



УДК 004.01:629.73

Е. А. ПЕЛИХ, аспирант; М. Ю. КУПРИКОВ, д-р техн. наук, зав. кафедрой инженерной графики

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт («Национальный исследовательский университет»)

Россия, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4. Тел.: (925) 853-12-73;
эл. почта: personal@eapelikh.ru

Ключевые слова: авиационная техника, эксплуатация, эксплуатационная документация.

Описаны алгоритмы взаимодействия инженерно-технического состава с эксплуатационной документацией на этапе эксплуатации авиационной техники. Предложен стандартный формат интерактивных цифровых моделей, применяемых в интерактивной эксплуатационной документации.

Проектирование авиационной техники в современных условиях выполняется с использованием т. н. «цифровых двойников», т. е. создания точной копии проектируемого летательного аппарата в виде 3D-модели. Применение таких моделей позволяет оптимизировать процесс проектирования и разработки нового летательного аппарата за счет сокращения издержек на постройку макетов для испытаний на прочность и построения схематичных изображений обтекания профиля летательного аппарата воздушным потоком. Помимо этого, цифровая модель может использоваться для выполнения необходимых расчетов сторонними организациями, что также является зачастую более целесообразным, чем содержание в организации постоянных подразделений, выполняющих такие расчеты.

Взаимодействие инженерно-технического состава (ИТС) с авиационной техникой на этапе эксплуатации происходит в рамках работ по регулярному техническому обслуживанию, а также работ по устранению неисправностей.

В первом случае, перед началом работ, ИТС проверяет номенклатуру работ в соответствии с руководством по эксплуатации (РЭ) и регламентом технического обслуживания (РТО) [1]. В регламенте технического обслуживания описан перечень технологических карт, которые необходимо выполнить. В руководстве по эксплуатации дано описание основных систем самолета и представлены сами технологические карты [2]. При обслуживании современных образцов авиационной техники применяется специализированное программное обеспечение. Документация является интерактивной, РТО и РЭ объединены, что позволяет инженерам и техникам получать доступ к технологическим картам напрямую из перечня работ. Однако непосредственно 3D-модели в таком программном обеспечении не применяются. При переходе к выполнению каждого следующего пункта из перечня работ инженер открывает программу, переходит на вкладку с технологической картой и действует в соответствии с описанным алгоритмом. В таких пособиях присутствуют ссылки на схемы, чертежи и другие технологические карты. После выполнения работы инженер отмечает это в программе.



Во втором случае, помимо описания систем для устранения неисправностей, может понадобиться доступ к чертежам и схемам на изделие и его системы [3]. В современных программных комплексах, обеспечивающих доступ к конструкторской документации, содержится перечень систем воздушного судна, комплектующих, входящих в эти системы, и принципиальные схемы работы систем. Доступ к чертежам конкретных систем или элементов планера представляется через «дерево», где каждый последующий элемент является составляющей элемента по иерархии на ступень выше. В таких программных комплексах также не предоставляется доступ к 3D-моделям в виде интерактивных элементов конструкторской документации.

На каждом из этапов, в рамках которого вновь создаваемое изделие существует в физическом виде как функционирующая техническая система необходимо обеспечивать его эксплуатацию и поддержание в исправном состоянии всех элементов его составных частей. Для этого представители эксплуатанта ИТС перед началом эксплуатации нового изделия проходят переобучение, включающее:

- 1) ознакомление с конструктивными особенностями изделия;
- 2) изучение взаимодействия составных элементов систем изделия;
- 3) изучение нового РТО на изделие, периодичность выполнения работ и их объем;
- 4) ознакомление с основными правилами применения контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) и средств наземного обслуживания (СНО).

На каждом из этапов ИТС взаимодействует либо с макетом (или опытным образцом) изделия, либо с цифровой моделью, которая, в данном случае должна являться точной копией изделия в физическом виде. Оба способа могут применяться для различных целей. В целях первичного ознакомления с изделием, его системами и конструктивными особенностями, могут быть применены цифровые модели. Для отработки процесса эксплуатации изделия и получения практических навыков может применяться макет или опытный образец [4].

В различных компаниях также применяются программные комплексы, выбор которых обусловлен:

- 1) сложившейся в компании парадигмы удобства пользования конкретными образцами программного обеспечения (ПО);
- 2) партнерскими контрактами компании-эксплуатанта ПО и разработчика ПО;
- 3) современными общепринятыми стандартами, в соответствии с которыми создание цифровых моделей возможно только в конкретных образцах ПО.

