УДК 655.3:004

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЦИФРОВОГО ДРУКУ НА БАВОВНЯНІЙ ТКАНИНІ

О. Р. Назар, В. В. Бернацек, М. Т. Лабецька

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Поліграфічна галузь зростає і розвивається швидкими темпами завдяки технологічним досягненням, які орієнтуються на сучасні тенденції та потреби клієнтів. Коротші терміни виконання, більша гнучкість процесу та збільшення можливостей персоналізації виводить цифровий друк на передові позиції у міру розвитку технологій. На сьогодні цифровий друк є найбільш швидкозростаючим сегментом ринку друкованого текстилю, повноцінною життєздатною комерційною альтернативою для випуску невеликих накладів (<50 екземплярів) високоякісних тканин преміумкласу. Цифровий друк на тканині, як і на папері, не накладає жодних обмежень на сам проєкт щодо складності графіки, кількості кольорів або тональних переходів між ними.

Проведено порівняльний аналіз якості відбитків цифрового друку, отриманих при різних режимах друкування, на бавовняній тканині шляхом дослідження їх градаційних характеристик.

Ключові слова: *тканина, бавовна, цифровий друк, відбиток, якість, кольоропроба, тоновідтворення, градаційна передача.*

Постановка проблеми. Інтенсивний розвиток технологій дав змогу цифровому друку стати швидким та доступним способом відтворення інформації, забезпечуючи при цьому відповідність трьом основним вимогам — якості, швидкості, ціні [1–3]. Для цифрового друку застосовується широкий асортимент матеріалів. Зображення може переноситися на папір, тканину, плівку тощо, однак деякі обмеження все-таки існують, оскільки складно отримати відбиток на товстому картоні або на дуже тонкому папері (наприклад, газетному), а на фактурних поверхнях суттєво погіршується якість зображення [4, 5].

Цифровий друк є вигідним та ефективним методом нанесення зображень на текстильні вироби. Така поверхня чудово зберігає структуру матеріалу, тканина дихає та м'яка на дотик. Вироби відмінно витримують прання і теплову обробку, не потребують спеціального догляду. Ця технологія є економічно ефективною, оскільки, наприклад, виготовлення однієї футболки методом трафаретного друку є значно дорожчим. Ще однією з ключових переваг цифрового друку на текстилі є нескінченні можливості дизайну. Цифровий друк пропонує фотореалістичну та чітку деталізацію якості зображення, необмежену кількість кольорів, розмір повторень та можливість переходу від одного дизайну до іншого без будь-яких

витрат задруковуваної тканини. Природа цифрового друку на вимогу також враховує індивідуальні дизайни та скорочує час їх виконання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За останні десятиліття цифровий друк на тканинах чудово проявив себе як можлива альтернатива трафаретному друку (частка світового ринку цифрового друку на текстилі зросла на 17,9 % з 2016 по 2021 рік). Матеріали стають якіснішими і доступнішими за ціною, обладнання надійнішим, ефективнішим і дешевшим, технологія зрозумілішою. Так, компанія Spoonflower, заснована в 2008 році, вже кілька років працює за технологією «print-on-demand» на тканині, задовольняючи високі вимоги своїх споживачів до якісного зображення на текстильних виробах. У 2018 році Кен Гамаче з QT Fabrics (Китай) вирішив перевести всю компанію з друкування на тканині на метод цифрового друку. За його словами, обрана методика дає змогу виробляти 18 мільйонів екземплярів на рік, тому в цю справу варто вкладати інвестиції. Зараз у Китаї, Кореї, Пакистані, Японії, Італії та у США масово відкриваються заводи цифрового друку. Корейські фабрики ще не інвестували у високошвидкісні цифрові принтери, тому їх вартість залишається все ще дуже високою.

Компанія Hoffman California Fabrics перейшла на цифровий друк, ставши відомою своїми високоякісними цифровими друкованими текстильними виробами завдяки успішному досягненню фотореалістичності дизайну на бавовні. Як зазначають фахівці компанії, процес цифрового друку на сьогодні є найбільш екологічно чистою формою друку на тканині, тому його можна вважати найперспективнішим напрямом у виробництві текстильних виробів загалом. Проте технологія цифрового друку все ще має деякі обмеження у відтворенні певних кольорів. За словами Міхаеля Штайнера, співвласника і президента компанії Michael Miller Fabrics, цифрові принтери не можуть друкувати «металік» або білий пігмент.

