

лісових пожеж, при яких процес горіння припиняється. Розроблені до теперішнього часу математичні моделі лісових пожеж дозволяють правильно описувати механізми їх розповсюдження і класифікувати основні режими запалювання.

В якості розвитку програм та технології геоінформаційних систем у майбутньому передбачається моделювати розвиток пожеж залежно від справжньої ситуації лісового фонду та видів діючих пожеж, з метою координації роботи лісопожежних служб і призначення оптимального переліку заходів з гасіння та усунення наслідків пожеж.

Вирішення цих питань дозволить в першому наближенні завершити створення математичної теорії лісових пожеж і використовувати її для створення як способів і засобів для боротьби з лісовими пожежами, так і прогнозів екологічних наслідків лісових пожеж.

4. Висновки

В наведеній роботі викладені можливості підвищення якості розпізнання зображень із застосуванням геоінформаційних технологій, а також якості документування результатів моніторингу. Показані можливості використання багатоспектральної апаратури при дослідженні значних площ земної поверхні.

Література

1. Лупян, Е. А. «Дни космической науки 2010» — дистанционное зондирование Земли [Текст] : сборник научных статей / Е. А. Лупян, О. Ю. Лаврова, С. А. Баргалева, Г. А. Аванесов, Е. А. Шарков, О. Закутняя // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2010. — Т. 7, № 4. — С. 319–328.
2. Абушенко, Н. А. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы [Текст] / Н. А. Абушенко, С. В. Афонин, Д. А. Алтынцев, С. А. Тащилин, А. В. Татарников и др. // Аналит. обзор. — Новосибирск, 2003. — Вып. 68.
3. Язев, С. А. Мифы минувшего века [Текст] / С. А. Язев. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. — 341 с.
4. Попов, М. О. Сучасні погляди на інтерпретацію даних аерокосмічного дистанційного зондування Землі [Текст] // Космічна наука і технологія. — 2002. — Т. 8, № 2/3. — С. 110–115.

5. Леви, К. Г. Современная геодинамика и гелиогеодинамика. 500-летняя хронология аномальных явлений в природе и социуме Сибири и Монголии [Текст] / К. Г. Леви, Н. В. Задонина, С. А. Язев. — Иркутск : ИрГТУ, 2003. — 383 с.
6. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: Аналит. обзор [Текст] / СО РАН. ИОА. ГПНТБ; ред. В. В. Белов. — Новосибирск, 2003. — 135 с., ил. — Вып. 70.
7. Keeler, R. Sea truth measurements for remote sensing of littoral water [Текст] / R. Keeler, V. Bondur, D. Vithanage // Sea Technology. — April, 2004. — pp. 53–58.
8. Keeler, R. Optical satellite imagery detection of internal wave effects from a submerged turbulent outfall in the stratified ocean [Текст] / R. Keeler, V. Bondur, C. Gibson // Geophysical Research Letters. — 2005. — Vol. 32. — L12610, doi: 10.1029/2005GL022390.
9. Bondur, V. Features of Formation of Remote Sensing and Sea truth Databases for The Monitoring of Anthropogenic Impact on Ecosystems of Coastal Water Areas [Текст] / V. Bondur, M. Tsidilina // Proc. of 31 Int. Symp. on Remote Sensing of Environment, St. Petersburg, 2005.
10. Гисметео [Электронный ресурс] / Новости Гисметео. — Режим доступа: \www/ URL: http://www.gismeteo.ru/news/label/714/ — 28.06.2013 р. — Спутник НАСА сделал снимок природных процессов в Канаде.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ

На основе данных геоинформационных систем возможен прогноз поведения пожаров и их последствий, что в свою очередь позволяет осуществить планирование мероприятий в рамках определенных территорий и периода лесопожарного сезона по предупреждению возгорания лесных участков и устранения последствий пожаров.

Ключевые слова: дистанционное спутниковое зондирование, операторская деятельность, многоспектральные космические изображения, оперативный мониторинг.

Гусак Елена Михайлівна, аспірант, викладач кафедри автоматизованих систем управління, Приватний вищий навчальний заклад «Буковинський університет», Україна, e-mail: faucon30@yandex.ru.

