи набувають на стадії проектування, де закладаються ключові характеристики якості майбутніх виробів, котрі необхідні для забезпечення їх надійності та довговічності.

Цифровий текстильний друк суттєво трансформував підходи до створення та реалізації принтів у сучасних fashion-виробах. Якщо в традиційних технологіях принт здебільшого розглядався як завершене зображення, призначене для безпосереднього відтворення на матеріалі, то в умовах цифрового виробництва він стає складовою комплексного цифрового процесу та передбачає узгодження дизайнерських, технологічних і матеріалознавчих параметрів. Зокрема, на етапі підготовки необхідно враховувати колір, масштабування, розмір і структуру рапорту, а також технологічні параметри друку, які залежать від типу обладнання та властивостей текстильного субстрату [1-3]. Сучасні технології цифрового текстильного друку реалізують послідовну логіку переходу від цифрового файлу (графічного або CAD-формату) до відтворення зображення на тканині з урахуванням фізико-хімічних характеристик матеріалу та налаштувань друкарської системи. У цьому контексті істотно зростає роль комп'ютерного проектування, контролю параметрів повтору (рапорту) та систем керування кольором. Навіть незначні відхилення, допущені на етапі цифрової підготовки, можуть проявлятися у вигляді дефектів на великій площині полотна, порушення цілісності орнаментальної структури або нестабільності кольорних характеристик готового виробу [2, 4-6]. Додатковим чинником є властивості текстильного матеріалу - фактура поверхні, ступінь поглинання барвника та особливості взаємодії системи «колір - матеріал», які безпосередньо впливають на чіткість контурів і сприйняття контрасту, особливо у випадку регулярних геометричних композицій [5, 6].

Паралельно з розвитком цифрового друку зростає попит на варіативність і персоналізацію: на практиці часто потрібна не одна композиція, а серія узгоджених рішень для колекції, причому в стислий термін. У такій ситуації ручне "перемальовування"

кожного варіанта стає вузьким місцем, тому доцільно переходити до параметричного підходу, коли дизайн описується набором правил і контрольованих параметрів. Для геометричних принтів особливо важливим є керування регулярністю та уникнення небажаної періодичності; зокрема, використання принципів blue-noise розподілу дозволяє зменшувати ризик смугастості та повторюваних артефактів при генерації варіантів і повторенні структури [7]. Разом із тим, швидка генерація сама по собі не вирішує виробничих задач - потрібні критерії, за якими можна відбирати варіанти, і зрозумілий алгоритм підготовки макета до друку з контролем ключових параметрів (повтор, масштаб, товщина лінії, контраст тощо) [4-6].

Постановка завдання. Постановка завдання полягає в обґрунтуванні та описі алгоритмічного підходу до проектування геометричних цифрових принтів для текстилю, за якого безшовність рапорту забезпечується на основі періодичної моделі повтору та wґар-логіки, а якість принта контролюється шляхом керування параметрами композиції з урахуванням технологічних обмежень цифрового текстильного друку.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- окреслити типові проблеми підготовки геометричних принтів до цифрового текстильного друку;
- систематизувати ключові параметри геометричного принта та показати їхній вплив одночасно на дизайнерське сприйняття і на технологічну відтворюваність;
- обґрунтувати доцільність алгоритмічного формату роботи в CAD/векторному середовищі (зокрема, для керування повтором, масштабом і товщиною лінії без втрати геометричної точності);
- запропонувати узагальнену послідовність проектування: від вибору типу структури та налаштування параметрів - до перевірки безшовності, підготовки файлу та контролю друкарських ризиків;
- продемонструвати роботу алгоритмічного підходу на прикладах геометричних рапортів.

Аналіз досліджень та публікацій. Наукові роботи [8-11] формують методичну основу генеративного конструювання структур з контрольованою регулярністю. Натомість [12-16] репрезентують прикладний блок

досліджень, присвячених цифровому друку на текстильних матеріалах, охоплюючи етапи технологічної підготовки файлів, особливості взаємодії барвників із волокнистою основою, а також питання якості, стабільності та експлуатаційної надійності зображення на тканині. У контексті комплексного цифрового проєктування геометричних принтів ці два напрями досліджень доцільно розглядати як взаємодоповнювальні складові єдиного процесу. У роботі [8] розглянуто принципи поширення похибок у структурі blue-noise, що дозволяє перерозподіляти регулярні компоненти помилки таким чином, аби мінімізувати їх візуальну "читаність" у вигляді смуг і повторюваних артефактів. Хоча постановка задачі належить до екранного простору комп'ютерної графіки, методична цінність для дизайну геометричних принтів є очевидною: саме регулярні, частотно виражені компоненти у повторюваних структурах породжують небажані інтерференційні ефекти (смуги, "шпалерність", ритмічні дефекти). Отже, підхід blue-noise можна інтерпретувати як наукове обґрунтування для введення контрольованої нерегулярності при розміщенні елементів і, відповідно, для зменшення ризику періодичної артефактності при багаторазовому повторенні тайла (тайли (від англ. tile - «плитка») - це маленькі фрагменти однакового розміру, з яких складаються великі зображення, карти або рівні у відеоіграх, утворюючи сітку, що імітує безшовне зображення).

