

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ АВИАЦИОННЫХ ИНДИКАТОРОВ

© 2024 В.Г. Антишин¹, С.К. Киселев², И.А. Разумов¹, Д.Ш. Шорина¹¹ Ульяновское конструкторское бюро приборостроения, г. Ульяновск, Россия² Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 06.06.2024

В статье рассмотрена классификация дефектов авиационных индикаторов.

Описаны возможные дефекты отображения динамически синтезируемых изображений, выводимых на экран жидкокристаллического дисплея. Указаны возможные дефекты конструктивных элементов жидкокристаллического дисплея авиационного индикатора, их влияние на отображение информации. Выделены классификационные группы дефектов жидкокристаллического дисплея, оказывающие влияние на изображение. Представлена расширенная классификация дефектов современного жидкокристаллического дисплея по выделенным классификационным группам. Приведены примеры отображения информации с дефектами, которые соотнесены с разработанной классификацией. Приведены задачи, которые позволяет решить классификатор дефектов с учетом большего числа систематизированных признаков. Рассмотрены вопросы использования разработанного классификатора.

Ключевые слова: авиационный индикатор, жидкокристаллический дисплей, дефект изображения, классификация.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-4(3)-347-357

EDN: KOVSJH

ВВЕДЕНИЕ

Основным компонентом системы электронной индикации современного летательного аппарата, обеспечивающим выдачу большей части информации, необходимой для пилотирования, служит широкоформатный жидкокристаллический многофункциональный индикатор, расположенный на приборной панели в кабине [1].

На авиационном индикаторе (АИ) отображается разнообразная оперативная информация в виде мнемосхем, графиков, таблиц или изображений, передаваемых с метеонавигационной радиолокационной станции, системы раннего предупреждения приближения земли, телевизионной информации от обзорных систем. Информация летному экипажу представляется в разных цветах, в алфавитно-цифровой и символично-графической форме, в статическом и динамическом режимах.

Учитывая, что система визуального информирования экипажа высоко критична с точки

зрения безопасности (ее отказ может привести к катастрофической или аварийной ситуации) к АИ предъявляется ряд требований, в том числе по светотехническим параметрам, обеспечивающим безошибочное считывание информации в различных условиях эксплуатации [2]. Если при отображении информации на дисплее индикатора будут возникать различные дефекты, то они могут существенно повлиять на восприятие отображаемой информации экипажем. Наличие дефектов может не приводить к полной неработоспособности изделия, но снижает безопасность пилотирования [3].

Контроль функционирования АИ проводится при испытаниях в специальном технологическом режиме, в котором индикатор отображает тестовые кадры, предназначенные для проверки динамических и светотехнических параметров ЖК-панели, проверки наличия дефектов изображения, отображения результатов тестирования аппаратуры индикатора. При испытаниях индикатор, прежде всего, подвергается проверке на непрерывность работы. Проверка проводится в нормальных климатических условиях. Блок во включенном состоянии выдерживают в течение достаточно длительного времени, при этом на индикаторе непрерывно выводятся тестовые изображения, правильность которых контролируется оператором.

Для испытаний в условиях, близких к климатическим требованиям эксплуатации, индикатор помещают в специальную термокамеру и, после достижения установленного теплового

Антишин Вячеслав Геннадьевич, начальник тематической комплексной бригады научно-исследовательского отдела. E-mail: vecheslave@mail.ru

Киселев Сергей Константинович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Измерительно-вычислительные комплексы». E-mail: ksk@ulstu.ru

Разумов Игорь Анатольевич, директор научно-технического центра разработок. E-mail: razumov@ukbr.ru

Шорина Динара Шаукатовна, начальник тематической комплексной бригады научно-исследовательского отдела. E-mail: dinalimova@icloud.com

режима, выдерживают определенное время, а затем выводят тестовые изображения, которые контролируют на наличие дефектов.

Многообразие возникающих дефектов АИ, причин, вызывающих их, ставят задачу создания достаточно полной и функциональной классификации дефектов, которая может быть использована при испытаниях, разработке, выборе технологий изготовления индикаторов.

ПОСТРОЕНИЕ КЛАССИФИКАТОРА

Выбор методики классификации зависит от целей ее использования. Наиболее сложная классификационная информация необходима при исследовании объектов, разработке систем автоматизации проектирования различных устройств, при реализации технологий изготовления изделий. В этом случае классификаторы включают большое число отобранных в соответствии с поставленными целями признаков [4].

В рассматриваемом случае методика классификации дефектов должна предусматривать возможность определения причин их вызывающих. Признаки дефектов, их качественные различия, порождающие причины, требуют разработки многоуровневого классификатора.

При построении классификации дефектов АИ с ЖК-дисплеями за основу можно взять, например, общую известную классификацию дефектов согласно [5], которая представлена на рис. 1.

Согласно [6] к отображаемой авиационными ЖК-дисплеями информации, предъявляется ряд требований, которые также могут служить классификационными признаками дефектов, рис. 2.

Однако, указанные на рис. 1 и 2 классификации не охватывают все необходимые признаки, применимые к дефектам современного ЖК-дисплея.

Приведение более подробной классификации с учетом большего числа признаков позволяет решить следующие задачи:

- определение причин, приводящих к однотипным дефектам (качество комплектующей ЭКБ, конструктивные решения, технология изготовления и др.);

- определение более эффективных методов выявления дефектов;

- сокращение времени анализа при выявлении дефектов;

- оценка возможности и затрат на устранение выявленных дефектов.

Основные конструктивные элементы ЖК-дисплея АИ, которые влияют на образование дефектов, приведены на рис. 3:

- фланец (1) и лицевая панель (9);

- устройство подсвета, состоящее из отражающих пленок (2), световода (3), светорассеивающих пленок (4), платы со светодиодами (5), прижима узла подсвета (6);

- жидкокристаллическая матрица с платой драйверов (7);

- нагревательное стекло, защитное стекло/сенсорное стекло (8).

Используя иерархический метод в соответствии с целями разработки классификации можно выделить следующие группы дефектов ЖК-дисплея:

D1 По причине возникновения:

D1.1 Дефект конструктивный;

D1.2 Дефект эксплуатационный;

D2 По отображению дефекта.

