

# ОТЗЫВ

## официального оппонента

на диссертацию Е Вин Туна «Оценка эргономичности компоновки отсека оборудования летательного аппарата» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации Е Вин Туна обусловлена общемировым стремлением снижения затрат на обеспечение жизненного цикла летательных аппаратов, включая уменьшение затрат на их содержание и техническое обслуживание. Временные затраты на наземное техническое обслуживание самолетного парка между полетами в основном определяются затратами на техническое обслуживание бортового оборудования в технических отсеках. Поэтому чрезвычайно важно обеспечение эргономичности размещения оборудования еще на этапе рабочего проектирования летательного аппарата. Но даже удачное размещение оборудования на этом этапе не гарантирует эргономичность компоновки «на всю жизнь» летательного аппарата, так как за многолетний жизненный цикл его бортовое оборудование не один раз поменяется как в связи с его естественной модификацией, так и изменением международных нормативных требований к оборудованию, обеспечивающему безопасность полетов. Все это позволяет сделать вывод, что исследования, направленные на повышение качества проектирования размещения оборудования с учетом эргономических требований актуальны и имеют важное практическое значение.

К достоинствам диссертации следует отнести то, что в тексте четко определено место данного исследования среди смежных исследований как в области эргономики, так и автоматизированного проектирования, показана невозможность использования существующих методов эргономического анализа конструкции в виде натуральных макетов и соматографических манекенов для полностью автоматической оценки эргономичности компоновки. В результате проведенных исследований диссертантом предложен метод и ряд обеспечивающих его методик для решения практической задачи, поставленной как цель исследования.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

08. 12. 2020 1

Суть предложенного диссертантом метода в том, что эргономичность компоновки бортового оборудования летательного аппарата считается обеспеченной, если будет доказана возможность проноса необходимого монтажного инструмента к месту его использования и наличия достаточного пространства для осуществления операций по техническому обслуживанию. Так как обслуживание возможно несколькими видами монтажного инструмента, то проведение расчетов на эргономичность начинается с наиболее производительных инструментов и заканчивается наиболее простыми (типа отвертки или рожкового гаечного ключа). Если существующая компоновка не позволяет использовать даже их, то она оценивается как не эргономичная. Судя по диссертации, метод дает возможно определить конкретное место «застревания» монтажного инструмента в анализируемой на эргономичность компоновке.

Такой подход диссертанта является новым и оригинальным. При своей реализации он действительно обеспечивает описанный в диссертации критерий оптимальности компоновки по эргономическому показателю – осуществление необходимых обслуживающих операций за минимальное время, что способствует увеличению суточного налета летательного аппарата.

В диссертации Е Вин Туна объемом 159 страниц достаточно подробно и аргументированно описан ход проведенных исследований. Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка литературы и 5 приложений. Список литературы из 164 наименований подтверждает компетенцию автора в области проводимого исследования.

Во введении обоснованы актуальность темы исследования, степень его разработанности, цели и задачи исследования, методология и положения, выносимые на защиту, степень апробация и обоснование достоверности полученных результатов.

В главе 1 диссертации представлен достаточно подробный анализ ранее проведенных исследований в области эргономического проектирования и показано место данной работы в общей системе автоматизированной компоновки. Проведенный в этой главе анализ позволил диссертанту сделать обоснованный вывод, что существующие методы эргономического анализа, основанные как на использовании натуральных макетов, так и сомотографических манекенов, не обеспечивают решение поставленной задачи. Однако современные методы компьютерного моделирования, основанные на использовании электронного геометрического макета изделия (ЭГМИ) создают предпо-

сылки для оценки эргономичности компоновки в полностью автоматическом режиме.

В главе 2 обоснован выбор методологического аппарата геометрического моделирования для решения поставленной задачи. Среди существующих компьютерных методов описания геометрических форм летательных аппаратов любой сложности и с любой точностью диссертант делает обоснованный выбор в пользу рецепторного (по англоязычной терминологии – воксельного), обладающего рядом преимуществ при решении задач именно автоматизированной компоновки. Если аппаратные ограничения на использование этого малораспространенного метода родом из 60-х годов прошлого века преодолены естественным развитием производительности вычислительной техники, то преодоление другого ограничения на его использование – создание рецепторной матрицы по исходной параметрической модели объекта, описано именно в данной главе диссертации. Эта методика автоматического формирования внутримашинной рецепторной матрицы не только обеспечивает поддержку предложенного метода, но и является существенным развитием возможностей рецепторного метода в целом.