Цифровые двойники могут также использоваться в эксплуатационной и ремонтной документации в виде наглядных пособий [5], представляющих из себя интерактивные 3D-модели, взаимодействие с которыми позволяет оперативно выявить необходимый ИТС индивидуальный идентификационный номер (ИИН) составного элемента изделия. Это может быть необходимо при выполнении ремонта определенных комплектующих или конструктивных элементов изделия, для чего требуется определить ИИН элемента с целью его дальнейшего поиска на складе либо заказа ремонтного комплекта.

В случае применения подхода к эксплуатации авиационной техники, в рамках которого операции по поддержанию изделия в исправном состоянии выполняет ИТС эксплуатанта, он может столкнуться с ситуацией, при которой



разрабатываемые 3D-модели в рамках эксплуатационной и ремонтной документации будут существенно отличаться друг от друга для каждого из образцов обслуживаемой авиационной техники. Процесс адаптации и обучения взаимодействию с новым способом визуализации изделия может привести к замедлению процесса выполнения ремонта или технического обслуживания. В связи с этим предлагается использовать стандартизированный подход, задающий требования к таким моделям и устраняющий возможность разного подхода к визуализации изделия.

Существующие стандарты [6] устанавливают общие требования к формату 3D-моделей, передаваемых между организациями, согласно которым:

1) при использовании обеими сторонами одноплатформенных систем автоматизированного проектирования (САПР): в технических требованиях к формату 3D-моделей в договоре следует указывать версию программного обеспечения, параметры настройки (при необходимости), используемый формат;

2) при использовании предприятиями разных САПР рекомендуется использовать стандартизированные форматы или унифицированные форматы с указанием их спецификаций и необходимых параметров.

Эти требования ограничивают формат передачи данных, но не устанавливают ограничения на графическую форму таких моделей.

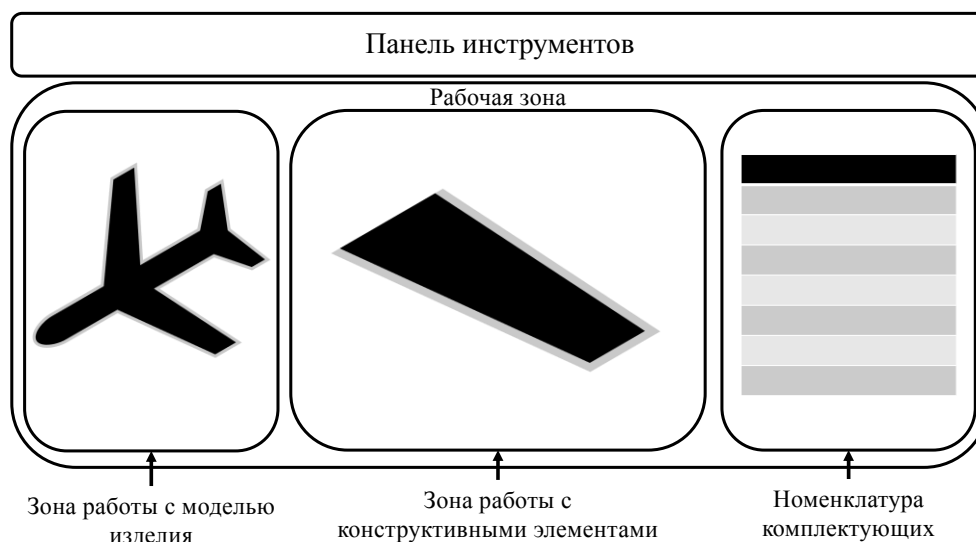
Общими требованиями к визуальной модели, применяемой в эксплуатационной и ремонтной документации, являются:

1. *Наглядность.* Требования по наглядности упрощают взаимодействие с цифровой моделью. Упрощение цифровой модели в рамках мощностей эксплуатанта и сложности изделия позволяют оперативно выявить необходимые области для дальнейшей работы.

2. *Информативность.* Выполнение требования по информативности обеспечивает детализацию цифровой модели и соответствие ее физической модели изделия. В таком случае ИТС получает полную информацию о рассматриваемом отсеке изделия, включая номенклатуру деталей, составляющих сборочные единицы, входящие в них стандартные изделия и их количество.