Цифровий спосіб відкриває перед виробниками друкованої текстильної продукції нові можливості, особливо це стосується передруків. Вимоги до мінімальних тиражів у трафаретному друці змушують компанії вагатися перед друком ексклюзивного дизайну або колекції, навіть якщо продажі прогнозуються успішними. Цикл випуску чотири рази на рік, який став галузевим стандартом, означає, що компанії можуть легко перевантажитися надлишковими запасами, які в кінцевому підсумку продаються із значними втратами. З іншого боку, цифровий друк пропонує нижчі показники технічних мінімумів — 5 або 10 екземплярів. Крім цього, текстильні вироби, які добре продаються і отримують передрук, також вигідні дизайнерам, оскільки вони продовжують заробляти на проєктах, які виявилися найбільш успішними. У найближчі роки, за прогнозами експертів, текстильна галузь, ймовірніше, переведе більшість своїх операцій на цифрові технології, оскільки процес виготовлення друкованої продукції є швидким, а результат високоякісним та економічно ефективним [6–8].

Мета статті — здійснити порівняльний аналіз якості відбитків цифрового друку на бавовняній тканині шляхом дослідження денситометричних характеристик відбитків, отриманих при різних режимах друкування.

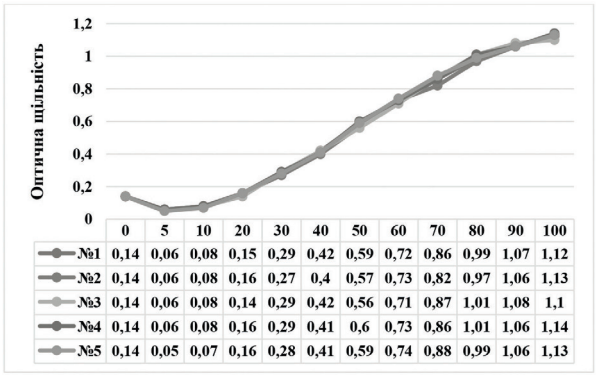
Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження якості цифрового друку на тканині було обрано високоякісний матеріал, виготовлений зі 100 % бавовни, з нанесеними цифровим принтером Tex + P400 [9] шкалами при різних режимах:

– шкала № 1, № 2, № 3 — колір max. (200 %), 2800 dpi, мала крапля;
– шкала № 4 — колір max. (200 %), 2800 dpi, середня крапля;
– шкала № 5 — колір max. (200 %), 2800 dpi, велика крапля;
– шкала № 6 — колір max. (200 %), 1400 dpi, велика крапля;
– шкала № 7 — колір max. (200 %), 1400 dpi, велика крапля;
– шкала № 8 — колір max. (200 %), роздільна здатність менша, велика крапля.

При режимах № 1 – № 5 — рух принтера «туди-назад» "⇄"; № 6 – № 8 — друк в одну сторону "→".

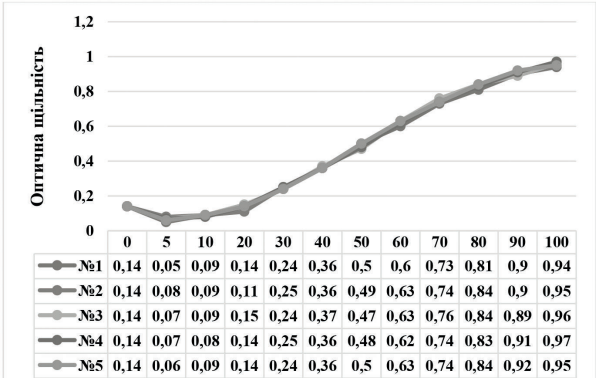
Дослідження градаційних характеристик досліджуваних зразків проводились на спектроколориметрі GRETAG SPM 50 з подальшим опрацюванням отриманих результатів у програмному середовищі Microsoft Office Exel 2019.

З метою оцінювання точності відтворення кольорового тонерного зображення отриманих цифрових відбитків побудовано графічні залежності зміни їх градаційної передачі, які наведені на рис. 1–2.