Большинство дефектов АИ приводят к потерям либо искажениям изображения тестовых кадров на ЖК-дисплее и могут быть идентифицированы по ним.

Дефекты группы D1.1 «Конструктивные», как правило, выявляются при испытаниях в процессе производства индикатора (в случае отказа электронной компонентной базы, наличия царапин и других косметических изъянов и др.).

Дефекты группы D1.2 «Эксплуатационные» вызываются различными физическими воздействиями на индикатор в процессе эксплуатации, в том числе при неправильной эксплуатации изделия.

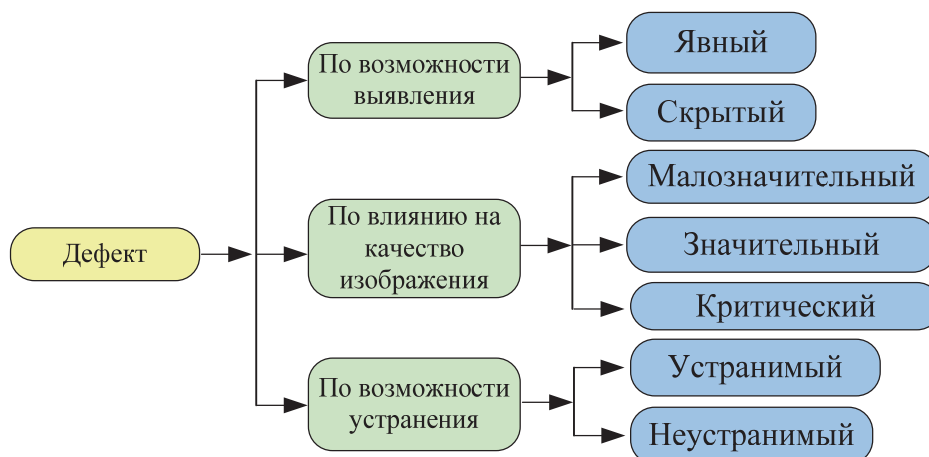


Рис. 1. Классификация дефектов по ГОСТ 15467

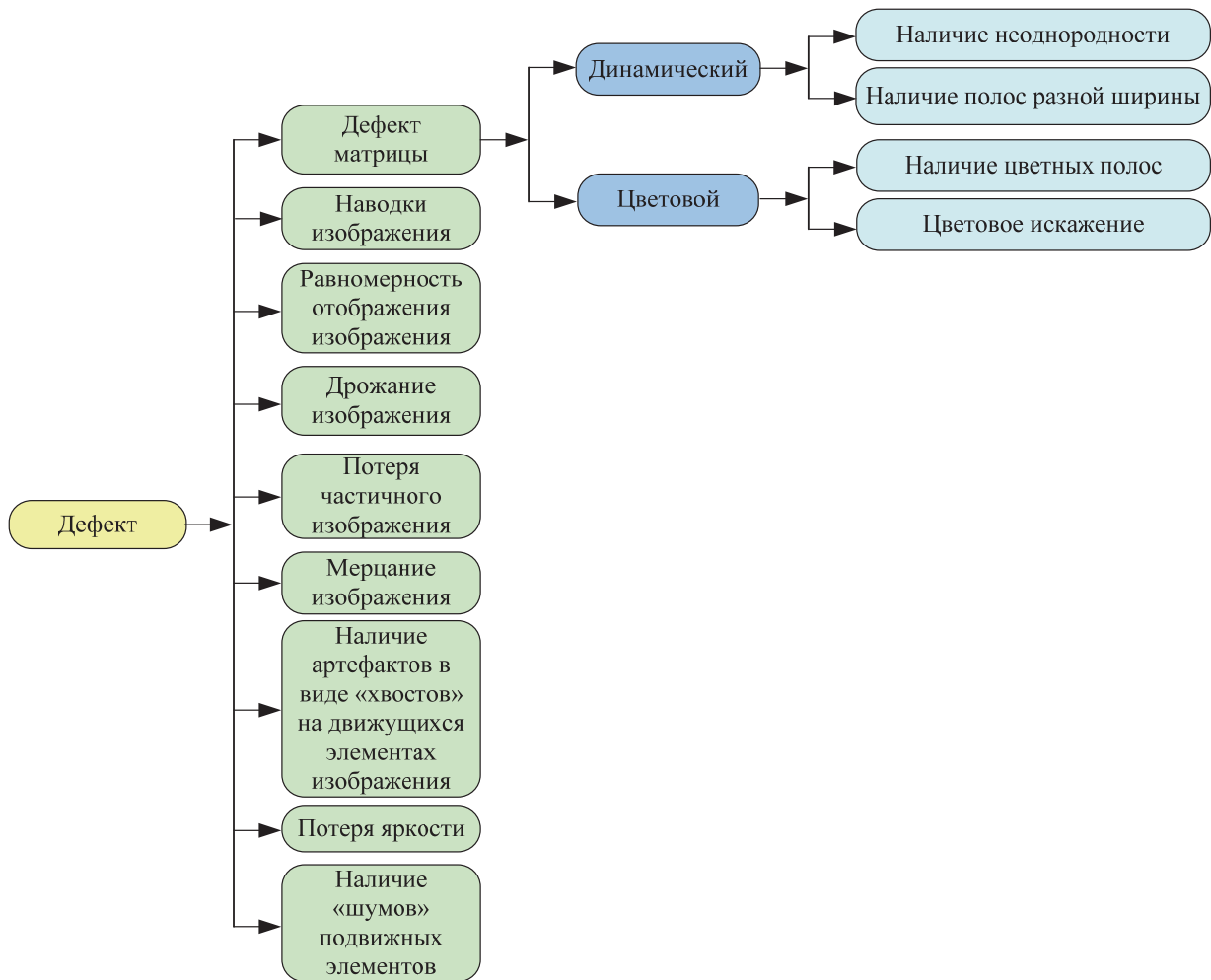


Рис. 2. Классификация дефектов по ARP 4256

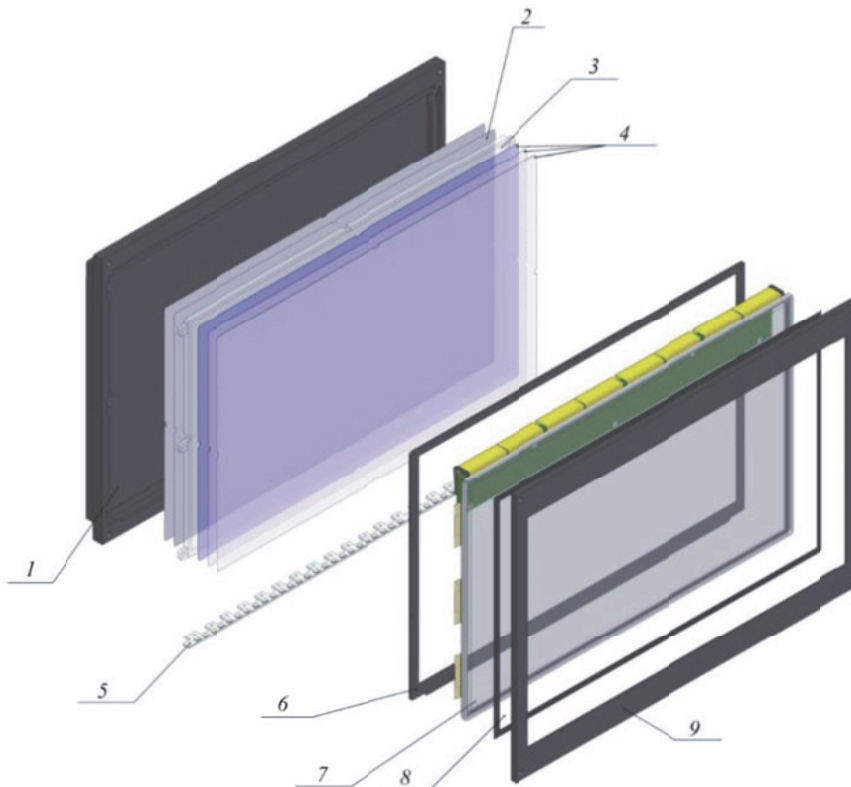


Рис. 3. Обобщенная конструкция ЖК-дисплея

Если какая-либо из функций системы формирования изображения АИ (гамма-коррекция, наложение, преобразование и коррекция цвета, масштабирование, время вывода и положение информации) отказывает, это приводит к появлению на ЖК-дисплее соответствующего дефекта. Такие дефекты классифицируются, как относящиеся к группе D2 «Дефекты отображения изображения».

Классификация дефектов ЖК-дисплеев в рамках групп D1 и D2и их причины приведены на рис. 4 - 7.

Поверхности составных элементов конструкции ЖК-дисплея могут иметь дефекты, которые при наложении друг на друга в соста-

ве индикатора оказывают влияние на изображение, выводимое на экран (дефекты групп D1.1.4-D1.1.7).

Группы дефектов D1.1.3.1, D1.1.4.1, D1.1.5.1, D1.2.2.1, D1.2.2.2, D1.2.3.1, D1.2.3.2, D1.2.4.1, D1.2.4.5 представляют собой пузыри, выколки, трещины, черные точки в виде инородных включений, царапины, риски, скопления царапин и другие дефекты экрана, не исчезающие самостоятельно и не удаляемые путем очистки экрана специальными средствами.

Дефекты группы D2 оказывают влияние на цветопередачу, контраст изображения по всей площади рабочей поверхности, что в свою оче-