3. *Актуальность.* Актуальность модели может обеспечиваться различными способами. Доступ к эксплуатационной документации (ЭД) и ремонтной документации (РД) может предоставляться как к документу, находящемуся в базе данных разработчика. Каждый новый процесс запуска ЭД и РД инициирует загрузку копии актуальной версии документации, что предотвращает потенциальное взаимодействие ИТС с неактуальной версией ЭД и РД.

Один из примеров графической визуализации интерактивной ЭД и РД представлен на рисунке.



Распределение рабочего пространства при взаимодействии с цифровой моделью в рамках интерактивной ЭД и РД

Стандартизация визуализации интерактивной модели изделия в программных комплексах предполагает, что рабочее пространство разделено на блоки или рабочие зоны, отображение элементов в которых от самолета к самолету не отличается. В зоне работы с моделью оператор может взаимодействовать с укрупненной моделью изделия, получая доступ только к группам систем, изделий и составных частей планера воздушного судна. В зоне работы с конструктивными элементами происходит взаимодействие оператора с составляющими группы элементов, выбранной в зоне работы с моделью. При выборе конкретной модели или агрегата планера в зоне номенклатуры комплектующих появляется перечень входящих в модель изделий с их номерами. Над рабочей зоной находится панель инструментов, позволяющая обеспечить более удобное взаимодействие оператора с моделью изделия, «подсветить» или погасить определенные зоны модели и т. д.

Приведение интерфейса программных комплексов к единому стандартизированному визуальному формату упрощает работу оператора во время работ по техническому обслуживанию воздушного судна. Переход от самолета к самолету, работа с программными комплексами которых не отличается, снижает вероятность ошибки и уменьшает количество затрачиваемого на изучение нового интерфейса времени. Помимо этого, отсутствие потребности в переобучении работе с программным комплексом нового самолета также сокращает временные издержки на переподготовку к работе.

Реализация применения цифровой модели изделия может быть выполнена в рамках интерактивной эксплуатационной документации, созданной при помощи программных средств, обладающих наибольшими преимуществами по сравнению с другими доступными инструментами [7], а именно:

1. *Dr. Explain*, разработки ООО «Индиго», Россия;
2. *Help&Manual*, *EC Software GmbH*, Австрия;
3. *ClickHelp*, *ClickHelp LLC*, Россия;
4. *Doc-To-Help*, *MadCap Software, Inc.*, США.



Выводы:

1. Применение интерактивной эксплуатационной документации позволяет упростить взаимодействие инженерно-технического состава с документацией и получение номенклатуры комплектующих, составляющих сборочные единицы сложных технических систем и агрегатов.

2. Стандартизация интерфейса программных комплексов, обеспечивающих доступ к 3D-моделям, применяемым в такой документации, устраняет потенциальные различия между интерактивными пособиями при эксплуатации различных изделий и ускоряет поиск необходимых комплектующих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бедиллов, О. Т. Техническое обслуживание и ремонт воздушных судов / О. Т. Бедиллов, Б. Хайитов. – Текст : электронный // ORIENSS. – 2023. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskoe-obslyuzhivanie-i-remont-vozdushnyh-sudov/viewer>.

2. Далецкий, С. В. Графические модели процесса технической эксплуатации воздушных судов / С. В. Далецкий, С. С. Далецкий. – Текст : электронный // Научный вестник МГТУ ГА. – 2017. – Том 20, № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskie-modeli-protssessa-tehnicheskoy-ekspluatatsii-vozdushnyh-sudov/viewer>.

3. Халилова, П. Ю. К созданию автоматизированной системы мониторинга эксплуатации воздушных судов / П. Ю. Халилова. – Текст : электронный // Наука, техника и образование. – 2017. № 5 (35). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-sozdaniyu-avtomatizirovannoy-sistemy-monitoringa-ekspluatatsii-vozdushnyh-sudov/viewer>.

4. Сливицкий, А. Б. Обзор и анализ современных инструментов поддержки создания перспективной техники / А. Б. Сливицкий. – Текст : электронный // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. – 2022. – № 5-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-analiz-sovremennyh-instrumentov-podderzhki-sozdaniya-perspektivnoy-tehniki/viewer>.