Дослідження Cavalier, Gilet, Ghazanfarpour [9] присвячене процедурному синтезу деталей поверхні на основі локального "spot noise". На рівні принципів це демонструє, що процедурні моделі здатні не лише імітувати текстурність, а також забезпечувати керований спектр локальних варіацій, який не руйнує цілісність структури. У застосуванні до текстильних принтів така логіка є продуктивною для побудови хвильових, ізолінійних, градієнтних або квазірегулярних геометрій, коли параметри генератора (частота, амплітуда, порогові значення, правила накладання) дозволяють отримати серію узгоджених варіантів без ручного відтворення кожного з них.

Аналіз [10] систематизує підходи до керування властивостями Voronoï-тесселяції та близьких біоміметичних структур. Для задачі геометричних принтів важливо, що Voronoï/CVT забезпечує проміжну область між строгими сітками та органічними розбиттями: можна регулювати регулярність комірок, їх дисперсію, анізотропію, рівень "вирівнювання" або, навпаки, варіативність. Це

дає можливість формалізувати композиційні рішення через параметри генератора (щільність, правила релаксації, обмеження на розміри клітин), а не через одиничний ручний мотив, що особливо актуально для серій принтів із заданою стилістичною єдністю.

Запропоновано [11] процес заповнення площини або поверхні фігурами (найчастіше багатокутниками) без проміжків і перекриттів, що створює гармонійні візерунки, тобто тесселяційним підходам у текстильному дизайні та демонструє можливість забезпечення повторюваності орнаменту не шляхом подальшого коригування меж рапорту, а на основі формалізованих геометричних правил побудови структури. У межах такого підходу тесселяція виступає конструктивною основою повтору, за якої сумісність меж тайла є прямим наслідком обраної геометричної моделі, а не результатом ручної «підгонки».

Для геометричних принтів це має принципове значення, оскільки дозволяє знизити ймовірність виникнення стиків і візуальних розривів при багаторазовому повторенні зображення. Крім того, тесселяційна модель забезпечує прогнозований ритм і модульність композиції, що легко піддаються параметричному керуванню за такими показниками, як масштаб, крок повтору, тип симетрії та варіативність елементів. Це створює передумови для комплексного проєктування принтів, орієнтованого на стабільну технологічну реалізацію в цифровому текстильному друку.

У [12] переносить акцент із генерації патерна на його поведінку в експлуатації, аналізуючи зносостійкість зображень на трикотажних полотнах при застосуванні різних способів друку. Для геометричних принтів це має пряме прикладне значення: лінійна графіка та дрібні елементи є найбільш чутливими до втрати чіткості, розривів контуру та загального "падіння" читабельності в процесі використання. Звідси випливає методичний висновок: параметри дизайну, насамперед товщина лінії та щільність контурів, мають обиратися з урахуванням матеріалу та технології нанесення, а не тільки з композиційних міркувань. У публікації [13] цифровий текстильний друк подається як технологічний процес, у якому файл принта є елементом виробничого ланцюжка, а не "самодостатнім" зображенням. Практична цінність полягає в аналізі критичних місць цифрової підготовки: масштаб, повторюваність, коректність рапорту,

узгодження параметрів макета з відтворенням. Автори [14] розглядають декоративне оздоблення як систему художньо-композиційних засобів у дизайні одягу та підкреслюють роль інноваційних технологій у формуванні сучасних практик. У контексті геометричних принтів це важливо тим, що ритм, модульність, доміанти та масштабність виступають не лише декоративними характеристиками, а інструментами, які впливають на сприйняття форми та цілісність образу. Відтак параметричне керування геометрією принта можна обґрунтувати як спосіб системного проєктування композиційних ознак, необхідних для серійних колекційних рішень.

Робота [15], присвячена термотехнологіям принтування, акцентує на тому, що відтворення графіки залежить від режимів перенесення/закріплення, які можуть змінювати різкість меж, стабільність тону та локальну деталізацію. Для геометричних принтів це означає підвищені вимоги до технологічної перевірки: навіть за коректної математичної безшовності рапорту результат може втрачати "чистоту" лінії через вплив фіксації, фактури матеріалу та технологічних налаштувань.

Дослідження [16] розглядає якість друкованих зображень на трикотажі як комплекс показників, що залежить від способу нанесення та властивостей субстрату. Методично важливим є те, що така постановка підводить до багатокритеріального розуміння якості: чіткість, рівномірність, стабільність відтворення і відсутність дефектів не зводяться до однієї характеристики. Це узгоджується з доцільністю використання системи критеріїв для ранжування варіантів геометричних принтів, коли вибір кращого рішення спирається не тільки на візуальне враження, а на сукупність вимірюваних показників.

З огляду на вище проведений аналіз наукових робіт, підтверджується необхідність розробки підходу до проєктування геометричних цифрових принтів для текстилю, де генерація серії варіантів доповнюється контролем критичних параметрів і процедурою оцінювання якості з урахуванням вимог цифрового текстильного друку.

Результати дослідження та обговорення. Сучасні технології цифрового текстильного друку зумовлюють необхідність переходу від статичного проєктування принтів до алгоритмічного підходу, який дозволяє керувати параметрами зображення на етапі цифрової підготовки. У межах проєктування

fashion-виробів це набуває особливої актуальності, оскільки геометричний принт взаємодіє не лише з матеріалом, але також з конструкцією виробу, формою деталей та технологією виготовлення.

З огляду на це, авторами запропоновано алгоритмічний підхід до проєктування геометричних принтів у цифровому середовищі, котрий базується на формалізації дизайну у вигляді системи параметрів і правил, що визначають структуру, ритм та повтор зображення. На відміну від традиційного ручного створення макетів, алгоритмічне проєктування передбачає генерацію принту на основі заданих змінних, серед яких ключовими є параметри повтору (рапорту), масштабу елементів і колірних характеристик.