Гусак Елена Михайловна, аспирант, преподаватель кафедры автоматизированных систем управления, Частное высшее учебное заведение «Буковинский университет», Украина.

Husak Olena, Private Higher Educational Institution «Bukovina University», Ukraine, e-mail: faucon30@yandex.ru

УДК 655.3.066.51

**Чеботарева И. Б.,
Захарченко В. В.**

ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ПОРТРЕТОВ

В статье представлены алгоритмы действий для ретуширования цифровых портретов и варианты автоматизации этих действий, исследовано влияние условий съемки и характеристик фотоаппарата, с которого взят снимок, на различные параметры процедур автоматизации. Выделены основные дефекты, которые возникают при работе с портретами.

Ключевые слова: ретуширование, портрет, автоматизация, алгоритмы, дефекты, полиграфия, фотография, сканирование, цифровая обработка

1. Введение

Искусство фотографии сегодня тяжело представить без ретуширования и обработки. В большинстве слу-

чаев, наравне с обычными фотографиями, исправления требуют фотографии, сделанные очень дорогими и качественными фотоаппаратами в руках у настоящих профессионалов, имеющих мировую известность.

Мы стремимся сделать наш мир лучше, добавить красок, четкости и, что существенно для фотографии, сделать ее более объемной. Исследования показывают, что человеку всегда интереснее смотреть на одушевленные предметы на изображении, чем на предметы. Поэтому в данной статье рассмотрены варианты алгоритмов действий для ретуширования портретной съемки цифровых оригиналов.

2. Цели и задачи исследований

Любой вид полиграфической продукции, будь то книги, журналы, рекламная или упаковочная продукция, включает в себя фотографии. Современные издания радуют обилием ярких, неповторимых, запоминающихся фотографий. В то же время стоит учитывать то, что далеко не всегда с первого раза получается нужный кадр, эмоция на лице человека. Кроме того, снимок мог быть сделан непрофессиональным фотоаппаратом, из-за чего ухудшается качество изображения. Т. е. из тысяч фотографий, сделанных во время фотосессии, необходимо выбрать одну, перед этим всех их отретушировав. Ведь вид изображения значительно меняется после ретуширования. Для однотипной ручной обработки серии фотографий потребуется много времени, при этом, учитывая человеческий фактор, далеко не факт, что изображения действительно будут обработаны одинаково.

Эти же проблемы касаются фотографий, введенных другим способом, например через сканер. Далеко не всегда на таких снимках можно вообще что-либо разглядеть, теряются черты лица человека, смазывается фон и т. д. Для таких фотографий характерна размытость, недостаток контрастности. Часто для сканированных фотографий характерен недостаток цвета и средних тонов, в результате чего изображения выглядят не достаточно выразительно. Сканированным фотографиям может не хватать яркости, этот недостаток тоже портит изображение.

Причинами непригодности портретов также могут являться неверно выбранное освещение во время съемки, может быть некорректно настроена резкость в фотоаппарате или другие параметры. В других случаях могут быть неверно выбранные параметры во время сканирования, ведь человек, который оцифровывал изображения, мог попросту не знать или не задумываться о том, какие параметры необходимо выбирать. В связи с этим, фотографии могут иметь низкое разрешение (меньше 300 dpi) и несоответствующие размеры. Таким образом, можно выделить следующие характерные дефекты портретов:

- цветовые дефекты;
- недостаток резкости, размытость;
- недостаток контрастности;
- недостаток яркости.

Данные проблемы встречаются довольно часто. Схожесть вызванных дефектов дает возможность объединить фотографии в общую группу (пакет) для автоматизации их обработки. Для этого необходимо выделить определенную последовательность действий для устранения общих дефектов.

Целью данной работы является изучение последовательности технологических операций, составляющих процесс улучшения портретных изображений и разработка процедур автоматизации для типовых операций.

Данные вопросы были рассмотрены в работах [1–5]. Однако данные авторы описывают некоторые особенности обработки и улучшения цифровых изображений, но не дают обобщенной характеристики дефектов портретной фотосъемки и конкретных алгоритмов их устранения.