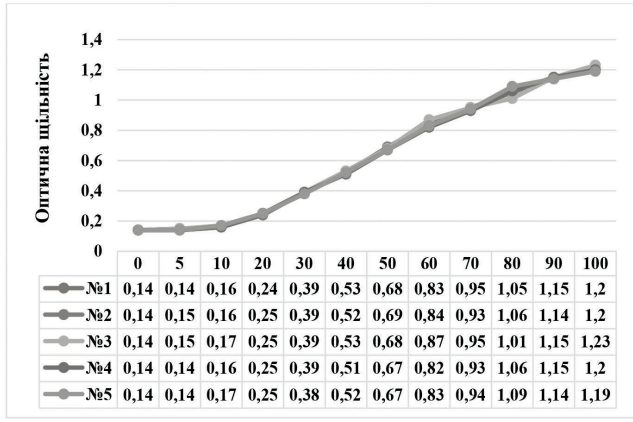
	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№1	0,14	0,06	0,08	0,15	0,29	0,42	0,59	0,72	0,86	0,99	1,07	1,12
№2	0,14	0,06	0,08	0,16	0,27	0,4	0,57	0,73	0,82	0,97	1,06	1,13
№3	0,14	0,06	0,08	0,14	0,29	0,42	0,56	0,71	0,87	1,01	1,08	1,1
№4	0,14	0,06	0,08	0,16	0,29	0,41	0,6	0,73	0,86	1,01	1,06	1,14
№5	0,14	0,05	0,07	0,16	0,28	0,41	0,59	0,74	0,88	0,99	1,06	1,13

а



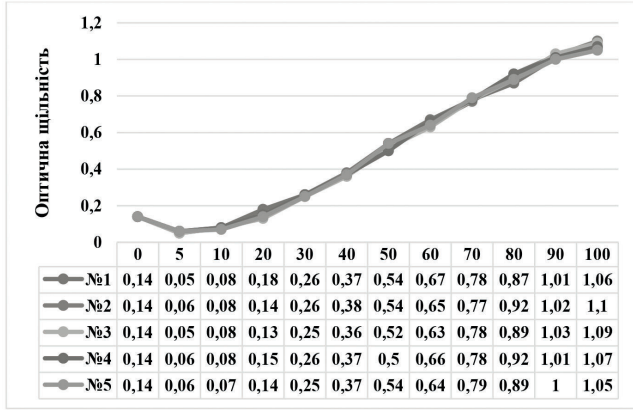
	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№1	0,14	0,05	0,09	0,14	0,24	0,36	0,5	0,6	0,73	0,81	0,9	0,94
№2	0,14	0,08	0,09	0,11	0,25	0,36	0,49	0,63	0,74	0,84	0,9	0,95
№3	0,14	0,07	0,09	0,15	0,24	0,37	0,47	0,63	0,76	0,84	0,89	0,96
№4	0,14	0,07	0,08	0,14	0,25	0,36	0,48	0,62	0,74	0,83	0,91	0,97
№5	0,14	0,06	0,09	0,14	0,24	0,36	0,5	0,63	0,74	0,84	0,92	0,95

б



	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№1	0,14	0,14	0,16	0,24	0,39	0,53	0,68	0,83	0,95	1,05	1,15	1,2
№2	0,14	0,15	0,16	0,25	0,39	0,52	0,69	0,84	0,93	1,06	1,14	1,2
№3	0,14	0,15	0,17	0,25	0,39	0,53	0,68	0,87	0,95	1,01	1,15	1,23
№4	0,14	0,14	0,16	0,25	0,39	0,51	0,67	0,82	0,93	1,06	1,15	1,2
№5	0,14	0,14	0,17	0,25	0,38	0,52	0,67	0,83	0,94	1,09	1,14	1,19