Контроль параметрів повтору забезпечується шляхом побудови принту у вигляді модульної структури з чітко визначеними межами тайла. У цифровому середовищі це дозволяє узгодити геометрію повтору з форматом полотна, уникнути зсувів і візуальних стиків, а також адаптувати принт до розмірів лекал швейного виробу. Особливо важливим є контроль кратності повтору відносно ширини тканини та розміщення конструктивних ліній, що знижує ризик появи смуг або порушення ритму геометрії після розкрою та зшивання деталей.

Масштабування геометричних елементів у межах алгоритмічного підходу розглядається як керований параметр, який може змінюватися без порушення цілісності композиції. Це дає змогу адаптувати один і той самий базовий алгоритм принту до різних типів швейних виробів - від дрібнодеталізованих елементів одягу до великих площин полотна. У такий спосіб масштаб принту узгоджується з антропометричними особливостями, конструктивними зонами виробу та вимогами візуального сприйняття.

Керування кольором у межах алгоритмічного проєктування передбачає використання параметричних колірних схем і контроль взаємодії «колір - матеріал - технологія друку». У цифровому середовищі це реалізується через задання фіксованих або змінних палітр, обмеження контрастності та врахування особливостей відтворення кольору на конкретному виді тканини. Такий підхід зменшує ризик нестабільності кольору та втрати чіткості геометричних контурів після цифрового друку.

Як відомо, геометричні композиції в текстильних принтах характеризуються

високою чутливістю до декількох ключових параметрів, які одночасно визначають естетичну якість та технологічну відтворюваність. Нижче наведено їхню систематизацію (Таблиця 1).

впливає на візуальне сприйняття та естетичну якість швейного виробу. Для забезпечення бездоганної періодичності запропоновано використовувати wgar-логіку (логіка обертання або переносу), яка формалізує алгоритм

Таблиця 1

Систематизація параметрів текстильних принтів

Параметр	Вплив на дизайнерське сприйняття	Вплив на технологічну відтворюваність
Товщина лінії	Впливає на чіткість контурів, сприйняття ритму та структури орнаменту	Тонкі лінії можуть «розтікатися» при друку, товсті – втрачати деталізацію при зменшенні масштабу
Крок / Масштаб рапорту	Визначає ритміку повтору, відчуття симетрії та пропорцій	Некоректний масштаб може призводити до порушення wgar-логіки та розривів на межах тайлів
Контраст кольору	Підкреслює або приглушує окремі елементи, формує візуальну ієрархію	Надмірний контраст може викликати нестабільність кольору через властивості тканини та поглинання барвника
Розмір рапорту (мм)	Визначає частоту повтору орнаменту, сприйняття деталізації	Занадто великий рапорт складно коректно розташувати на вузьких тканинах, занадто малий – загублюється деталь
Тип повтору (тайл, mirror, offset тощо)	Формує характер повторюваної структури, впливає на ритм та динаміку композиції	Некоректний тип повтору призводить до видимих швів, розривів або перекосів орнаменту

У процесі проєктування швейних виробів із застосуванням цифрового текстильного друку особливого значення набуває використання векторних графічних середовищ, зокрема Adobe Illustrator, які забезпечують високу точність геометрії та можливість параметричного керування елементами принту. Алгоритмічний підхід у цьому контексті передбачає формалізацію процесу створення геометричного принту у вигляді послідовності дій та контрольованих параметрів, що дозволяє узгодити дизайн із технологічними вимогами друку та конструкцією виробу.

Запропоновано, рапорт у цифровому текстильному друку визначати як цифрову періодичну структурну одиницю зображення, що повторюється в обох напрямках полотна, формуючи безшовну візуальну композицію. Він являє собою основну геометричну або орнаментальну структуру, що закладає регулярність та цілісність декоративного малюнка на тканині. Параметри рапорту, такі як розмір, пропорції, розташування елементів і симетрія, визначають спосіб повторення та суміщення тайлів, що критично

коректного суміщення крайових елементів рапорту при багаторазовому повторенні тайлів. Основне правило wgar-логіки полягає в тому, що елементи, що перетинають межі тайла, «виходять» на протилежний край, зберігаючи безперервність форми та узгодженість орнаменту. Простими словами, елемент, який «завершується» праворуч або знизу тайла, автоматично продовжується зліва або зверху відповідного сусіднього тайла.

Аналогічно цей процес можна описати як відображення координат елементів, що перетинають межі тайла, на протилежний край у межах періодичної системи координат

$$(x, y) \in \text{межі тайла} \Rightarrow \begin{cases} x' = x \bmod W \\ y' = y \bmod H \end{cases} \quad (1)$$

де W та H - ширина і висота рапорту, а x' і y' - координати елемента після переносу на протилежний край. Таким чином, елементи, що перетинають межі тайла, продовжуються на протилежному боці, зберігаючи безперервність форми та узгодженість орнаменту.