Для разработки и апробации алгоритмов устранения дефектов цифровых портретов был выбран графический редактор Adobe Photoshop CS5. В нем существует большое количество фильтров, инструментов для ретуширования, цветокоррекции, и пр. Кроме этого программа позволяет работать со слоями и различными цветовыми пространствами, а также имеет мощный инструментарий для написания макросов.

3. Экспериментальная часть

Для примера была взята фотография с цветовыми дефектами — на ней фон кажется ярче, чем лицо девушки. Изображение было сделано любительским фотоаппаратом, в темном помещении, за счет чего и теряется сам образ.

Чтобы придать лицу более естественный оттенок, выделить его на фоне, был выполнен ряд действий.

Дублирование слоя. Выбрана команда Image > Apply Image. В качестве целевого объекта в строке Target диалогового окна Apply Image автоматически указывается открытый канал. В качестве источника (секция Source) выбран зеленый канал, оставляя режим Normal и непрозрачность 100 %. В ходе этой процедуры содержимое зеленого канала копируется в красный и в синий каналы, которые в результате становятся одинаковыми. Одинаковые каналы RGB дают серый цвет. Следовательно, изображение превратится в черно-белое.

После этого следует изменить режим наложения слоев на Luminosity, таким образом, программа получает указание использовать в изображении цвет оригинала, который находится на нижнем слое. Этот прием дает хороший эффект, потому что детали нормально освещенных лиц лучше всего проработаны в зеленом канале. Если три канала рассматривать как отдельные черно-белые изображения, то зеленый будет самым лучшим. Иногда в изображениях людей со светлой кожей синий канал тоже выглядит неплохо, и тогда можно взять и его.

Работу данного алгоритма можно увидеть на рис. 1. Заметно, что лицо девушки стало казаться более объемным, фигура отделилась от фона и теперь не сливается с ним. Черты лица стали более выразительны, волосы прорисованы и видна их четкая граница, кроме того придан им блеск. В целом изображение приобрело более привлекательный вид.

На следующем изображении снимок выполнен в солнечный день, достаточно хорошим фотоаппаратом. Видно, что фотография кажется слишком темной, при том, что необходимо передать солнечность и безмятежность. Кроме того цвет лица опять сливается с фоном. Изображению не хватает контраста. Чтобы выполнить цветокоррекцию и сделать изображение немного светлее, а черты лица более нежными и сглаженными необходимо выполнить следующий алгоритм действий.

Прежде всего, нужно знать, в каком цветовом пространстве загружается изображение в Adobe Photoshop. Его необходимо перевести в LAB пространство, где L — это значение светлоты, А и В — значения координат цветов.



Рис. 1. Пример портрета с цветовыми дефектами

Для перевода файла в другое цветовое пространство следует использовать не просто Image > Mode, а команду Edit > Convert to Profile [6, 7]. При этом рекомендуется выполнять сведение слоев. Дело в том, что при переводе изображения, скажем, из RGB в CMYK корректирующие слои пропадают, если слои предварительно не объединить. Результаты наложения в новом пространстве могут оказаться пересчитанными самым неожиданным образом — это касается всех режимов, кроме Normal.

Сократив количество слоев LAB-изображения до одного, необходимо сразу же создать сверху дубликат этого слоя для перехода к следующему шагу.

Согласно алгоритму, надо наложить каналы А и В сами на себя и режиме Overlay с непрозрачностью 100 %. Идея состоит в том, чтобы сделать верхний слой насыщеннее, чем нужно, а потом поупражняться со степенью непрозрачности. На практике цвет лица изображенного на фотографии человека может потребовать разного уровня непрозрачности для каждого канала. Телесные тона содержат красный компонент, но ни А, ни В не могут создать этот цвет друг без друга.

