

ЧАСТОТНО-СПЕКТРАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЯВИЩА МУАРУ В ПРОЦЕСІ СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ В СКЛАДІ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут електроніки та систем управління
Національного авіаційного університету

Теоретичні аспекти виникнення муару в зображенні, методи його оцінки та питання боротьби з ним при виготовленні технічної документації у CALS-технологіях є актуальною проблемою вивчення. Вирішення проблем впливу муару на якість зображень потребує роз'яснення багатьох теоретичних моментів і вирішення питань. Особливості проявлення муару на зображенні обумовлюються неможливістю вирішення проблеми оптимальності процесу електронного цифрового репродукування програмно-апаратними засобами без допомоги теорії й використання сучасних досліджень. Муар виявляє себе як паразитне явище у технічній документації у вигляді характерної, подразнювальної для ока, періодичної структури з певним періодом, у вигляді плям, які з'являються на різних ділянках, що значно погіршує комфортність сприйняття зображень

Вступ. Фахівці з розвитку промисловості вже давно передбачали, що процеси розробки авіакосмічних апаратів і підготовки виробництва, яки ґрунтуються на виготовленні якісної технічної документації [1], а також системи експлуатації, обслуговування та ремонту засобів авіоніки, підпорядковуються одним закономерностям і можуть бути формалізовані. Тобто вони можуть об'єктивно розраховуватись й оптимізуватись, тому є можливість ефективної боротьби з паразитним явищем муару. Технічно ця можливість стримувалася відсутністю сучасної теорії боротьби з паразитним явищем муару, який значно погіршує якість технічної документації [2]. На організаційному й науковому рівнях було досить добре описано лише деякі з процесів виготовлення технічної документації для авіації й космонавтики [3], а їхня системна інтеграція мала стільки ж видів і форм боротьби з муаром, скільки самих підприємств-виробників. Ситуація на авіакосмічному ринку змусила їх реформувати свій погляд, виникла потреба в нових технологіях на вищому рівні. Комп'ютерна підтримка [4] етапів життєвого циклу виробів (ЖЦВ) знайшла своє відображення в методології та стандартах CALS. Відповідно до концептуальних положень CALS реальні процеси відображаються у віртуаль-

ному інформаційному середовищі, в якому опис продукту подано у вигляді повного електронного опису виробу в якості технічної документації, а середовище його створення й середовище експлуатації, обслуговування й ремонту авіоніки – у вигляді систем моделювання процесів. Усі три складові (визначення продукту, середовища його створення й середовища експлуатації авіоніки) не тільки взаємозалежні, а й безперервно розвиваються впродовж ЖЦВ, тому боротьба з муаром приймає сьогодні нові форми. У галузі технології підготовки виробництва, яка охоплює конструкторське проєктування й створення якісної технічної документації, принципи ППВ/CALS знайшли своє відображення у створенні західними розробниками ряду програмних засобів боротьби з муаром, що забезпечують комплексну візуальну інформаційну підтримку етапів ЖЦВ.

Відомо [5], що у процесі створення технічної документації, особливо при синтезі кольорових зображень, що відбувається при послідовному друці різними фарбами на відбитку растрованих кольоровідокремлених зображень, виникає специфічне явище – утворення муару, але оцінка якого проводиться різними авторами за різними методиками [6], яки, на нашу думку, не мають єдиного теоретич-

ного обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень, в яких започатковано розв'язання проблеми впливу муару на якість зображень [7] полягає в тому, що здається неможливим її вирішення навіть при оптимізації процесу електронного цифрового репродукування зображень (ЕЦРЗ). Цю проблему неможливо також вирішити програмно-апаратними засобами виготовлення технічної документації без використання сучасної теорії і методологічного апарату оцінки цього явища.