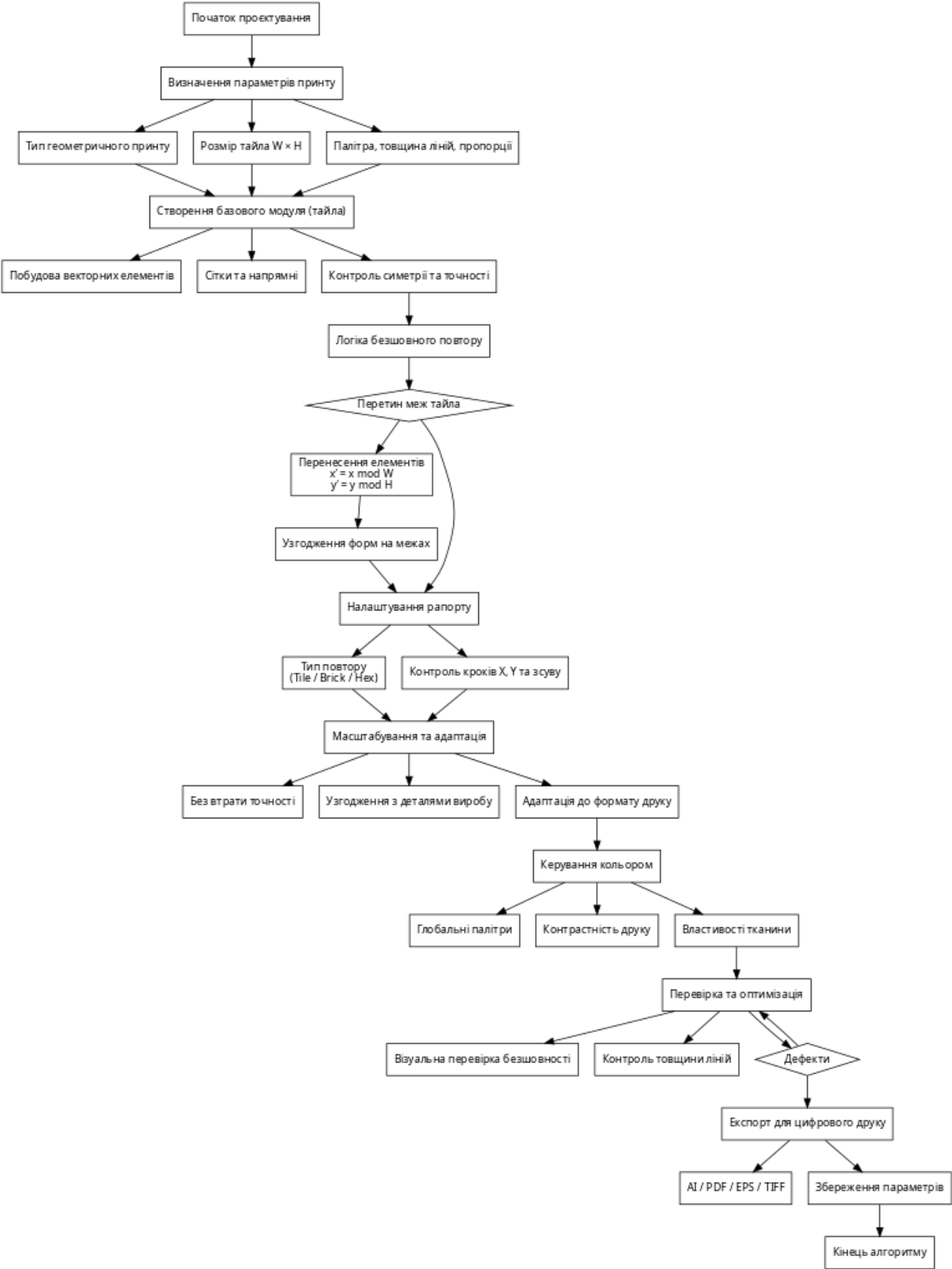


Рис. 1. **Алгоритмічна схема проектування геометричного принту для цифрового текстильного друку в цифровому середовищі**

Таким чином, елементи, що перетинають межі тайла, продовжуються на протилежному боці, зберігаючи безперервність форми та узгодженість орнаменту. В практичному аспекті, wrap-логіка забезпечує візуальну цілісність - безшовне повторення елементів рапорту на великій площині; технологічну точність - врахування фізико-хімічних властивостей тканини при друці; регулярність геометричних принтів - контроль співвідношення кроку, товщини ліній та стикування тайлів.

Встановлено, що у процесі створення швейних виробів із застосуванням цифрового текстильного друку особливого значення набуває використання векторних графічних середовищ, зокрема Adobe Illustrator, які забезпечують високу точність геометрії та можливість параметричного керування елементами принту [17]. Алгоритмічний підхід у цьому контексті передбачає формалізацію процесу створення геометричного принту у вигляді послідовності дій та контрольованих параметрів, що дозволяє узгодити дизайн із технологічними вимогами друку та конструкцією виробу.

Початковим етапом алгоритмічного проєктування є створення базового модуля (тайла) принту у векторному форматі. У середовищі Adobe Illustrator це реалізується шляхом побудови геометричних елементів із використанням сіток, напрямних та точних числових значень координат. Такий підхід забезпечує геометричну коректність форми та мінімізує накопичення похибок, які особливо помітні у регулярних структурах.

Контроль параметрів повтору здійснюється за допомогою інструментів Pattern Options, що дозволяють точно задавати тип повтору, кроки по осях X та Y, перекриття та зміщення модулів. При цьому всі параметри повтору визначаються чисельно та можуть бути швидко змінені без втрати цілісності композиції. Це дає змогу адаптувати принт до ширини тканини, формату друку та розміщення лекал швейного виробу, зменшуючи ризик появи видимих стиків або смуг після розкрою.