С усилением канала А цвет кожи становится более розовым или пурпурным. Усиление В придает коже желтый оттенок. Чтобы сделать ее более красной, надо повышать оба значения. Работая с данным алгоритмом необходимо помнить, что [5]:

- лица светлокотных людей европейского типа требуют большего усиления желтой компоненты, нежели пурпурной. Обычно у этих людей бывают светлые волосы и голубые глаза;
- смуглые и темнокожие европейцы и представители других этнических групп не нуждаются в искусственном загаре. У многих жителей Азии кожа темнее, чем у любого европейца;
- в изображениях людей европейского типа с довольно темной кожей, а также представителей других этнических групп и особенно афроамериканцев излишек желтого неприятен. Следует усилить пурпурный компонент телесных тонов в большей степени, чем желтый;
- при очень светлой коже значение В должно быть выше, чем А, а при очень темной — наоборот.

После наложения каналов, необходимо понизить уровень непрозрачности слоев до приемлемого уровня. В данном случае эти значения колеблются от 15 % до 20 %. Следует также учитывать калибровку монитора.

Результат выполнения алгоритма представлен на рис. 2. Заметно, что тени на лице не настолько насыщены, как на левом изображении. Кроме того оно приобрело розоватый оттенок, что создает впечатление свежести и солнечности, атмосфера на фотографии лучше передана.



Рис. 2. Пример портрета с недостатком контрастности

Очень часто после того, как с изображением проделали предыдущие алгоритмы, теряется резкость, кажутся непрорисованными черты лица, плохо переданы оттенки волос, детали одежды. Следующий алгоритм поможет сделать изображение объемнее, прорисовать мелкие детали, устранить незначительные размытости.

Традиционный метод повышения резкости работает по принципу обнаружения и подчеркивания границ тех или иных областей. Это хорошо для глаз, ресниц, волос, украшений, но нежелательно для кожи. Метод hiraloom (high Radius low Amount — большое значение Radius, малое значение Amount) помогает придать лицу объемность.

Если изображение предназначено для вывода в CMYK, следует воспользоваться методом hiraloom в LAB, затем преобразовать файл в CMYK и поднять резкость только в черном канале, который обычно не содержит деталей кожи. Это позволяет повысить резкость волос и глаз.

Если нужны RGB-файлы — всю работу по повышению резкости необходимо проделать в LAB [8, 9].

Чтобы ограничить эффект преимущественно темными областями изображения, не затрагивая телесных тонов, следует загрузить инвертированную маску светлоты. Резкость поднимаем не во всех каналах, а только в L. Затем следует применить фильтр Unsharp Mask. Самое главное — подобрать верное значение Radius. А это удобнее всего делать, отслеживая, что происходит с картинкой при непомерно завышенной величине Amount.

Для наглядности были взяты два примера, этот алгоритм проделали с предыдущей фотографией и на рис. 3 можно пронаблюдать, как на фоне осветленного лица выделяются ресницы и брови.

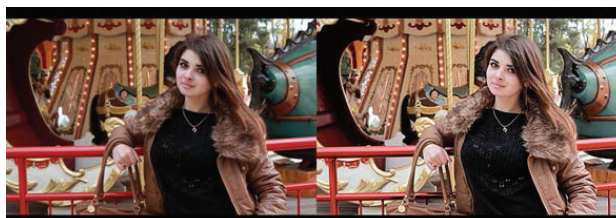


Рис. 3. Результирующее изображение

Помимо черт лица, видно, как прорисовался узор на кофте, труба стала объемнее, а изображение действительно стало казаться более объемным, девушка,

словно выдвинулась на передний план, а расстояние между ней и каруселью стало более ощутимо.

Для второго примера была взята фотография с различными значениями Amount. Этот показатель оказывает сильное влияние на портрет (рис. 4).



Рис. 4. Пример повышения резкости

Левое изображение — изначальное, среднее с выполнением команды Unsharp Mask с достаточным значением Amount, правое соответственно с чрезмерным. На крайнем правом портрете видно, где заканчиваются кончики волос у девушки, что выглядит очень неэстетично. Кроме того, заднее растение слишком бросается в глаза, что портит всю композицию.

На среднем же изображении все значения взяты в меру, бабочка не сливается с лицом модели, тени не мешают рассмотреть черты лица девушки, присутствует объемность.