Глава 3 посвящена разработке методики формирования траектории перемещения монтажного инструмента от исходной точки к месту его использования. Разработаны эвристические алгоритмы, анализирующие рациональные направления движения и углы ориентации монтажного инструмента на каждом отдельном шаге траектории. Выбор направлений и углов перемещения производится по вычисленным дистанциям до ближайших препятствий по 17 направлениям с использованием принципов ситуационного управления. Такой подход еще раз подтверждает обоснованность выбора диссертантом рецепторного метода моделирования, позволяющего сравнительно просто вычислять расстояния по фиксированным направлениям до препятствий, а также заложить в многозначную логику дополнительную информацию о компоновочной ситуации. В этой главе так же описана верификация предложенного метода и его внедрение в практику реального проектирования (на примере самолета ТВС-2ДТС «Байкал»).

В заключении диссертации подведены итоги проведенного исследования и сформулированы выводы, обоснованность и достоверность которых не вызывает сомнений.

Данная диссертация написана простым и понятным языком, хорошо оформлена и иллюстрирована. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, вклю-

чая 6 в рецензируемых журналах, научная монография, получено Свидетельство о Государственной регистрации программы для ЭВМ.

К основным достоинствам диссертации можно отнести:

1. Новый подход к решению актуальной технической задачи, имеющей практическую ценность, разработку его физического, математического и геометрического описания;
2. Разработку принципа формирования геометрической модели трассы перемещения монтажного инструмента как совокупности его мгновенных положений и его реализация рецепторным (воксельным) методом;
3. Существенную модификацию самого рецепторного метода, заключающуюся в разработке универсальной методики построения рецепторной модели объекта с формой любой геометрической сложности;
4. Разработку эвристических алгоритмов выбора рационального направления движения монтажного инструмента на каждом шаге его перемещения;
5. Разработку программного обеспечения, представляющего интеграцию среды программирования C#, макросов CAD-системы SolidWorks и среды визуализации Unity, его исследование и верификацию, а также Государственную регистрацию программы для ЭВМ;
6. Внедрение результатов исследования в реальное проектирование и учебный процесс МАИ, значительное количество научных публикаций и докладов на конференциях.

Данная диссертация не лишена и некоторых недостатков, которыми можно считать:

1. В диссертации отсутствуют сведения о базе данных монтажных инструментов, в которой должны содержаться сведения об их габаритах, видах монтажных операций, производительности выполнения работ, необходимом рабочем пространстве для выполнения монтажных операций и ряд других сведений;
2. Все приведенные в диссертации примеры основаны на использовании исключительно твердотельных моделей как самих монтажных инструментов, так и всего отсека, в котором производится обслуживание оборудования. К сожалению, нигде не показаны примеры получения исходной информации для эргономического проектирования непосредственно из электронного геометрического макета изделия (ЭГМИ);
3. Практическая ценность диссертации значительно бы возросла, если бы в выявленных местах отсека, в которых перемещение монтажного инструмента или обслуживание оборудования данным монтажным инструментом

невозможно, можно было бы получить рекомендации для конструкторов об изменении исходной компоновки с целью улучшения ее эргономичности.

Впрочем, некоторые из высказанных замечаний носят характер пожеланий и не умаляют ни научной ценности, ни практической значимости проведенного исследования. В процессе выполнения диссертации Е Вин Тун продемонстрировал умение решать поставленные научные задачи в области проектирования авиационной техники с использованием современных информационных технологий.

Считаю, что диссертация Е Вин Туна представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, выполненное на высоком научном и методическом уровне, полностью соответствующее требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям и паспорту научной специальности 05.07.02, а сам диссертант – присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Загордан Анатолий Александрович, 105264, г. Москва, ул. 9-ая Парковая, д. 41А, кв.82, 89261853189, [a.zagordan@gmail.com](mailto:a.zagordan@gmail.com), кандидатская диссертация по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры, Aircraft Maintenance and Engineering Service GmbH, ООО «Филиал АМТЕС ГмбХ в г. Ульяновске», [anatoliy.zagordan@volga-dnepr.com](mailto:anatoliy.zagordan@volga-dnepr.com),

Главный конструктор  
Aircraft Maintenance and Service GmbH  
(AMTES GmbH), к.т.н.



А.А.Загордан

26.11.2020