Масштабування геометричного принту реалізується як керований параметр, що не впливає на якість зображення завдяки векторній природі графіки. Зміна масштабу може здійснюватися як на рівні окремих елементів, так і на рівні всього модуля

повтору. Це дозволяє узгоджувати масштаб принту з розмірами деталей швейного виробу, антропометричними зонами та дизайнерським задумом, не створюючи додаткових макетів для кожного варіанта.

Керування кольором у межах алгоритмічного підходу базується на використанні обмежених палітр, глобальних зразків (Global Swatches) та перевірки кольорових значень відповідно до вимог цифрового текстильного друку. У Adobe Illustrator це забезпечує можливість одночасної корекції кольору всіх елементів принту шляхом зміни параметрів одного зразка, що критично важливо для підтримання стабільності кольору в серії швейних виробів. Крім того, векторний формат дозволяє контролювати товщину ліній, що безпосередньо впливає на чіткість геометричних контурів після друку на тканинах.

На рисунку 1 представлено розроблену алгоритмічну схему проєктування геометричного текстильного принту в цифровому середовищі, що базується на параметричному керуванні структурою, масштабом, повтором і колірними характеристиками зображення. Як слідує з рисунка 1, схема включає етапи задання початкових параметрів принту (тип геометрії, розміри тайла, палітра та пропорції), створення базового модульного елемента, реалізацію логіки безшовного повтору з контролем перетину меж тайла, а також налаштування типу рапорту та його кратності. Подальші етапи передбачають масштабування та адаптацію принту до конструкції швейного виробу і формату цифрового друку, параметричне керування кольором з урахуванням властивостей матеріалу та технології друку, перевірку геометричної цілісності й оптимізацію товщини ліній. Завершальним етапом є експорт файлу у форматі, придатні для цифрового текстильного друку, зі збереженням параметрів кольору та рапорту.

Нижче наведено розроблені приклади геометричних принтів у Adobe Illustrator, які демонструють алгоритмічний підхід і застосування wrap-логіки (рис.2-4).

Отже, з вище зазначеного слідує, що застосування алгоритмічного підходу на етапі проєктування швейних виробів дозволяє сформувати не окремий принт,