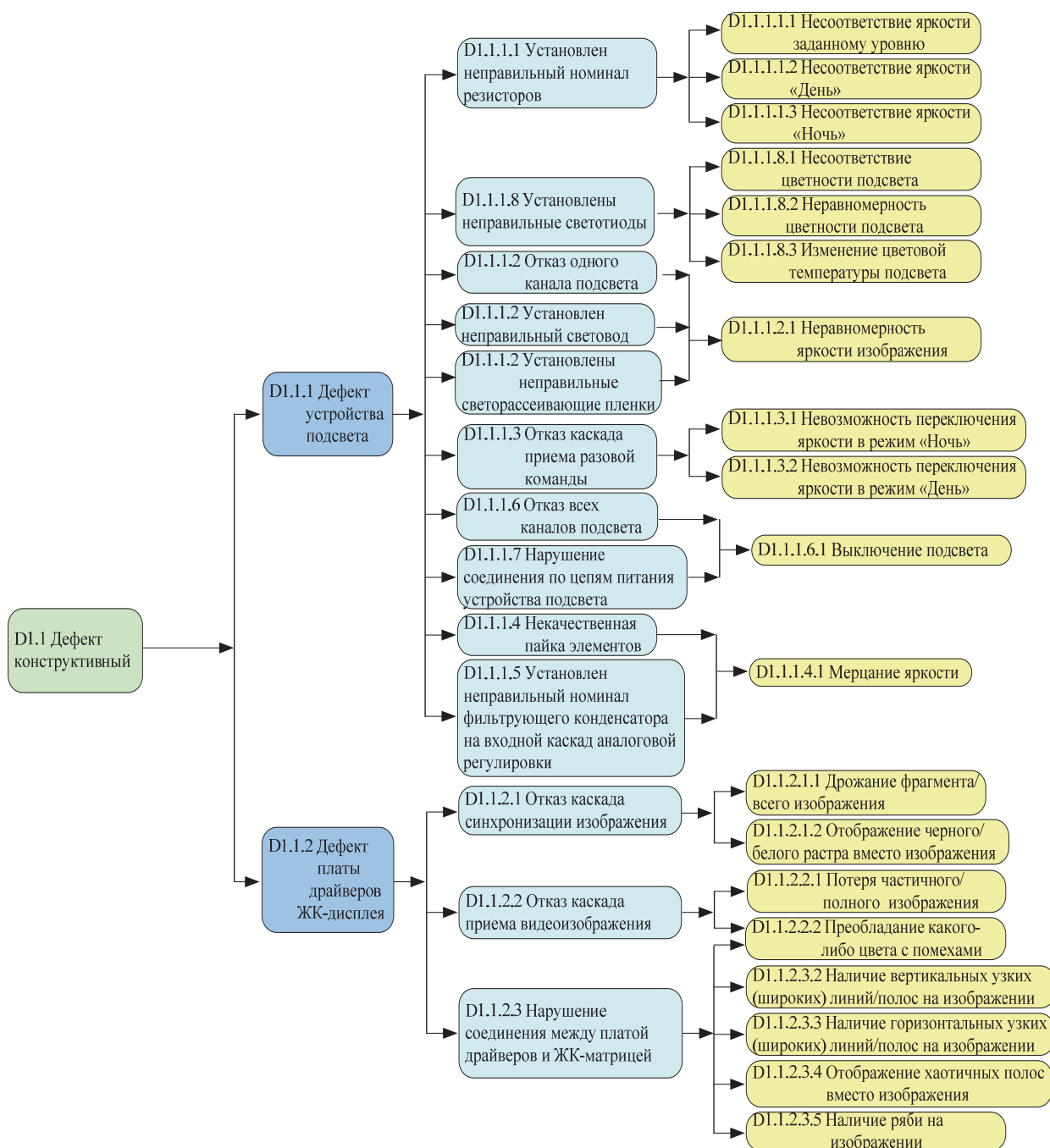


Рис. 4. Признаки дефектов группы D1 подгруппы D1.1

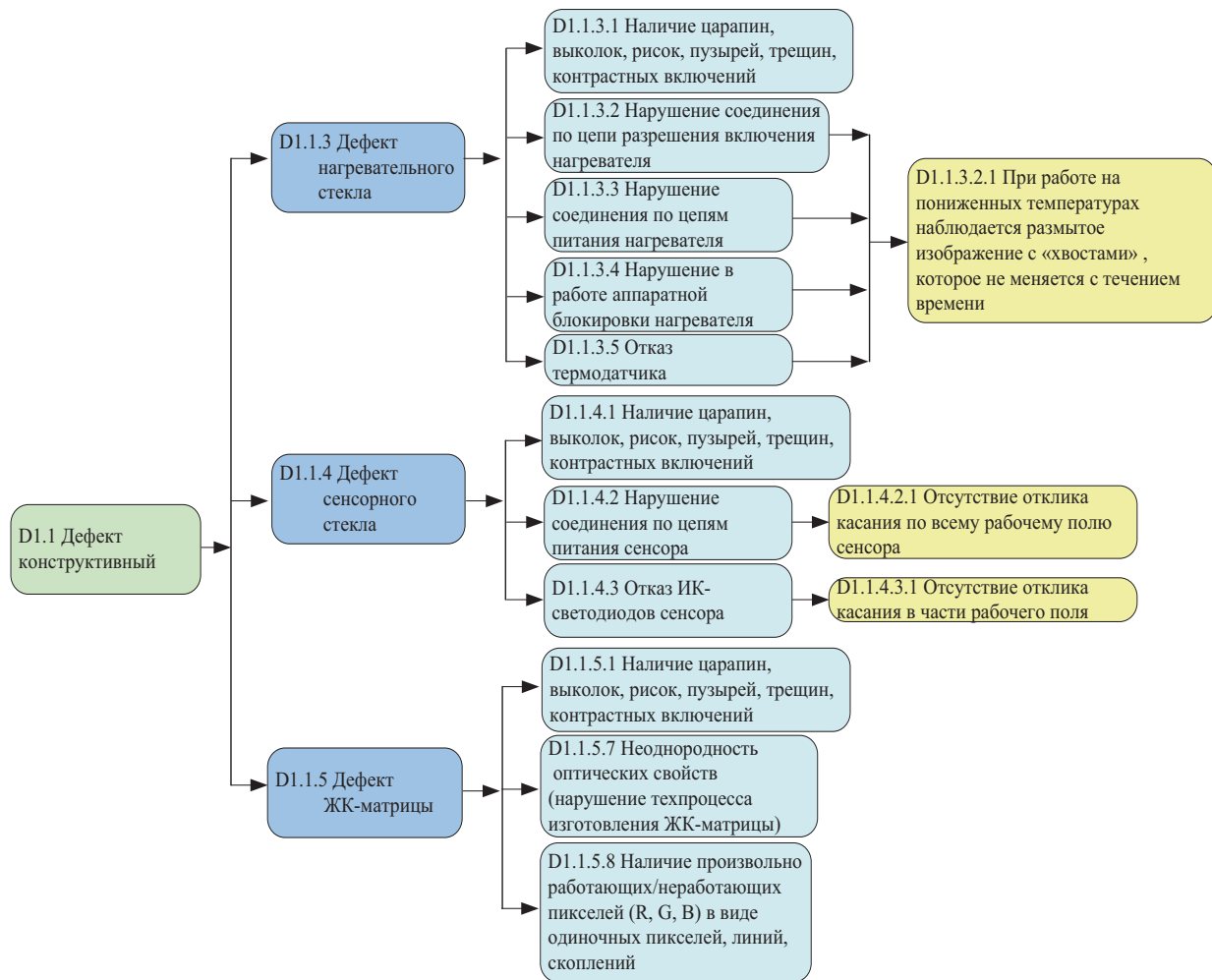


Рис. 5. Признаки дефектов группы D1 подгруппы D1.1

редь влияет на корректное считывание информации оператором с ЖК-дисплея.

В таб. 1 приведены виды дефектов в соответствии с их классификацией и примеры отображения информации с указанными дефектами.

Примеры отображения информации с дефектами показывают, что некоторые искажения динамически синтезированных изображений могут быть не заметны оператору по причине их небольших размеров, разбросанности по поверхности экрана, короткого времени проявления. Поэтому существует сложность их визуальной фиксации. При этом факт появления дефектов говорит, что причины их порождающие, присутствуют в устройстве и при эксплуатации индикатора на борту летательного аппарата они могут увеличиться и начать оказывать влияние на восприятие информации.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАССИФИКАТОРА

Используя приведенную классификацию дефектов, оператор при обнаружении дефекта при испытаниях в процессе производства или

при эксплуатации может самостоятельно классифицировать дефект, сделать выводы о возможности или невозможности его устранения. При обнаружении повторяющихся однотипных дефектов можно определить причину возникновения дефектов.