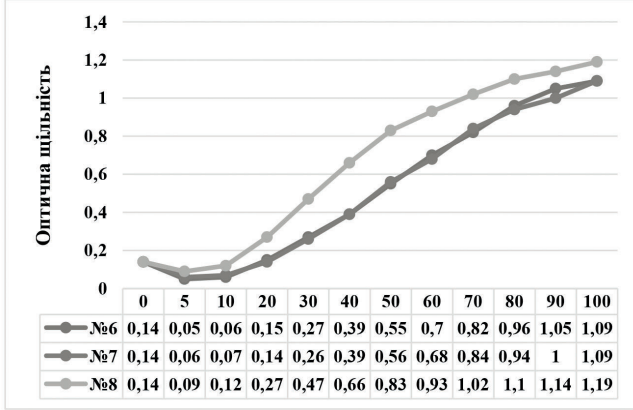
в



	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№1	0,14	0,05	0,08	0,18	0,26	0,37	0,54	0,67	0,78	0,87	1,01	1,06
№2	0,14	0,06	0,08	0,14	0,26	0,38	0,54	0,65	0,77	0,92	1,02	1,1
№3	0,14	0,05	0,08	0,13	0,25	0,36	0,52	0,63	0,78	0,89	1,03	1,09
№4	0,14	0,06	0,08	0,15	0,26	0,37	0,5	0,66	0,78	0,92	1,01	1,07
№5	0,14	0,06	0,07	0,14	0,25	0,37	0,54	0,64	0,79	0,89	1	1,05

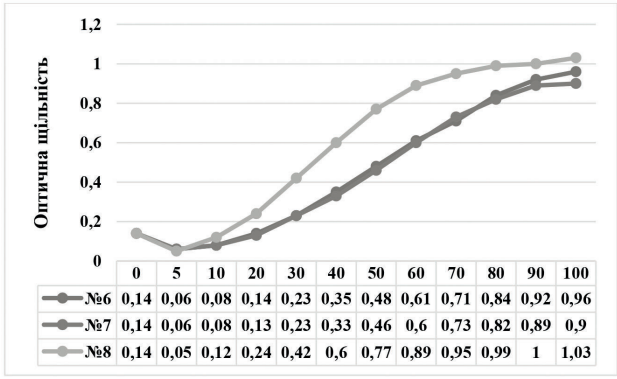
г

Рис. 1. Градаційна передача тонерного зображення, надрукованого при режимах № 1–5:
а — голубого (CYAN); б — пурпурного (MAGENTA);
в — жовтого (YELLOW); г — чорного (BLACK)



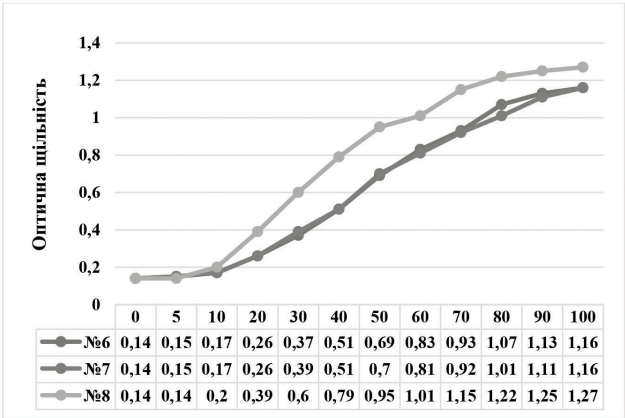
	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№6	0,14	0,05	0,06	0,15	0,27	0,39	0,55	0,7	0,82	0,96	1,05	1,09
№7	0,14	0,06	0,07	0,14	0,26	0,39	0,56	0,68	0,84	0,94	1	1,09
№8	0,14	0,09	0,12	0,27	0,47	0,66	0,83	0,93	1,02	1,1	1,14	1,19

а



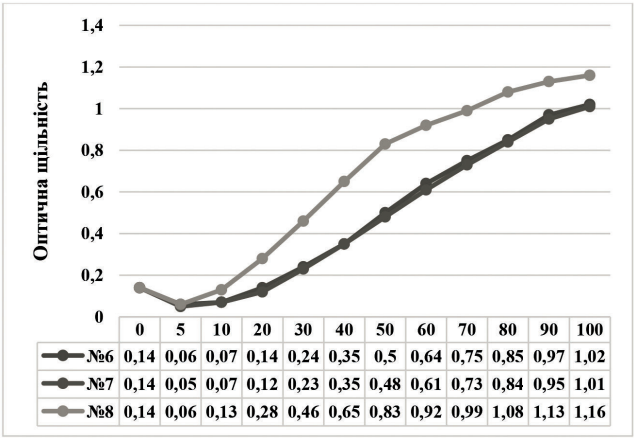
	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№6	0,14	0,06	0,08	0,14	0,23	0,35	0,48	0,61	0,71	0,84	0,92	0,96
№7	0,14	0,06	0,08	0,13	0,23	0,33	0,46	0,6	0,73	0,82	0,89	0,9
№8	0,14	0,05	0,12	0,24	0,42	0,6	0,77	0,89	0,95	0,99	1	1,03