Аналізу явища створення муару в поліграфії та його оцінці був присвячений ряд публікацій у вітчизняній [1] і закордонній [8] літературі. Найбільш широкі й докладні дослідження в цій області були проведені в дисертаційних роботах [3]. У цих роботах, головним чином, експериментально досліджувалися інтенсивність і розміри муару, залежно від лініатури, взаємних кутів повороту растрових елементів (РЕ) й інших факторів. Проводилися також психофізіологічні оцінки візуального сприйняття муару на відбитках [4], вивчався вплив муару на колірні й градаційні характеристики документації [7], але це не розкриває в повному обсязі суті цього явища.

Аналіз явищ, що виникають при сполученні зображень у різних поліграфічних процесах (фоторепродукційних і друкованих, виготовлення технічної документації) і, зокрема, таких, як проводка, створення муару, подвоєння растрових точок у друкованому процесі показує можливість і доцільність побудови нової теорії сполучення зображень при виготовленні технічної документації у *CALS*-технологіях.

З історії питання. Існують різні розшифровки абревіатури *CALS*. Як відомо [8], методологія *CALS* зародилася в департаменті оборони США в 80-х р. Ця абревіатура розшифровувалася як «Комп'ютеризована Підтримка Логістичних Систем». У 1988 р. з *CALS* було знято військові обмеження, і її стали називати «Комп'ютеризовані Постачання й Підтримка». З 1993 р. методологія *CALS* почала широко використовуватись у авіако-смічний промисловості, і її почали трак-

тувати, як «Підтримка Безперервних Постачань і Життєвого Циклу». Нова назва акцентувала увагу на методології паралельного проектування й інтегрованої логістичної підтримки створення якісної технічної документації. Нині в технічній літературі (як зарубіжній, так і вітчизняній) під терміном *CALS* розуміють «Безперервну Інформаційну Підтримку Етапів Життєвого Циклу Виробів» і називають цю підтримку *CALS*-технологіями. У російській технічній літературі поряд із терміном *CALS* використовують рівнозначний російський термін ІІВ (Інформаційна Підтримка Виробів) [8].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими завданнями полягає в дослідженні муару для розробки частотно-спектрального методу оцінки цього явища в процесі створення якісної технічної документації у *CALS*-технологіях. Муар може бути викликаний цілою низкою причин, починаючи від неправильного режиму ЕЦРЗ, некоректної обробки зображень і закінчуючи невідповідним налаштуванням на стадії виготовлення форм на лазерному формному автоматі (ЛФА) на якому проводились експерименти і самим процесом друку за допомогою Ромайора, Ротапринта або Домінанти та його впливу на якість документації. Вивчення появи муару, який виникає при репродукуванні раніше відратованої або видрукованої стандартним друкарським способом технічної документації здійснюється при розгляданні репродукції оком людини, що дозволяє вирішити низку проблем поліпшення якості зображень.

Відомо [1], що ряд спроб одержання аналітичних залежностей оцінки муару не дав особливо успішних результатів. Такі спроби, що проводилися не тільки в області проектування літаків цивільній авіації, поліграфії, але й суміжних галузях науки, зводилися в основному до постановки чисто геометричних або математичних завдань, не мали достатньої широти відповідності досліджуваному явищу, відносно складні й забезпечували слабкі та не дуже точні результати у ряді випадків, що не

узгоджуються із психофізіологічною оцінкою явища муару.

Вважаємо, що зовсім необґрунтовано залишено без уваги можливість методів частотно-спектрального аналізу для оцінки явища муару. Здавалося б, періодичний характер картини муару повинен був залучити ці методи для рішення взаємодії растрових структур при їхньому сполученні, але цього немає.