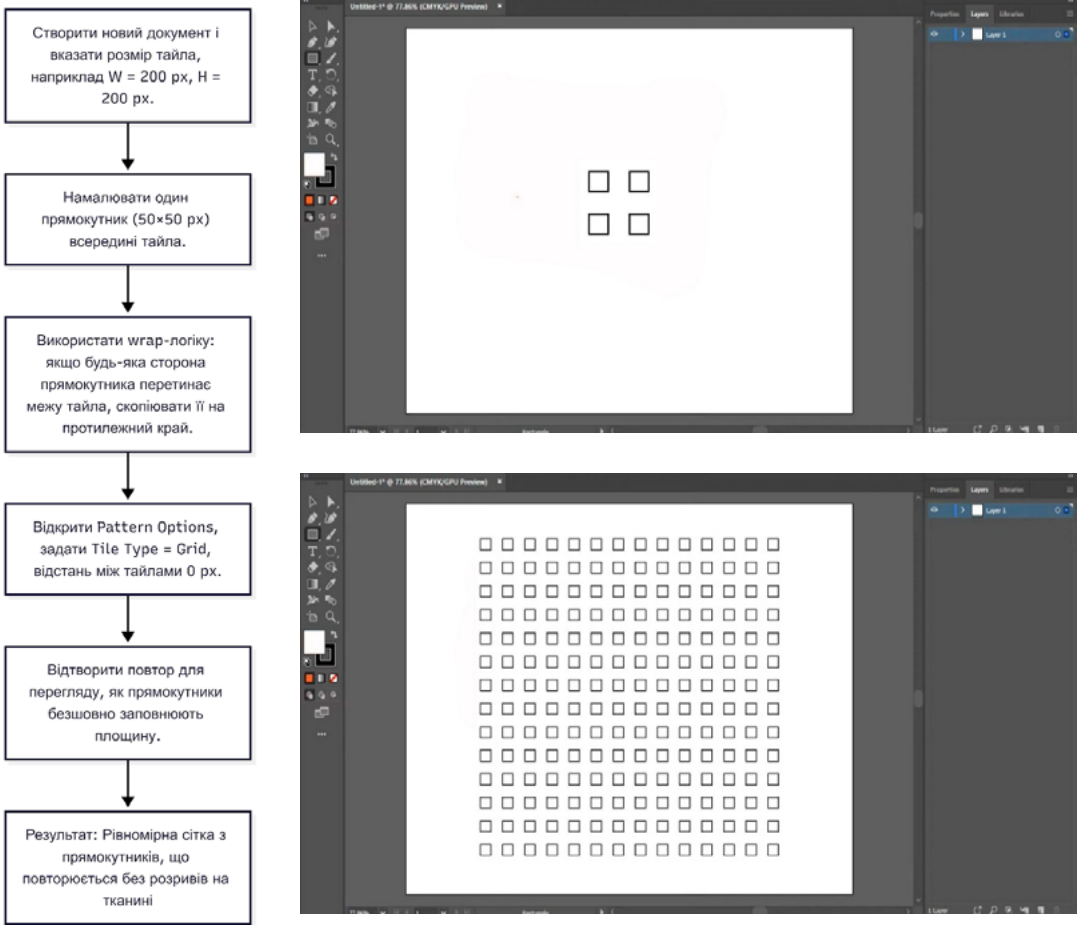


Рис. 2. Алгоритм побудови квадратного рапорту з прямокутними елементами

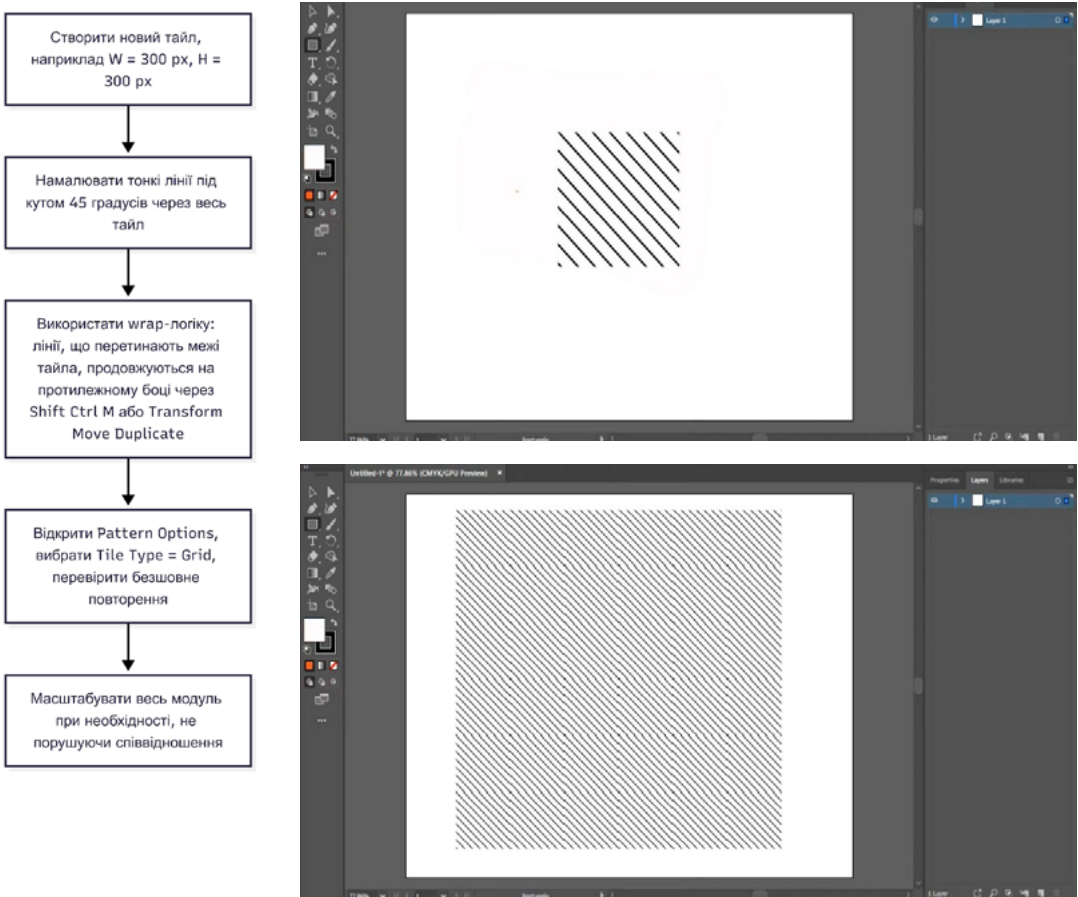


Рис. 3. Алгоритм побудови геометричного принту з діагональними лініями

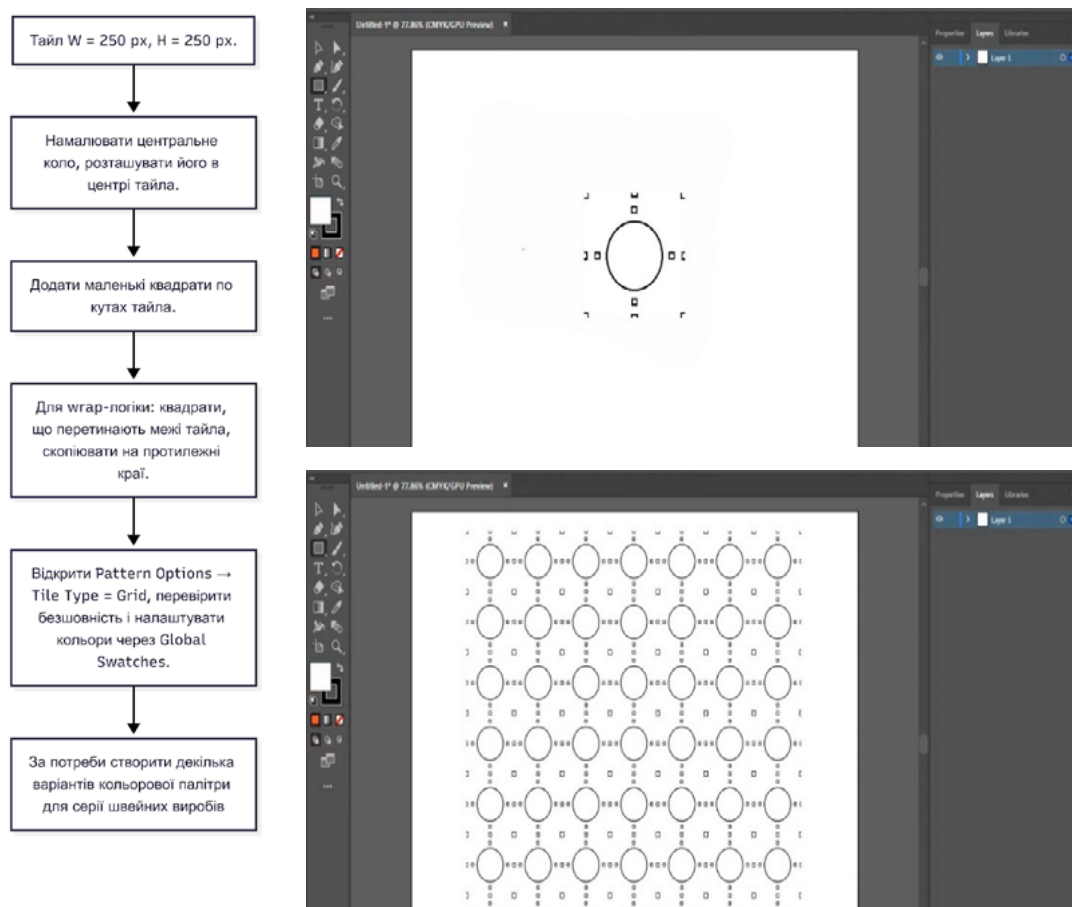


Рис. 4. Алгоритм побудови орнаментального рапорту з колами та елементами «пелюстки»

а узгоджену серію варіантів, об'єднаних єдиною структурною логікою. Це відповідає сучасним вимогам індустрії моди щодо варіативності, персоналізації та скорочення термінів підготовки колекцій. Таким чином, алгоритмічне проєктування геометричних принтів виступає ефективним інструментом інтеграції дизайну та технології цифрового текстильного друку у процес створення швейних виробів.

Висновки. Запропоновано розглядати модель рапорту, як періодичну структуру з тороїдальними граничними умовами, що забезпечує безшовність повтору та зменшує ризик появи видимих стиків і смуг у геометричних принтах.

Визначено та систематизовано критичні параметри геометричного принта, які найбільше впливають на якість: товщина лінії, крок/масштаб модуля, контраст, фізичний розмір рапорту та тип повтору. Показано, що

для геометричних композицій ці параметри мають подвійний ефект - композиційний і технологічний.

Описано практичний підхід підготовки принта до цифрового текстильного друку, де контроль рапорту, перевірка повтору та оцінювання якості є частиною послідовності проєктування, а не виконуються "в кінці" як окрема стадія.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з експериментальною перевіркою запропонованого підходу на різних типах тканин і для різних профілів друку, а також із більш глибокою автоматизацією підбору параметрів. Окремий практичний інтерес становить автоматичний вибір вагових коефіцієнтів для інтегральної оцінки та калібрування показника періодичної артефактності під конкретну друкарську машину й режим відтворення.

Список літературних джерел

1. Wang H., Memon H. (Eds.). Digital Textile Printing: Science, Technology and Markets. Woodhead Publishing (Elsevier), 2023. <https://doi.org/10.1016/C2022-0-01196-X>