Учитывая большое разнообразие дефектов АИ, причин их вызывающих, разработанная классификация является достаточно сложной. При этом ее системное использование на конкретном производстве позволит накапливать информацию о проявлении различных дефектов в АИ ЖК-дисплеи которых отличаются конструкцией или технологий изготовления, устанавливать связь между возникновением дефектов, используемыми технологиями изготовления, используемой электронной компонентной базой, условиями эксплуатации (испытаний) устройств и т.п. Данная информация в систематизированном виде позволит определить эффективные методы обнаружения и устранения обнаруженных дефектов.

Перспективным для выявления дефектов авиационных жидкокристаллических индикаторов является использование систем автома-

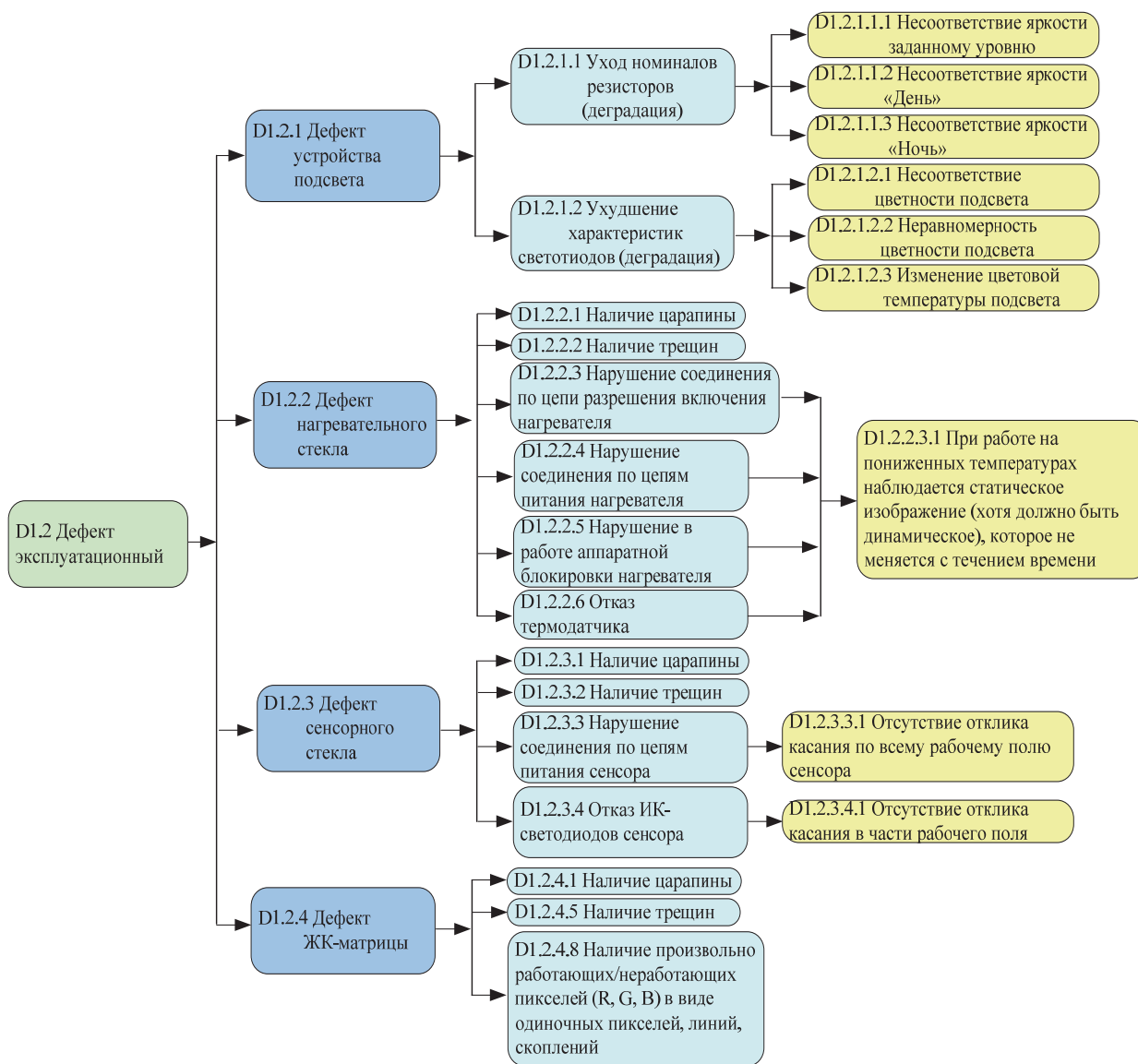


Рис. 6. Признаки дефектов группы D1 подгруппы D1.2

тизированного контроля типа NI Vision Builder for Automated Inspection, которые реализуют инструменты машинного зрения для промышленного контроля и верификации изделий [7]. Так, одним из инструментов Vision Builder AI является Golden Template Comparison, который позволяет выявлять дефекты на отображаемом индикатором изображении путем его сравнения с эталонным шаблоном.

На основе данного программного обеспечения компания DMC (США) разработала автоматизированную информационную систему проверки ЖК-экранов для дисплеев транспортных средств.

Реализация предлагаемой классификации дефектов в виде интерактивного классификатора в автоматизированной системе контроля и его использование для проведения контрольных испытаний индикаторов в процессе производства позволит увеличить процент выявления

дефектов, автоматически классифицировать их и делать заключения о причинах возникновения, возможности и мерах по устранению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена задача создания функциональной классификации дефектов АИ, которая может быть использована при испытаниях, разработке, выборе технологий изготовления.

При разработке классификатора:

- выделены классификационные группы дефектов, оказывающих влияние на изображение на ЖК-дисплее АИ;
- представлена расширенная классификация дефектов современного ЖК-дисплея по выделенным классификационным группам;
- приведены примеры отображения информации с дефектами, которые соотнесены с разработанной классификацией.