После определения и проверки последовательности операций для устранения характерных дефектов портретных изображений можно перейти непосредственно к созданию макросов: операций или экшнов («Action») в программе Adobe Photoshop. Экшны — это набор последовательно записанных действий, проведенных над изображением, которые можно применить и к другому изображению, а также использовать в пакетной обработке. Он создается следующим образом:

- открыть нужный файл;
- открыть палитру «Операции» («Window» — «Actions»);
- создать новый набор экшнов, дав ему соответствующее название;
- создать новый экшн, также дав ему название и другие характеристики, если это требуется;
- записать последовательность действий, то есть последовательно проделать в режиме записи то, что затем будет делать экшн [8, 9].

После закрытия программы все созданные экшны удаляются, поэтому набор экшнов необходимо сохранить по следующему пути: C:\Program Files\Adobe\Adobe Photoshop CS5\Presets\Actions. Далее они загружаются Photoshop простым двойным щелчком мыши.

Обработка с помощью экшнов даже отдельных изображений выполняется гораздо быстрее, чем вручную. Для наглядного примера эффективности автоматизированного метода улучшения качества изображений выполнено сравнение ручной обработки данных изображений и пакетной с помощью экшнов.

Среднее значение по всем процедурам обработки составило 15,3 [10]. Это значит, что автоматическая обработка изображений выполняется в среднем в 15 раз быстрее ручной. Это очень важно, так как экономия сил и времени на однотипную обработку позволит в целом увеличить количество выполненной работы за рабочий день.

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты ручной и автоматической обработки изображений

Исправляемый дефект	Ручная обработка, мин.	Автоматическая обработка, мин.	Сравнение, раз
Цветовые дефекты	10:46	00:30	21,5
Артефакты компрессии	10:30	00:31	20,3
Резкость	6:12	00:35	10,6
Контрастность	8:12	00:47	10,5
Яркость	5:38	00:24	14,1
Размер, разрешение	4:49	00:20	14,5
Среднее значение по всем процедурам			15,3

После того, как экшны созданы, с их помощью можно легко проводить как обработку отдельных изображений, так и пакетную обработку. Это можно вести двумя способами: через сценарии и с помощью дроплетов.

Для использования сценариев на данном этапе все готово, стоит только открыть панель «Обработчик изображений» («File» — «Scripts» — «Image Processing»), выбрать необходимые параметры, такие, как набор изображений для обработки, место сохранения результатов, тип сохраняемых файлов (можно выбрать несколько форматов) и экшн, с помощью которого будет обрабатываться пакет, затем запустить сценарий, и начнется автоматическая обработка.

Во втором случае необходимо создать дроплет. Дроплет («Droplet») — это небольшое приложение, которое автоматически обрабатывает все перетаскиваемые на него изображения. После создания дроплета («File» — «Automate» — «Create Droplet») и задания ему нужных параметров (место сохранения файла дроплета, набор и конкретный экшн, место сохранения получившегося изображения), в указанном месте появится иконка дроплета. Ее можно разместить в удобном для пользователя месте, например в папке с обрабатываемыми изображениями, или на рабочем столе, и легко проводить обработку нужных изображений, просто перетащив его на эту иконку.

4. Выводы

Автоматизация обработки изображений значительно упрощает работу над ретушированием портретов, экономия времени, и силы, однако не стоит забывать, что, наряду с типичными для рассмотренного случая дефектами, существуют уникальные дефекты, и для достижения наилучшего результата их также нужно устранить.

Таким образом, в данной работе были рассмотрены основные дефекты цифровых портретов, а также разработана последовательность их устранения. После этого был разработан набор операций или экшнов, основанный на указанной последовательности, с помощью которых можно автоматически устранять характерные дефекты и выполнять пакетную обработку изображений. Также проведен сравнительный анализ ручной обработки изображений и выполнения тех же операций автоматически. Он показал, что автоматическая обработка выполняется в 15 раз быстрее по сравнению с ручными способами редактирования изображений.

Разработанные алгоритмы и процедуры обработки портретных фотографий и полученные макросы можно

рекомендовать для использования фотограмм, например, для обработки серии фотографий, или же использовать на этапе допечатной подготовки для ускорения и облегчения процесса обработки изображений при подготовке оригинал-макетов полиграфической продукции. Особенно это актуально при изготовлении рекламной продукции, для которой обрабатывают большой объем разнообразных изображений, в частности для рекламных каталогов.