2. Wang H., Memon H. Introduction to digital textile printing // Digital Textile Printing: Science, Technology and Markets / ed. H. Wang, H. Memon. Woodhead Publishing (Elsevier), 2023. P. 1–19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15414-0.00001-7>
3. Kumelachew D. M., Wagaye B. T., Adamu B. F. Digital textile printing innovations and the future // Digital Textile Printing: Science, Technology and Markets. 2023. P. 241–259. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15414-0.00006-6>.
4. Gooby B. The Development of Methodologies for Color Printing in Digital Inkjet Textile Printing and the Application of Color Knowledge in the Ways of Making Project // Journal of Textile Design Research and Practice. 2020. <https://doi.org/10.1080/20511787.2020.1827802>.
5. Tkalec M., Glogar M., Penava Ž., Forte Tavčer P., Kušcer D., Stojanovska I. The Complexity of Colour/Textile Interaction in Digital Printing as an Integral Part of Environmental Design // Arts. 2024. Vol. 13, no. 1. Art. 29. <https://doi.org/10.3390/arts13010029>
6. Cao T., Yang Z., Zhang H., Wang Y. Inkjet printing quality improvement research progress: A review // Heliyon. 2024. Vol. 10, no. 10. e30163. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30163>
7. Heitz E., Belcour L. Distributing Monte Carlo Errors as a Blue Noise in Screen Space by Permuting Pixel Seeds Between Frames // Computer Graphics Forum. 2019. Vol. 38, no. 4. <https://doi.org/10.1111/cgf.13778>
8. Heitz E., Belcour L., Chambon T. Screen-Space Blue-Noise Diffusion of Monte Carlo Sampling Error via Hierarchical Ordering // ACM Transactions on Graphics. 2020. Vol. 39, no. 4. <https://doi.org/10.1145/3386569.3392455>
9. Cavalier A., Gilet G., Ghazanfarpour D. Local Spot Noise for Procedural Surface Details Synthesis // Computers & Graphics. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2019.10.003>
10. Arrizzu Alonso A. K., Armendáriz Mireles E. N., Calles Arriaga C. A., Rocha Rangel E. Control of the Properties of the Voronoi Tessellation