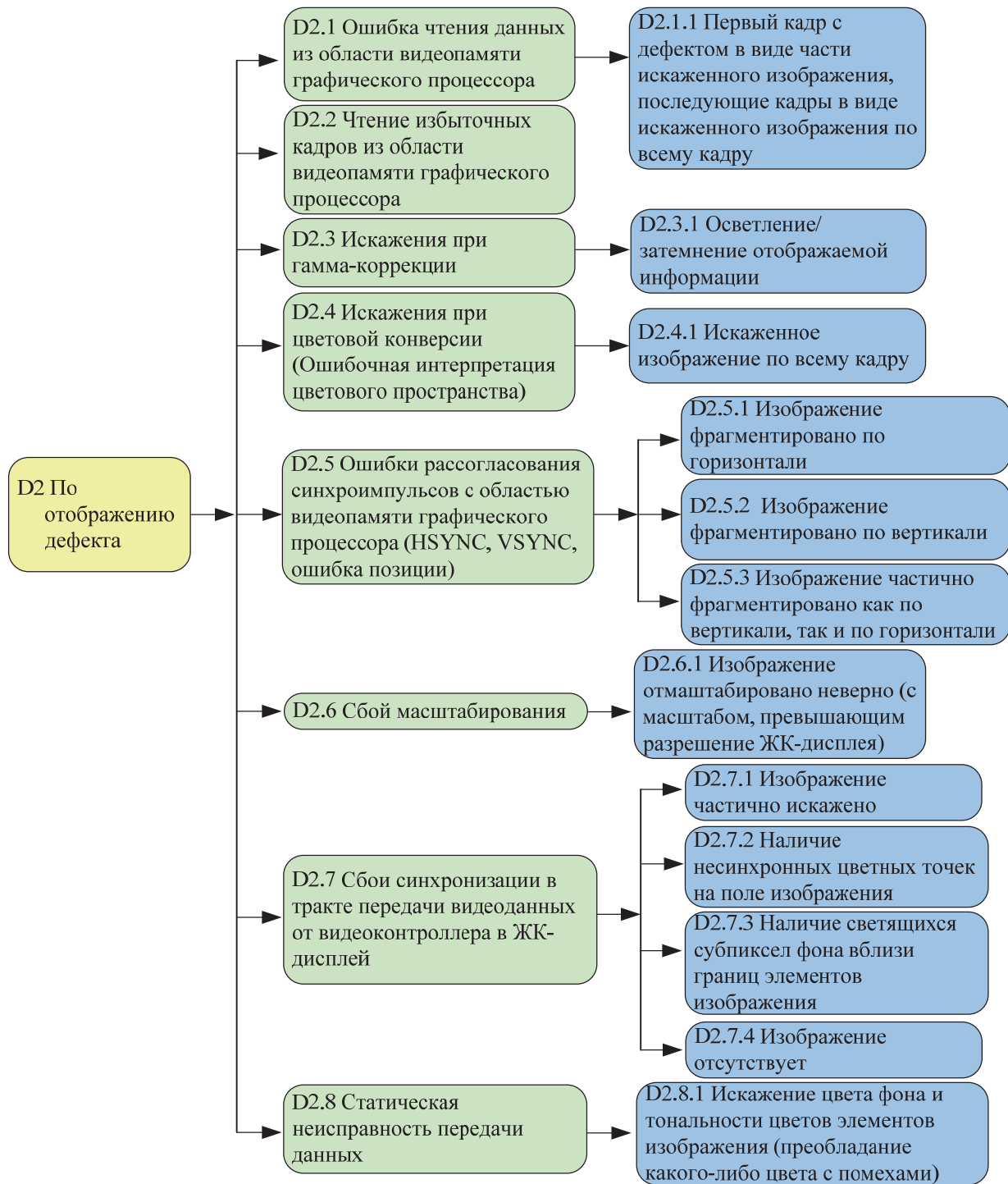


Рис. 7. Признаки дефектов группы D2

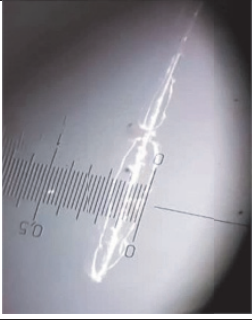
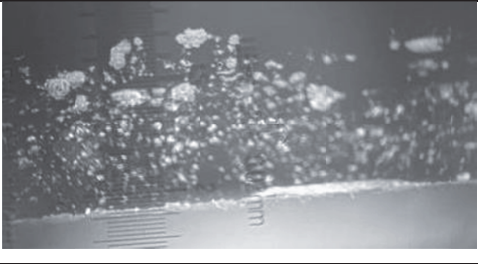
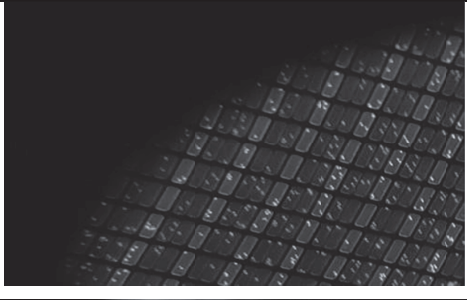
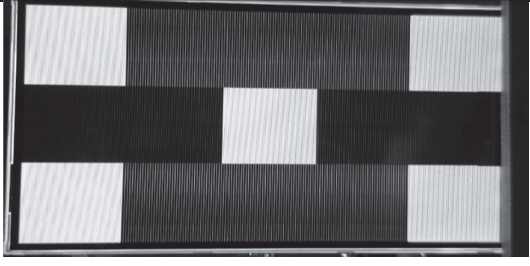

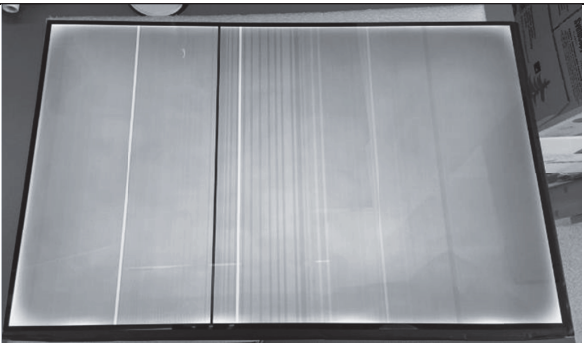
Рассмотрены задачи, которые позволят решить классификатор дефектов при его системном использовании на производстве. Предложенный классификатор может быть использован как для определения причин возникновения дефектов, так и для определения эффективных методов обнаружения и устранения дефектов.