Литература

1. Sharma, G. The Digital Color Imaging Handbook [Text] / G. Sharma. — New York: CRC Press, 2003. — 764 p.
2. Chebotareva, I. Digital image quality evaluation adapted to structure of the open printing system [Text] / Irina Chebotareva, Natalia Gurieva // 15 International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Senj, 21st – 24th September 2011, Croatia. — 2011. — pp. 301–307.
3. Фрэзер, Б. Управление цветом. Искусство допечатной подготовки : пер. с англ. / Б. Фрэзер, К. Мэрфи, Ф. Бантинг. — К.: ООО «ТИД «ДС», 2003. — 464 с.
4. Шашлов, Б. А. Цвет и цветовоспроизведение / Б. А. Шашлов. — М.: МГУП, 2003. — 180 с.
5. Margulis, D. Photoshop LAB Color: The Canyon Conundrum and Other Adventures in the Most Powerful Colorspace / D. Margulis. — CA: Peachpit Press Berkeley, 2005. — 384 p.
6. Кузнецов, Ю. В. Технология обработки изобразительной информации [Text] / Ю. В. Кузнецов. — СПб.: Петербургский институт печати, 2002. — 244 с.
7. Айсманн, К. Энциклопедия цифровой фотографии Кэтрин Айсманн. Ретуширование и восстановление фотографий [Текст] / К. Айсманн. — М.: Вильямс, 2011. — 576 с.
8. Кларк, М. Т. Фильтры для Photoshop 5. Спецэффекты и дизайн [Текст] / М. Т. Кларк. — М.: Диалектика, 1999. — 384 с.
9. Пожарская, С. Фотомастер. Книга о фотографах и фотографии [Текст] / С. Пожарская. — М.: Пента, 2001. — 336 с.
10. Артюхова, А. А. Способы автоматизации обработки цифровых оригиналов с дефектами [Текст] : матер. III заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Омск, 28–30 мая 2013 г. / науч. ред. С. Н. Литинов, отв. ред. И. А. Сысуев // Полиграфия: технология, оборудование, материалы. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. — 140 с.

МОЖЛИВОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ПОРТРЕТІВ

У статті представлені алгоритми дій для ретушування цифрових портретів і варіанти автоматизації цих дій, досліджено вплив умов зйомки та характеристик фотоапарата, з якого взято знімок, на різні параметри процедур автоматизації. Виділено основні дефекти, які виникають при роботі з портретами.

Ключові слова: ретушування, портрет, автоматизація, алгоритми, дефекти, поліграфія, фотографія, сканування, цифрова обробка.

Чеботарева Ірина Борисівна, доцент, кафедра Медіасистеми і технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Захарченко Вероніка Володимирівна, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, e-mail: miss.mill@mail.ru.

Чеботарьова Ірина Борисівна, доцент, кафедра Медіасистеми і технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Захарченко Вероніка Володимирівна, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Chebotareva Irina, Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine.

Zakharchenko Veronika, Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: miss.mill@mail.ru

УДК 621.314.222.6

Ільїн С. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ТА ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В РАДІАТОРНІЙ СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Розглядаються теплообмінні та гідродинамічні процеси, які мають місце в радіаторах систем охолодження силових трансформаторів при відведенні теплоти від масла до навколишнього середовища. Описується експериментальна установка, створена для проведення досліджень. Проводиться порівняння результатів, отриманих експериментальним шляхом з результатами математичного моделювання.

Ключові слова: коефіцієнт тепловіддачі, силовий трансформатор, радіатор системи охолодження, швидкість течії масла

1. Вступ

На сьогоднішній день проблеми організації ефективного відводу тепла від активної частини масляних трансформаторів при мінімальних витратах на електроенергію та обладнання є одними з ключових в галузі. Відвід теплоти від трансформаторного масла здійс-

нюється в радіаторах. Завдяки процесам, що мають місце в радіаторній системі охолодження, вдається досягти температури масла на вході в обмотку трансформатора, яка дозволяє організувати ефективний відвід теплоти від міді котушок для подальшої передачі її навколишньому середовищу.