Метою дослідження є розробка принципово іншого методу оцінки явища муару в процесі створення технічної документації в CALS-технологіях для виготовлення якісних кольоророзподілених форм на плівці у ЛФА. Припустимо в експерименті, що для правильної й повної оцінки цих перекручувань через муар необхідно при вирішенні завдання врахувати авто й взаємно кореляційні характеристики, що сполучають отримання растрованих зображень і вивчення закономірності взаємодії й сприйняття сполучених зображень. Принципово таке завдання може бути вирішеним, однак шлях його вирішення дуже складний і невиправданий для досягнення поставлених у дійсній роботі цілей. Пропонується більш правильним послідовно вирішити завдання кількісної оцінки муару в сполучених растрових структурах без зображення, а потім якісно проаналізувати можливий вплив на результуюче зображення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів зроблено в [3]. Зробимо попередні висновки з висловлювань інших авторів [4], що реакції ока на зміну зображень, що сприймаються людиною, не до кінця вивчені, а моделювання процесу муару з метою боротьби з ним у зображеннях можливо з урахуванням побудови моделі близької до реальної, але це потребує подальших досліджень. Ми не ставили перед собою ціль повністю розглянути всі аспекти явища створення та оцінки муару. Ми хотіли лише показати правомірність і ефективність нового підходу до розуміння, оцінки й розрахунку цього добре відомого явища. З наведених характеристик розглянемо (рис. 1,2,3,4,5 і 6).

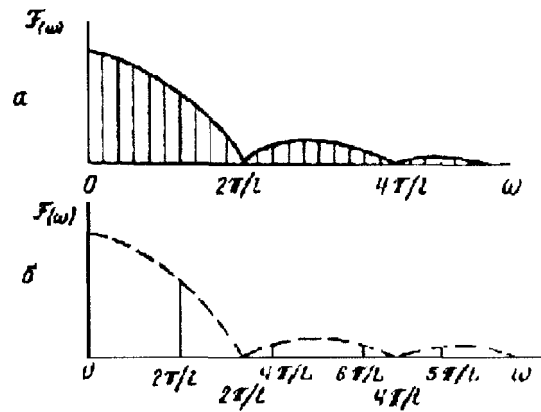


Рис. 1. Частотні спектри одиночного прямокутного імпульсу (а) і послідовності прямокутних імпульсів (б)

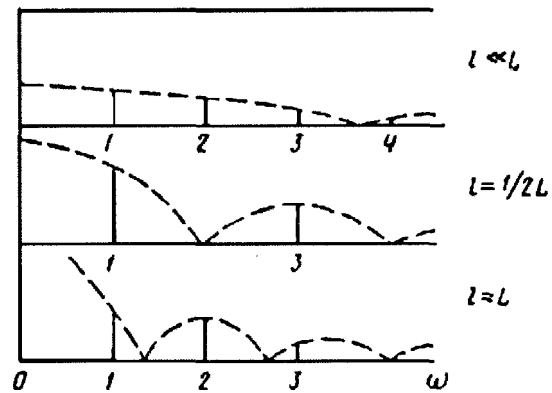


Рис. 2. Частотні спектри одновірної моделі растрової структури в світлі, напівтонах і тінях зображення (1,2,3- номери гармонік)

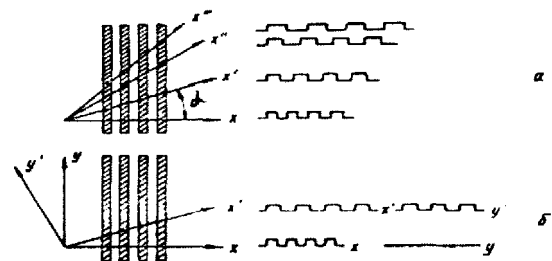


Рис. 3. Імпульсні аналогії лінійчастого растра для різних напрямків сканування (а – одновірні, б – двовірні)

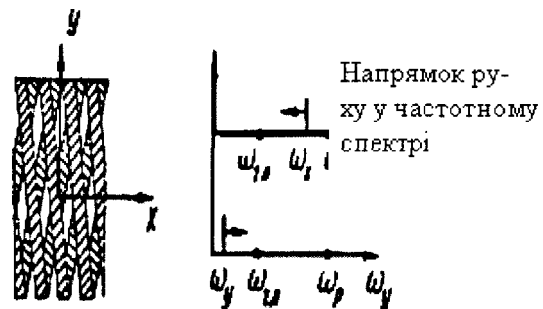


Рис. 4. Спектри, що утворюються при суміщенні двох лінійчато-растрових структур.