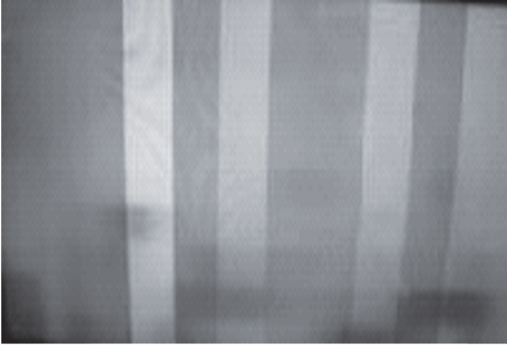
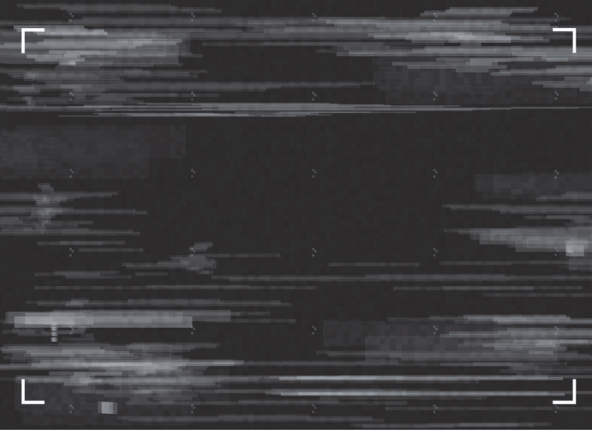
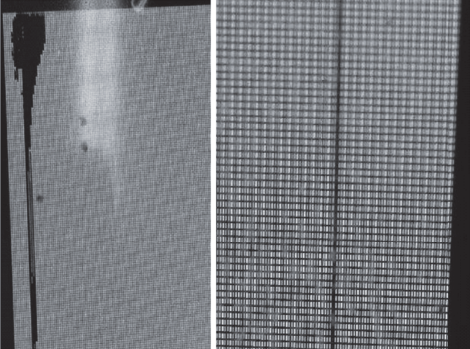
Классификатор может служить основой для разработки средств идентификации дефектов в системах автоматизации технологического контроля АИ.

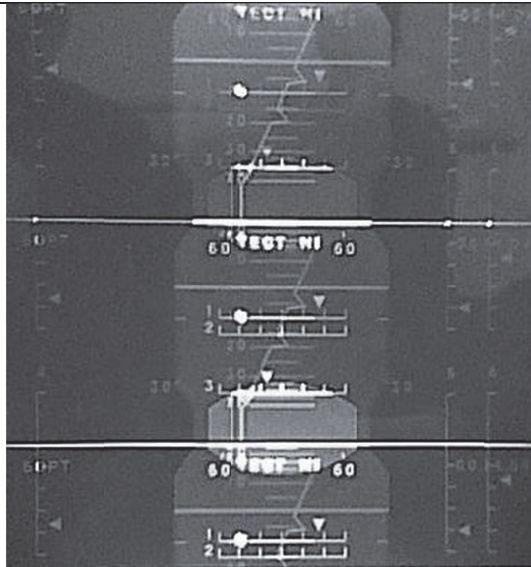
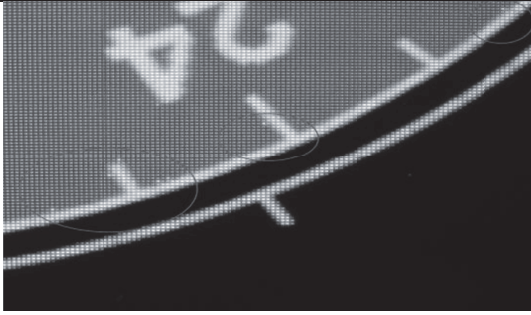

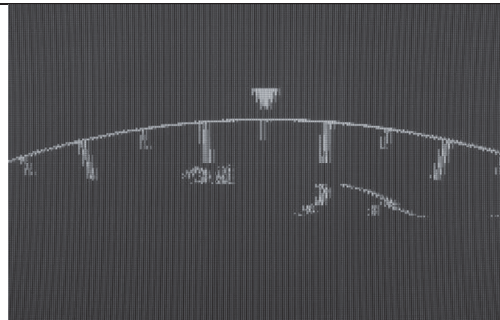
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучерявый, А.А. Авионика / А.А. Кучерявый. – СПб.: Лань, 2021. – 452 с.
2. Алимова, Д.Ш. Исследование возможности улучшения характеристик авиационных индикаторов при отрицательных температурах с помощью нагревательных стекол / Д.Ш. Алимова, Д.В. Харьков, И.П. Ефимов, Н.С. Полуэктова // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2020. – №8. – С 14-22.
3. Хрулев, А. Что такое дефекты и как с ними бороться? / А. Хрулев. – URL: https://ab-engine.com/rec_termine.html (дата обращения: 17.05.2024).