б



	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№6	0,14	0,15	0,17	0,26	0,37	0,51	0,69	0,83	0,93	1,07	1,13	1,16
№7	0,14	0,15	0,17	0,26	0,39	0,51	0,7	0,81	0,92	1,01	1,11	1,16
№8	0,14	0,14	0,2	0,39	0,6	0,79	0,95	1,01	1,15	1,22	1,25	1,27

в



	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
№6	0,14	0,06	0,07	0,14	0,24	0,35	0,5	0,64	0,75	0,85	0,97	1,02
№7	0,14	0,05	0,07	0,12	0,23	0,35	0,48	0,61	0,73	0,84	0,95	1,01
№8	0,14	0,06	0,13	0,28	0,46	0,65	0,83	0,92	0,99	1,08	1,13	1,16

г

Рис. 2. Градаційна передача тонерного зображення, надрукованого при режимах № 6–8:
а — голубого (CYAN); б — пурпурного (MAGENTA);
в — жовтого (YELLOW); г — чорного (BLACK)

Аналіз градаційної передачі тонерного зображення CYAN на тканині, надрукованого при режимах № 1 – № 5 (рух принтера «туди-назад» "⇄") (рис. 1, а), показав однакове відтворення та зростання оптичних щільностей в усіх ділянках, лише в переході від півтонових до темних ділянок взірець, отриманий при друкуванні в режимі № 3, має незначне падіння оптичної щільності.

З поданої на рис. 1, б градаційної передачі тонерного зображення MAGENTA помітно, що показники оптичної щільності в усіх взірців збігаються від світлих до темних ділянок, незначні відхилення спостерігаються лише у взірця, отриманого при режимі № 2, в світлих ділянках. Подібна ситуація наведена на рис. 1, в при передачі жовтого тонерного зображення, лише незначні відхилення зафіксовані у взірця, надрукованого при режимі № 3. На рис. 1, г зображено градаційні передачі тонерних зображень BLACK взірців, отриманих при режимах № 1 – № 5, що збігаються між собою, незначні відхилення виявлені лише в світлих ділянках взірця, надрукованого при режимі № 1.

Під час аналізу градаційної передачі голубого (рис. 2, а) та пурпурного тонерного зображення (рис. 2, б), отриманого на тканині при режимах № 6 – № 8 (друк в одну сторону "→"), спостерігається значний приріст оптичної щільності взірця, надрукованого при режимі № 8, порівняно зі взірцями, отриманими при режимах № 6 та № 7, що знаходяться в одних межах. При передачі жовтого та чорного тонера (рис. 2, в, г) фіксується аналогічна ситуація, що свідчить про високу оптичну передачу зображення для взірця, надрукованого при режимі № 8 — друк в одну сторону "→".

Висновки. Інтенсивний розвиток цифрових технологій репродукування спонукає до поглибленого вивчення особливостей самого процесу і проведення ґрунтовних досліджень якості отриманих відбитків. Після проведення глибокого аналізу досліджуваних шкал, надрукованих на бавовняній тканині при різних режимах, встановлено, що найкращі показники передачі тонерного зображення при русі принтера «туди-назад» "⇄" отримані при режимах № 4 і № 5, а під час друку в одну сторону "→" — при режимі № 8.

Тобто, як свідчать результати проведених експериментальних досліджень, для оптимального і якісного цифрового друку на текстильних матеріалах доцільно використовувати бавовняні тканини, які найбільш точно передають оптичну щільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Turner R. Global digital print market to reach $225bn by 2029. URL: https://www.printweek.com/news/article/global-digital-print-market-to-reach-225bn-by-2029.
2. Inkjet printing builds towards $100 billion market. URL: https://www.smithers.com/resources/2018/oct/inkjet-printing-builds-towards-$100-billion-market.
3. Дослідження якості зображень термотрансферного друку на бавовняному текстильному матеріалі / Гавенко С. Ф., Назар О. Р., Кочубей В. В., Пелик Л. В. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки». 2021. № 6. С. 235–239.
4. Ujiie H. Digital Printing of Textiles. 2006. 368 p. URL: https://www.sciencedirect.com/book/9781855739512/digital-printing-of-textiles#book-description.