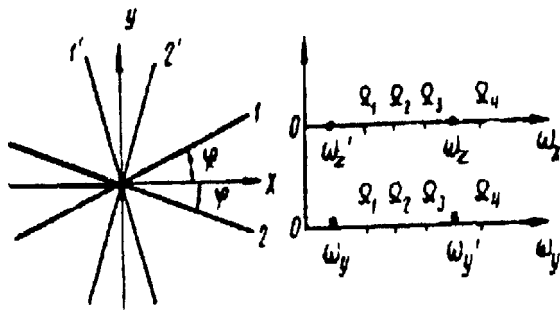


Рис.5. Спектри, які виникають при суміщенні двох точкових прямокутних растрів (первинні й комбіновані частоти).

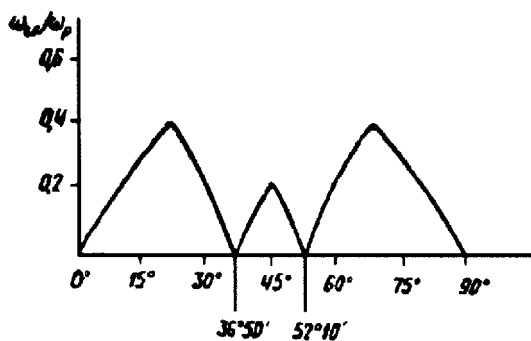


Рис.6. Залежність частот муару від взаємних кутів повороту растрових структур

Основна робоча гіпотеза оцінки полягає в тому, що явище створення муару при частотно-спектральній взаємодії двох і більше періодичних растрових структур, що несуть на собі корисну інформацію про зображення, і проявляється у вигляді нових двомірних періодичних субрастрових структур, сприймаються візуально людиною. Таким чином, висунута гіпотеза [3] зводиться до двох необхідних і достатніх умов створення муару, щоб ефективно його оцінювати:

- при сполученні первинні растрові структури повинні створювати двомірні субрастрові структури;
- частотний спектр цих субрастрових структур повинен перебувати в межах частотної характеристики зорового аналізатора людини.

Природно, що створення субрастрових структур може спотворювати корисну інформацію про зображення й викликати геометричні, градаційні й колірні перекручування – перешкоди, характеристики яких представлені на (рис.1-6).

Уперше розроблений метод для полегшення вирішення проблемного питання. Розглянемо створення муару спочатку

в лінійчато-растрових структурах на (рис. 3,4). Варто відразу ж обмовитися, що подібні структури, як правило, не застосовуються для відтворення кольорових зображень технічної документації. Існуючі ЛФА з лінійчатим автотипним растрованням призначені в основному для ЕЦРЗ чорно-білих зображень при виданні технічної документації для користувачів виробничого цеху, для експлуатації, обслуговування авіоніки, або для ремонтної бригади.

Установлено, що використовуючи значення, які є одномірним аналогом лінійчато-растрової автотипної періодичної структури, отримуємо нескінченну серію рівновіддалених друг від друга на відстані L однотипних за формою імпульсів. Для простоти проведення експерименту покладемо, що розміри (амплітуда – a і ширина – l) імпульсів постійні. Якби імпульс був одиночним, то при розкладанні його на гармонійні складові вийшов би безперервний набір частот, що становить частотний спектр імпульсу. Так, наприклад, для імпульсу прямокутної форми спектр є періодичною функцією виду $2 \cdot \frac{a}{w} \cdot \sin \frac{wl}{2}$ с періодом зй амплітудою, що убуває назад пропорційно із частотою w , що на (рис. 3, 4). При нескінченній безлічі подібних один одному періодичних імпульсів відбувається суперпозиція спектрів імпульсів, у результаті якої погашаються всі частоти крім кратних частоті проходження імпульсів $2\pi/L$, тобто безперервний спектр одного імпульсу вироджується в дискретний спектр із частотами, кратними $2\pi/L$, і амплітудами, обернено пропорційні частоті. Таким чином, безліч періодичних однотипних імпульсів еквівалентно набору дискретних гармонійних складових із частотами, кратними $2\pi/L$. Залежно від шпаруватості імпульсів, тобто від співвідношення l/L (у CALS-технологіях це еквівалентно певній мері відносної площі PE) змінюється вид спектра (рис. 2).