References

1. Wang H., Memon H. (Eds.). Digital Textile Printing: Science, Technology and Markets. Woodhead Publishing (Elsevier), 2023. <https://doi.org/10.1016/C2022-0-01196-X>
2. Wang H., Memon H. Introduction to digital textile printing // Digital Textile Printing: Science, Technology and Markets / ed. H. Wang, H. Memon. Woodhead Publishing (Elsevier), 2023. P. 1–19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15414-0.00001-7>
3. Kumelachew D. M., Wagaye B. T., Adamu B. F. Digital textile printing innovations and the future // Digital Textile Printing: Science, Technology and Markets. 2023. P. 241–259. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15414-0.00006-6>.
4. Gooby B. The Development of Methodologies for Color Printing in Digital Inkjet Textile Printing and the Application of Color Knowledge in the Ways of Making Project // Journal of Textile Design Research and Practice. 2020. <https://doi.org/10.1080/20511787.2020.1827802>
5. Tkalec M., Glogar M., Penava Ž., Forte Tavčer P., Kušcer D., Stojanovska I. The Complexity of Colour/Textile Interaction in Digital Printing as an Integral Part of Environmental Design // Arts. 2024. Vol. 13, no. 1. Art. 29. <https://doi.org/10.3390/arts13010029>
6. Cao T., Yang Z., Zhang H., Wang Y. Inkjet printing quality improvement research progress: A review // Heliyon. 2024. Vol. 10, no. 10. e30163. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30163>
7. Heitz E., Belcour L. Distributing Monte Carlo Errors as a Blue Noise in Screen Space by Permuting Pixel Seeds Between Frames // Computer Graphics Forum. 2019. Vol. 38, no. 4. <https://doi.org/10.1111/cgf.13778>
8. Heitz E., Belcour L., Chambon T. Screen-Space Blue-Noise Diffusion of Monte Carlo Sampling Error via Hierarchical Ordering // ACM Transactions on Graphics. 2020. Vol. 39, no. 4. <https://doi.org/10.1145/3386569.3392455>
9. Cavalier A., Gilet G., Ghazanfarpour D. Local Spot Noise for Procedural Surface Details Synthesis // Computers & Graphics. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2019.10.003>
10. Arrizzu Alonso A. K., Armendáriz Mireles E. N., Calles Arriaga C. A., Rocha Rangel E. Control of the Properties of the Voronoi Tessellation

Technique and Biomimetic Patterns: A Review // Designs. 2024. Vol. 8, no. 5. Art. 93. <https://doi.org/10.3390/designs8050093>

11. An M.-H., Jang A. Development of textile pattern design by M. C. Escher's tessellation technique // Fashion and Textiles. 2023. <https://doi.org/10.1186/s40691-023-00336-w>

12. Жмурак Т. А., Біловська Л. Б., Харченко Ю. М., Лозовенко С. Ю. Дослідження зносостійкості малюнків, нанесених на трикотажні полотна різними способами друку // Вісник КНУТД. Серія: Технічні науки. 2019. № 2(132). С. 74–86. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/13286>

13. Marghidan E., Vieriu M., Loghin R. S. Digital textile printing // Актуальні проблеми сучасного дизайну: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. 2022. Т. 2. С. 256–258. https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/21161/1/APSD_2022_V2_P256-258.pdf

14. Плашкевич К., Лю Ц. Декоративне оздоблення в дизайні одягу XX–XXI століття: інноваційні технології: монографія. КНУТД, 2023. <https://knutd.edu.ua/university/library/>

15. Сиротенко О. Сучасні термотехнології принтування одягу // Актуальні проблеми сучасного дизайну. 2024. С. 375–378. https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28198/1/APSD_2024_V1_P375-378.pdf

16. Савчук О. В., Галавська Л. Є. Дослідження якості друкованих малюнків, нанесених на трикотажне полотно різними способами // Технології та дизайн. 2018. № 1(26). <https://stud.knutd.edu.ua/handle/123456789/9095>

17. Koseoglu A. Innovations and Analysis of Textile Digital Printing Technology // International Journal of Science, Technology and Society. 2019. Vol. 7, no. 3. <https://doi.org/10.11648/j.ijsts.20190702.12>

Technique and Biomimetic Patterns: A Review // Designs. 2024. Vol. 8, no. 5. Art. 93. <https://doi.org/10.3390/designs8050093>

11. An M.-H., Jang A. Development of textile pattern design by M. C. Escher's tessellation technique // Fashion and Textiles. 2023. <https://doi.org/10.1186/s40691-023-00336-w>

12. Zhmurak T. A., Bilovska L. B., Kharchenko Yu. M., Lozovenko S. Yu. Study of wear resistance of images applied to knitted fabrics by different printing methods // Bulletin of KNUTD. Series: Technical Sciences. 2019. No. 2(132). P. 74–86. [in Ukrainian]. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/13286>

13. Marghidan E., Vieriu M., Loghin R. S. Digital textile printing // Actual Problems of Modern Design: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. 2022. Vol. 2. P. 256–258. https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/21161/1/APSD_2022_V2_P256-258.pdf

14. Plashkevych K., Liu C. Decorative finishing in clothing design of the 20th–21st centuries: innovative technologies: monograph. KNUTD, 2023. [in Ukrainian]. <https://knutd.edu.ua/university/library/>

15. Syrotenko O. Modern thermal technologies for garment printing // Actual Problems of Modern Design. 2024. P. 375–378. [in Ukrainian]. https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28198/1/APSD_2024_V1_P375-378.pdf

16. Savchuk O. V., Halavska L. Ye. Study of the quality of printed images applied to knitted fabric by different methods // Technologies and Design. 2018. No. 1(26). [in Ukrainian]. <https://stud.knutd.edu.ua/handle/123456789/9095>

17. Koseoglu A. Innovations and Analysis of Textile Digital Printing Technology // International Journal of Science, Technology and Society. 2019. Vol. 7, no. 3. <https://doi.org/10.11648/j.ijsts.20190702.12>