Таблица 1. Примеры дефектов при отображении информации

Группа дефекта	Пример отображения дефекта
<p>D1.1.4.1 Наличие царапин, выколок, рисок, пузырей, трещин, контрастных включений D1.1.4 Дефект сенсорного стекла</p>	
<p>D1.1.3.1 Наличие царапин, выколок, рисок, пузырей, трещин, контрастных включений D1.1.3 Дефект нагревательного стекла</p>	
<p>D1.1.5.7 Неоднородность оптических свойств (нарушение техпроцесса изготовления) ЖК-матрицы D1.1.5 Дефект ЖК-матрицы</p>	
<p>D1.1.2.3.2 Наличие вертикальных узких полос на изображении D1.1.2.3 Нарушение соединения между платой драйверов и ЖК-матрицей D1.1.2 Дефект платы драйверов ЖК-дисплея</p>	
<p>D1.1.2.2.2 Преобладание какого-либо цвета с помехами D1.1.2.3 Нарушение соединения между платой драйверов и ЖК-матрицей D1.1.2 Дефект платы драйверов ЖК-дисплея</p>	
<p>D2.7.4 Изображение отсутствует D2.7 Сбой синхронизации в тракте передачи видеоданных от видеоконтроллера в ЖК-дисплей</p>	

Группа дефекта	Пример отображения дефекта
<p>D1.2.2.2 Наличие трещин нагревательного стекла D1.2.2 Дефект нагревательного стекла</p>	
<p>D1.1.2.3.2 Наличие вертикальных узких полос на изображении D1.1.2.3 Нарушение соединения между платой драйверов и ЖК-матрицей D1.1.2 Дефект платы драйверов ЖК-дисплея</p>	
<p>D1.1.2.3.4 Отображение хаотичных полос вместо изображения D1.1.2.3 Нарушение соединения между платой драйверов и ЖК-матрицей D1.1.2 Дефект платы драйверов ЖК-дисплея</p>	
<p>D1.1.2.3.5 Наличие ряби на изображении D1.1.2.3 Нарушение соединения между платой драйверов и ЖК-матрицей D1.1.2 Дефект платы драйверов ЖК-дисплея</p>	
<p>D1.1.5.8 Наличие произвольно неработающих пикселей (R, G, B) в виде скоплений D1.1.5 Дефект ЖК-матрицы</p>	

Группа дефекта	Пример отображения дефекта
<p>D2.5.1 Изображение фрагментировано по горизонтали</p> <p>D2.5 Ошибки рассогласования синхроимпульсов с областью видеопамати графического процессора</p>	
<p>D2.7.2 Наличие несинхронных цветных точек на поле изображения</p> <p>D2.7 Сбой синхронизации в тракте передачи видеоданных от видеоконтроллера в ЖК-дисплей</p>	
<p>D1.1.2.1.2 Отображение белого раstra вместо изображения</p> <p>D1.1.2.1 Отказ каскада синхронизации изображения</p> <p>D1.1.2 Дефект платы драйверов ЖК-дисплея</p>	
<p>D1.1.2.2.1 Потеря частичного изображения</p> <p>D1.1.2.2 Отказ каскада приема видеоизображения</p> <p>D1.1.2 Дефект платы драйверов ЖК-дисплея</p>	

4. Воронин, Ю.А. Теория классификации и её приложения / Ю.А. Воронин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 230 с.
5. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения: Дата введения 01.07.1979. – М.: Стандартиформ. 2009.
6. SAE ARP4256A-2001 Design Objectives for Liquid Crystal Displays for Part 25 (Transport) Aircraft. Published December 01, 2001 by SAE International in United States.
7. Фролов, И.И. Системы технического зрения : учеб.-метод. Пособие / И.И. Фролов, М.М. Лукашевич, А.Л. Янотчкин. – Минск: БГУИР, 2016. – 70 с.

CLASSIFICATION OF DEFECTS OF AVIATION DISPLAY UNITS

© 2024 V.G. Antishin¹, S.K. Kiselev², I.A. Razumov¹, D.S. Shorina¹

¹ Ulyanovsk Instrument Manufacturing Design Bureau, Ulyanovsk, Russia

² Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

The article discusses a classification of defects of aviation display units. Possible defects in the display of dynamically synthesized images displayed on a liquid crystal display unit screen are described. Possible defects in the components of liquid crystal display unit and their effect on the display of information are specified. Possible classification groups of liquid crystal display unit defects that affect the image are defined. An enhanced classification of possible defects of a modern liquid crystal display unit is presented according to selected classification groups. Examples of displaying information with the defects that are correlated with the developed classification are given. The problems that can be solved by a defect classifier with allowance for a larger number of classified characteristics are presented. The issues of using the developed classifier are considered.

Key words: aviation display unit, liquid crystal display, image defect, classification.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-4(3)-347-357

EDN: KOVSJH

REFERENCES

1. *Kucheryavyj, A.A.* Avionika / A.A. Kucheryavyj. – SPb.: Lan', 2021. – 452 s.
2. *Alimova, D.Sh.* Issledovanie vozmozhnosti uluchsheniya harakteristik aviacionnyh indikatorov pri otricatel'nyh temperaturah s pomoshch'yu nagrevatel'nyh stekol / D.SH. Alimova, D.V. Har'kin, I.P. Efimov, N.S. Poluektova // Promyshlennye ASU i kontrollery. – 2020. – №8. – S 14-22.
3. *Hrulev, A.* CHto takoe defekty i kak s nimi borot'sya? / A. Hrulev. – URL: https://ab-engine.com/rec_termine.html (data obrashcheniya: 17.05.2024).
4. *Voronin, Yu.A.* Teoriya klassifikacii i eyo prilozheniya / Yu.A. Voronin. – Novosibirsk: Nauka, 1985. – 230 s.
5. GOST 15467-79 Upravlenie kachestvom produkcii. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya: Data vvedeniya 01.07.1979. – M.: Standartinform. 2009.
6. SAE ARP4256A?2001 Design Objectives for Liquid Crystal Displays for Part 25 (Transport) Aircraft. Published December 01, 2001 by SAE International in United States.
7. *Frolov, I.I.* Sistemy tekhnicheskogo zreniya : ucheb.-metod. Posobie / I.I. Frolov, M.M. Lukashevich, A.L. YAnotchkin. – Minsk: BGUIR, 2016. – 70 s.

Vyacheslav Antishin, Head of the Team of Research and Development Department. E-mail: vecheslave@mail.ru

Sergey Kiselev, Doctor of Engineering Science, Head of the Measuring and Computing Complexes Department.

E-mail: ksk@ulstu.ru

Igor Razumov, Director of Research and Development Center.

E-mail: razumov@ukbp.ru

Dinara Shorina, Head of the Team of Research and Development Department. E-mail: dinalimova@icloud.com