Вперше встановлене той факт, що нас надалі буде цікавити в експерименті головним чином, перша гармоніка в дис-

кретному наборі частот розробленого частотно-спектральний методу оцінки явища муару в процесі створення технічної документації у CALS-технологіях, укажемо на те, де вона найбільше яскраво буде виражена, тобто амплітуда її має максимальне значення, при $l \approx L/2$ й дорівнює $2a\sqrt{\pi}$. В області світла, де зображення мають параметри $l \ll L$, амплітуда першої гармоніки пропорційна шпаруватості l/L , тобто мала, у тінях вона також мала. У такий спосіб періодичний характер лінійної растрової структури найбільше яскраво виділяється в середніх тонах зображення. Звичайно, частотний спектр залежить від лініатури растра. Чим вище лініатура, тим менше величина L і тем вище частоти гармонік спектра. Розглянутий одномірний імпульсний процес не повною мірою адекватний лінійчато-растровій періодичній структурі, хоча б тому, що імпульси одномірні, а структура двохмірна. Вважаємо, що імпульсна аналогія справедлива строго для лінійного сканування (розгорнення) у ЛФА лінійчатої структури. Напрямок сканування у ЛФА може бути довільним (рис. 3), при цьому імпульсні аналоги мають ту саму шпаруватість і різні частоти гармонік від 0 до ω_p . Максимальна частота ω_p відповідає частоті кадрування, обумовленої лініатурою растра. Будь-яка проміжна частота визначається з уточненого виразу

$$\omega_g = \omega_p \cdot \cos \mathcal{G}, \quad (1)$$

де \mathcal{G} – кут взаємного повороту напрямку сканування й нормалі до ліній растра.

Оскільки в прийнятій гіпотезі мова йде лише про двомірні субструктури, відзначимо, що для двомірної координатної сітки (рис. 3) необхідно зробити аналіз частот також по осі y . Установлено, що частоти по осях x й y зв'язані співвідношеннями

$$\omega_x = \omega_p \cdot \cos \mathcal{G}, \quad \omega_y = \omega_p \cdot \sin \mathcal{G}. \quad (2)$$

Для того, щоб двомірний зоровий аналізатор людини не зауважував растрової структури, необхідно, щоб будь-яка сумісна комбінація частот у взаємно пер-

пендикулярних напрямках містила б одну з частот більше граничної частоти розрізнення зорового аналізатора, тобто

$$\omega_x > \omega_{zl} \quad \text{або} \quad \omega_y > \omega_{zl}. \quad (3)$$

Особистий внесок авторів полягає у розкритті суті проведеного дослідження. У результаті дослідження, після математичних перетворень і експериментів установлено, що частота першої гармоніки лінійчатого растру повинна бути в $\sqrt{2}$ більше ω_p , тому що за умови $\mathcal{G} = 45^\circ$ реалізується пара мінімальних за значенням частот ω_x й ω_y . Таким чином, за рахунок двохмірності лінійчато-растрової структури еквівалентний їй одномірний імпульсний процес має частоту $\sqrt{2}$ раз менше частоти растра ω_p . Інакше кажучи, лінійчатий растр, із лініатурою 24 лін/см для ока людини, еквівалентний частоті 17 лін/см. При сполученні двох однакових лінійчато-растрових структур під кутом \mathcal{G} друг до друга виникає муар, якого можна пояснити як результат суперпозиції гармонійних складових перших і других структур на (рис. 4).