5. Спосіб прямого цифрового друку на тканині. URL: https://selftex.com.ua/uk/pryamij-tsifrovij-druk.
6. Сучасний одяг та цифровий друк. URL: https://nv.ua/ukr/biz/experts/suchasniy-odyag-ta-cifroviy-druk-osnovni-tendenciji-50035002.html.
7. How digital printing will impact the quilting cotton market. URL: https://whileshenaps.com/2019/03/how-digital-printing-will-impact-the-quilting-cotton-market.html.
8. The study of the mechanism of image formation during thermal transfer printing on fabric packaging / Nazar O., Havenko S., Nazar I., Koczubej V. *Packaging Review*. 2022. 1. Pp. 10–17.
9. Текстильний принтер Tex + P400. URL: https://front-sign.ru/index.php/planshetnie-printery/tekstilnye-printery/item/378-texpro-a2.

REFERENCES

1. Turner, R. Global digital print market to reach $225bn by 2029. Retrieved from https://www.printweek.com/news/article/global-digital-print-market-to-reach-225bn-by-2029 (in English).
2. Inkjet printing builds towards $100 billion market. Retrieved from https://www.smithers.com/resources/2018/oct/inkjet-printing-builds-towards-$100-billion-market (in English).
3. Havenko, S. F., Nazar, O. R., Kochubei, V. V., & Pelyk, L. V. (2021). Doslidzhennia yakosti zobrazhen termotransfernoho druku na bavovnianomu tekstylnomu materiali. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. Seriia: «Tekhnichni nauky», 6, 235–239 (in Ukrainian).
4. Ujiie, H. (2006). Digital Printing of Textiles. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/book/9781855739512/digital-printing-of-textiles#book-description (in English).
5. Sposib priamoho tsyfrovoho druku na tkanyni. Retrieved from https://selftex.com.ua/uk/pryamij-tsifrovij-druk (in Ukrainian).
6. Suchasnyi odiah ta tsyfrovyi druk. Retrieved from https://nv.ua/ukr/biz/experts/suchasniy-odyag-ta-cifroviy-druk-osnovni-tendenciji-50035002.html (in Ukrainian).
7. How digital printing will impact the quilting cotton market. Retrieved from https://whileshenaps.com/2019/03/how-digital-printing-will-impact-the-quilting-cotton-market.html (in English).
8. Nazar, O., Havenko, S., Nazar, I., & Koczubej, V. (2022). The study of the mechanism of image formation during thermal transfer printing on fabric packaging. *Packaging Review*, 1, 10–17 (in English).
9. Tekstylnyi prynter Tex + P400. Retrieved from https://front-sign.ru/index.php/planshetnie-printery/tekstilnye-printery/item/378-texpro-a2 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/2411-3611-2022-2-42-15-22

RESEARCH OF THE DIGITAL PRINTING QUALITY ON COTTON FABRIC

O. R. Nazar, V. V. Bernatsek, M. T. Labetska

Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
martalabetska@gmail.com

Intensive development of technologies has allowed digital printing to become a fast and affordable way to reproduce information, while ensuring compliance with three basic requirements – quality, speed, price. Almost any materials are used in digital printing. Digital printing is a cost-effective and efficient method of applying images to textiles.

Digital printing on fabric, as well as on paper, does not impose any restrictions on the project itself in terms of complexity of graphics, the number of colors or their tonal transitions. Over the last decade, digital printing on fabrics has proven itself as a possible alternative to screen printing (the global market for digital printing on textiles increased by 17.9% from 2016 to 2021 year). In the recent past, there was a problem with the resistance of inks to washing, but in recent years the development in the field of ink have significantly improved their quality. Inks are becoming more affordable, the equipment is becoming more reliable, more efficient and cheaper, the technology is clearer – all this is the reason that direct printing has become one of the fastest growing areas in the printing industry. Digital fabric printing allows one to get photorealistic and sharp image quality detailing, unlimited colours, copy the size and the ability to move from one design to another without any waste of printed fabric.

A comparative analysis of the quality of digital imprints obtained in different printing techniques on cotton fabric is carried out in this work by studying their gradation characteristics. According to the results of experimental studies, for optimal and high-quality digital printing on textile materials, it is advisable to use cotton fabrics that most accurately transmit optical density.

Keywords: *fabric, cotton, digital printing, imprint, quality, color proofing, tone reproduction, gradation transfer.*

Стаття надійшла до редакції 12.10.2022.
Received 12.10.2022.