5. Девяткин, В. А. О технологии разработки интерактивной электронной эксплуатационной документации / В. А. Девяткин, В. Р. Туктамышев, Я. А. Катаев. – Текст : непосредственный // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 1. – С. 65–67.

6. ГОСТ Р 2.521-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Единая система конструкторской документации. Электронная конструкторская документация. Требования к форматам представления трехмерных геометрических моделей : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 19.10.2021 № 1153-ст. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181190>. – Текст : электронный.

7. Комбинированная технология создания эксплуатационной документации информационных систем / И. А. Беззубцева, О. С. Иванова, Н. Ю. Мирченко, О. А. Фохт. – Текст : непосредственный // Врач и информационные технологии. Медицинские информационные системы. – 2018. № 5. – С. 72–84.

PELIKH Evgeny Aleksandrovich, postgraduate student; KUPRIKOV Mikhail Yurevich, doctor of technical sciences, holder of the chair of engineering graphics

STANDARDIZATION OF DIGITAL MODELS IN OPERATIONAL DOCUMENTATION



Moscow Aviation Institute (National Research University)
4, Volokolamskoe Hwy., Moscow, 125993, Russia. Tel: +7 (925) 853-12-73;
e-mail: personal@eapeliikh.ru
Key words: aviation equipment, operation, operational documentation.

The article describes algorithms of interaction of engineering and technical staff with operational documentation at the stage of aircraft operation. The standard format of interactive digital models used in interactive operational documentation is proposed.

REFERENCES

1. Bedilov O. T., Khayitov B. M. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont vozдушnykh sudov [Aircraft Maintenance and Repair] // ORIENSS. 2023. № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskoe-obsluzhivanie-i-remont-vozдушnykh-sudov/viewer>.
2. Daletsky S. V., Daletsky S. S. Graficheskie modeli protsessa tekhnicheskoy ekspluatatsii vozдушnykh sudov [Graphical models of the process of aircraft technical maintenance] // Nauchny vestnik MGTU GA [Scientific Bulletin of MSTU GA]. 2017. Vol. 20, № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskie-modeli-protsessa-tehnicheskoy-ekspluatatsii-vozдушnykh-sudov/viewer>.
3. Khalilova P. Yu. K sozdaniyu avtomatizirovannoy sistemy monitoring ekspluatatsii vozдушnykh sudov [Towards the creation of an automated system for monitoring aircraft operation] // Nauka, tekhnika i obrazovanie [Science, Technology and Education]. 2017. № 5 (35). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskie-modeli-protsessa-tehnicheskoy-ekspluatatsii-vozдушnykh-sudov/viewer>.
4. Slivitsky A. B. obzor i analiz sovremennykh instrumentov podderzhki sozdaniya perspektivnoy tekhniki [Review and analysis of modern tools to support the creation of advanced equipment] // Bolshaya Evraziya: razvitie, bezopasnost, sotrudnichestvo [Greater Eurasia: development, security, cooperation]. 2022. № 5-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-analiz-sovremennykh-instrumentov-podderzhki-sozdaniya-perspektivnoy-tehniki/viewer>.
5. Devyatkin V. A., Tuktamyshev V. R., Kataev Ya. A. O tekhnologii razrabotki interaktivnoy elektronnoy ekspluatatsionnoy dokumentatsii [About the technology of development of interactive electronic operational documentation] // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii [Modern Materials, Engineering and Technology]. 2015. № 1. P. 65–67.
6. GOST R 2.521-2021. Natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii. Edinaya sistema konstruktorskoy dokumentatsii. Elektronnyaya konstruktorskaya dokumentatsiya. Trebovaniya k formatam predstavleniya tryokhmernykh geometricheskikh modeley [Unified system for design documentation. Electronic design documentation. Requirements to 3D geometrical model formats] : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Rosstandarta ot 19.10.2021 № 1153-st. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181190>.
7. Bezzubtseva I. A., Ivanova O. S., Mirchenko N. Yu., Fokht O. A. Kombinirovannaya tekhnologiya sozdaniya ekspluatatsionnoy dokumentatsii informatsionnykh sistem [Combined technology for creating operational documentation of information systems] // Vrach i informatsionnye tekhnologii. Meditsinskie informatsionnye sistemy [Physician and Information Technologies. Medical information systems]. 2018. № 5. P. 72–84.

© Е. А. Пелих, М. Ю. Куприков, 2024

Получено: 02.04.2024 г.