З результатів експерименту встановлено, що залежно від характеру взаємодії у сполученій комплексній структурі можуть утворитися субрастрові структури з різними новими частотами. Якщо сполучають структури, що, однакові, то при підсумовуванні в результаті взаємодії їхніх перших гармонік утворюються нові частоти, рівні напіврізниці й напівсумі вихідних частот, а при перемножуванні виникають гармонійні складові з частотами, рівними різниці й сумі вихідних частот. Так само, як й у вище розглянутому випадку субрастрові структури будуть непомітні, якщо виконуються нерівності (3) стосовно до комбінаційних частот.

Для зручності проведення розгляду завдання надалі з експерименту осі координат сполучимо з осями симетрії бінарної лінійчато-растрової системи. Осі симетрії системи збігаються з бісектрисами кутів перетинання ліній. Частоти перших гармонік у напрямку осей будуть відпові-

дно для першої й другої структур із виразу

$$\begin{aligned}\omega_{y1} &= \omega_{y2} = \omega_p \cdot \sin \varphi \\ \omega_{x1} &= \omega_{x2} = \omega_p \cdot \cos \varphi\end{aligned}\quad (4)$$

Вважаємо, що первинні частоти для аналізу муарових структур у технічній документації брати до уваги не треба, оскільки, по-перше, це вже було зроблено раніше в експерименті й, по-друге, тому, що вони не характеризують частотних спектрів муару. Ці первинні частоти утворюють комбінаційні частоти, рівні різниці й сумі первинних: по осі $x - \theta$ й $2\omega_p \cos \varphi$; по осі $y - \theta$ й $2\omega_p \sin \varphi$.

Таким чином, у напрямку кожної з осей координат виникають дві комбінаційні частоти, які попарно за певних умов можуть утворити картину муару. Оскільки нульові частоти не залежать від величини кута φ , тобто завжди можуть брати участь в утворенні видимого оком муару, умови невидимості двовірних структур (4) зводяться до системи нерівностей з виразу

$$\cos \varphi > \omega_{z1} / 2\omega_p, \quad \sin \varphi > \omega_{z2} / 2\omega_p. \quad (5)$$

При невиконанні хоча б одного з цих нерівностей очі людини повинні виявити нескінченні смуги (частота дорівнює нулю) уздовж однієї з осей координат, ширина яких визначається відповідною комбінаційною частотою. Якщо частота растрових структур у два рази більше ω_{z1} , та умова невидимості смуг муару відповідає кутам взаємного повороту РЕ в інтервалі від 29° до 151° , при $\omega_p = 3\omega_{z1}$ в інтервалі від $19^\circ 10'$ до $160^\circ 50'$. Якщо лініатура растра менше $2\omega_{z1}$, те при всіх кутах повороту буде спостерігатися муар. Також низькі лініатури самі по собі мало придатні для гарного ЕЦРЗ. Вважаємо, що растрову структуру з точок при частотному аналізі можна розглядати як результат сполучення двох і трьох лінійчато-растрових структур. Так найбільше часто застосовувана автотипна растрова прямокутна структура може розглядатися як результат накладення двох взаємно перпендикулярних

лінійчатих структур. Сполучення двох точкових структур пропонується в експерименті представити як сполучення чотирьох попарно перпендикулярних лінійчатих структур, що на (рис.5).

Цей факт установлено, і сформульовано у вигляді математичної моделі. Відповідно, первинні частоти головних гармонік у напрямку осей симетрії будуть знаходитися з виразу

$$\begin{aligned}\omega_x &= \omega_{x1} = \omega_{x2} = \omega_p \cdot \cos \varphi, \\ \omega_y &= \omega_{y1} = \omega_{y2} = \omega_p \cdot \sin \varphi, \\ \omega'_y &= \omega'_{y1} = \omega'_{y2} = \omega_p \cdot \cos \varphi, \\ \omega'_x &= \omega'_{x1} = \omega'_{x2} = \omega_p \cdot \sin \varphi.\end{aligned}\quad (6)$$

Пояснення цьому отриманому результату експериментів полягають у тому, що в напрямку кожної осі координат виникають пари частот, то в результаті їхньої суперпозиції можуть виникнути по чотирьох комбінаційних частотах, рівні абсолютним значенням напівсум, сум, напіврізниці й різниці цих первинних. Оскільки частотний спектр у напрямку осей координат однаковий, можна обмежити науковий аналіз одним напрямком, наприклад, по осі x , знаючи, що отримані результати повинні бути симетричні щодо кутів $\varphi = 22^\circ 30'$ і повторюватися через період 45° . Отже, у процесі експериментів нас будуть цікавити кути φ , що не перевищують $22^\circ 30'$.

Використано в експерименті, що зоровий аналізатор людини, в окремому випадку, і певною мірою являє собою частотний аналізатор, і якщо йому пред'являються відразу дві дискретні частоти, то можна припускати, що візуально людина може виявити ці частоти і їхнє биття, тобто різниці й суми. Таким чином, ми гіпотетично припускаємо, що людина, розглядаючи бінарну точкову структуру, здатний помітити комбінаційні частоти, їхньої різниці й суми, що є складовою частиною розробленого методу оцінки муару. Оцінивши можливі величини цього набору частот, пропонується аналіз обмежити розглядом лише двох найменших по величині частот ω_x і різницею напіврізницевої частоти ω_x в інтервалі кутів φ ,

що цікавить нас в роботі. Усі інші частоти спектра будуть більше цих двох частот, тому, якщо для них задовольняються умови невидимості, то вони тим більше будуть справедливими для всіх інших частот. При значенні φ , для яких ці дві найменші частоти дорівнюють нулю, ізовинне виникати муар з нульовою частотою, тобто розміри муару стануть нескінченно більшими й повинні спостерігатися явища різкої зміни яскравості залежно від різниці фаз двох точкових структур.

Науковий результат, що отриманий на підставі застосування розробленої теорії побудови РЕ зображень [5] і науково-методичного апарату дослідження муару викладений у [1] полягає в тому, що при скануванні зображень науковий аналіз графіків на (рис.1 – 6) дозволяє зробити деякі загальні попередні висновки по оптимальності оцінки муару. Вони полягають у тому, що найкращі області відносно непомітності муару симетричні біля кутів повороту растрів $22^{\circ}30'$ й 45° . При частоті першої гармоніки растрів менш $2,5\omega_{z1}$ не при якому куті повороту не буде пропадати муар. Умови, що $\omega_x = 0$ відповідає $\varphi = 0$, є умови рівності нулю іншої частоти, котра відповідає умовам коли $\varphi = 18^{\circ}25'$. Факт виникнення потужного створення муару при значеннях кута повороту растрів 0° й $36^{\circ}50'$ не залежить від лініатури растрів, тобто муар буде спостерігатися при всіх лініатурах растрів. Умови невидимості муару відповідають двом тригонометричним нерівностям

$$2\sin\varphi > \omega_{z1}/\omega_p, \quad 3\sin\varphi - \cos\varphi > \omega_{z1}/\omega_p \quad (7)$$

Графічно залежності частот муару представлені на (рис. 6).

Запропоновані шляхи вирішення проблем. Встановлено, що при скануванні та обробці у ЛФА періодичних структур поява муару виникає при взаємному накладенні кількох періодичних процесів [7]. Зміна кута повороту растрів сприяє змінюванню картини прояву муару: при збільшенні кута від 0° до $22^{\circ}30'$ знижується вплив макромуару й збільшується вплив мікромуару, при $22^{\circ}30'$ вони рівняються по частотах, потім картина міня-

ється на протилежну до $36^{\circ}50'$ після чого до 45° зменшуються й макро- і мікромуари. Розміри мікромуарів при кутах $22^{\circ}30'$ різні. Макромуар при куті 45° більший, мікромуар більше дрібний, чим при $22^{\circ}30'$. Тут ми вводимо термінологію і називаємо мікро- і макромуаром структури, що мають друг стосовно друга відповідно більш високу й більш низьку частоти. Вірніше було б уважати мікро- і макромуаром структури по частоті вище й нижче граничної частоти зорового аналізатора. У відмінності від раніше існуючих концепцій у розроблених нових теоретичних поданнях досить ефективно можуть бути використані розроблені методи теорії неевклідових конфігурацій РЕ й частотно-спектральних методів аналізу періодичних структур. У літературі [2] вказуються різні чисельні значення ω_{z1} й залежності ω_{z1} від умов і завдання спостереження. Тому ми провели визначення ω_{z1} в конкретних умовах розгляду муару дізоточкових діапазонів з лініатурою 60 лін/см без зображення. Виявилось, що ω_{z1} відповідає приблизно 19 лін/см. растр 60 лін/см володіє, таким чином, достатнім запасом по лініатурі. Граничним растром відносно муару є 43 – 50-лініатурний растр. Більше низьку лініатуру растра для структур, що сполучають, застосовувати, як установлене, нераціонально через появу значного муару. Проведене порівняння теоретичних й експериментальних оцінок свідчить про гарну їхню відповідність, тим більше, що ці оцінки перевірені практикою й зазначеними раніше великими експериментальними дослідженнями [3].

Висновки і перспективи подальших досліджень в науковому напрямку обробки зображень в технічній документації полягають в тому, що вперше запропоновано нетрадиційний підхід до вирішенні проблем на основі використання сучасного математичного апарату. Встановлено, що отримані результати експериментів, свідчать про правильність робочої гіпотези і про перспективність застосування частотно-спектральних подань для дослідження створення й оцінки

муару. Нагадаємо, що для оцінних розрахунків ми обмежилися лише аналізом спектрів, утворених тільки першими гармоніками. У принципі такий аналіз можна провести з урахуванням вищих гармонік і варіацій шпаруватості імпульсів, але в цих випадках доцільне застосування ПЕ-ОМ і спеціального програмного забезпечення з урахуванням тих подань, які розвинені вище.

Експериментальна перевірка запропонованої методики оцінки муару здійснена у видавництві "ПРЕСА УКРАЇНИ" на офсетній машині для виготовлення технічної документації. Проведено теоретичну оцінку явища муару на кольорових зображеннях технічної документації і виявлені експериментальні області створення макро- і мікромюару в періодичних растрових структурах. Результати теоретичного дослідження перебувають у гарній відповідності з експериментальною й виробничою практикою створення технічної документації у складі авіакосмічних CALS-технологій.

Список літератури

1. Кузнецов Е. Теоретичні основи муару // Палітра друку, № 3. – К.: 2003. – С. 36 – 40.

2. Эргономика зрительной деятельности человека – Л.: Машиностроение 1989. – 110 с.

3. Ситник А.Г. Исследование и разработка цифровых методов и средств синтеза цветных полутоновых изображений: Дис. ... канд. тех. наук. – К.: 1995. – 148 с.

4. Ситник А.Г. Информационные критерии оценки погрешности процессов градиционного преобразования и визуального восприятия при моделировании электронно-цифрового репродуцирования изображений // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – Т 5. – № 2. – К.: ІПРІ та ОД, 2003. – С. 26 – 33.

5. Ситник А.Г. Информационные критерии оценки методов и систем растривания при моделировании электронно-цифрового репродуцирования изображений // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – Том 5. – № 3. – К.: ІПРІ та ОД, 2003. – С. 8 – 17.

6. Про одну нечітку задачу багато-параметричного вибору оптимальних рішень / Сергієнко І.В., Парасюк І.М., Каспшицька М.Ф. // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – № 2. – С. 3 – 15.

7. Дорош А.К., Шабас Л.Д. Комп'ютеризовані репросистеми, автоматизовані системи переробки текстової та графічної інформації. – К.: ІВЦ „Видавництво ”Політехніка”, 2002. – 87 с.

8. Братухин А.Г., Никитин Н.Ф., Дмитров В.И. Система интегрированной логической поддержки авиационной техники на основе CALS-технологий / Вестник авиации и космонавтики. – 2000. – №2. – С. 8 – 11.