

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»

Рецензируемая диссертация Е Вин Туна **выполнена на актуальную тему**, направленную на решение вопроса повышения качества проектных решений изделий авиационной техники. Качество проектирования такой техники имеет много аспектов, важнейшим из которых является обеспечение заданных летных или тактико-технических характеристик (ТТХ) проектируемого изделия, но обеспечение эргономичности компоновки также является очень важной характеристикой проекта. Требование обеспечения эргономичности предъявляется ко всем объектам проектирования, но особую роль оно играет именно для авиационной техники. Это обусловлено следующими ее особенностями:

- очень высокой плотностью компоновки размещенного оборудования;
- работой оборудования в достаточно напряженных условиях полета, что требует его периодического наземного обслуживания.

Особенно решение проблемы эргономичности компоновки важно именно для бортового оборудования, размещаемого в техническом отсеке летательного аппарата, где его техническое обслуживание (включающее монтаж/демонтаж) является особенно проблематичным. Поэтому совершенно справедлив и обоснован сделанный в диссертации Е Вин Туна акцент на оценке эргономичности компоновки именно в технических отсеках летательных аппаратов.

Важным аспектом, подтверждающим актуальность данного диссертационного исследования, является тот факт, что длительность жизненного цикла современной авиатехники значительно увеличилась. Ожидается, что некоторые легендарные образцы самолетов (В-52, Ту-95) смогут преодолеть вековой юбилей боевой службы, известно немало самолетов и вертолетов, уже переживших полувековой юбилей своей активной эксплуатации. За это время в них неизбежно поменялся состав бортового оборудования, форма и размеры которых стали существенно отличаться от тех, для которых первоначально и проектировался данный техотсек.

В диссертации достаточно подробно рассмотрены существующие методы оценки эргономичности компоновки, используемые при проектировании современной техники (особенно транспортной) – от плоских подвижных шаблонов до современных компьютерных 3D-соматографических манекенов. Показано, что использование последних, хотя и позволяет создавать фотореалистические изображения компоновки рабочих мест в различных образцах техники, все-таки требует для своего практического использования задания всех его параметров положения оператора, задаваемого на основании опыта и интуиции проектанта.

В настоящее время в авиастроении используется и макетный способ оценки эргономичности компоновки. Хотя изготовление физического макета оборудования затратно по ресурсам (материалам, а главное, по времени) его использование в некоторых случаях вполне оправдано, например, при подгонке под антропометрические параметры конкретного космонавта его ложементов (кресла). Но в целом физическое макетирование проектируемых компоновок плохо сочетается с современными цифровыми методами автоматизированного проектирования, жесткими сроками проектирования современной авиационной техники и необходимостью оптимизации получаемых проектных решений по различным критериям.

Диссертация Е Вин Туна направлена на разработку метода полностью автоматизированной оценки эргономичности компоновки бортового оборудования летательных аппаратов на этапе их рабочего проектирования, что является актуальной технической задачей как в авиастроении, так и в других областях промышленности.

Новизна подхода к решению поставленной задачи в рецензируемой диссертации заключается в том, что **впервые** степень эргономичности оценивается как возможность проноса монтажного инструмента конкретной геометрии от исходной точки до места использования, а также наличием для его использования необходимого монтажного пространства. Так как высокопроизводительный монтажный инструмент имеет, как правило, большие геометрические размеры, то проводимый таким образом анализ позволит выбрать из допустимых к использованию инструментов тот, который еще можно использовать в отсеке с конкретным размещением оборудования (в терминах диссертации – в конкретной компоновочной ситуации). Таким образом, осуществляется декларированная на странице 5 диссертации цель исследования – «разработка методического, алгоритмического и программного обеспечения, позволяющего оценить эргономичность существующей компоновки». При этом так же создается предпосылка оптимизации компоновочных решений как возможность выбора максимально производительного монтажного инструмента из числа тех, которые еще можно «пронести» через области запрета к месту его использования в техотсеке. Такой подход позволяет в полной мере реализовать описанной формулой (1.3) на стр. 42 диссертации критерий оптимальности при оценке эргономичности компоновки – возможность обслуживания необходимого бортового оборудования за минимальное время.

То, что раньше такой подход не использовался, я объясняю исключительной сложностью описания геометрической формы траектории инструмента из его начального положения в точку использования и, дополнительно, необходимого для его использования рабочего пространства. Идея компоновать такой объект среди уже размещенного оборудования ранее никогда не использовалась и является абсолютно новой, доказывающей научную новизну диссертационного исследования Е Вин Туна.

Сама диссертация Е Вин Туна представляет собой рукопись объемом 159 страниц, состоящую из введения, трех разделов, заключения, списка сокращений, списка литературы из 164 наименований (в том числе 34 наименований на иностранных языках), 5 приложений. Текст диссертации написан понятными логичным языком,

хорошо иллюстрирован и оформлен полностью в соответствии с действующим ГОСТом и требованиями ВАКа.

Во **введении** показана актуальность темы исследования, степень разработанности темы исследования, цели и задачи исследования, методология исследования и положения, выносимые на защиту, степень апробация и обоснование достоверности полученных результатов. Показано, что тема диссертационного исследования Е Вин Туна соответствует паспорту научной специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» по 4 пунктам (п. 1, п. 4, п. 9 и п. 15), что обосновывает правомерность защиты проведенного научного исследования именно по данному направлению и в данном диссертационном совете. В качестве положительного момента следует отметить изложенное во введении методологический анализ места данного исследования среди близких исследований в смежных областях (ссылкой на 91 отечественных и иностранных авторов), что говорит как о научной эрудиции диссертанта, так и о серьезной проделанной работе по анализу научной литературы в области исследования.

В **разделе 1** диссертации Е Вин Туна представлен анализ оценки эргономичности компоновки в жизненном цикле летательного аппарата, описаны особенности и конкретные проблемы обслуживания летательных аппаратов, обусловленные не эргономичностью компоновки, показано место эргономического проектирования в его жизненном цикле. Описаны современные методы и программные продукты автоматизированного проектирования компоновок с учетом электронного геометрического макета изделия (ЭГМИ). В данном разделе проведен анализ классических методов обеспечения эргономичности компоновки, описана математическая и геометрическая модели оценки эргономичности компоновки.

Именно в этом разделе декларируется используемый в диссертации метод решения поставленной задачи – представить твердотельной моделью как сам монтажный инструмент, так и необходимое пространство для его перемещения и использования в виде совокупности последовательных мгновенных положений монтажного инструмента при выполнении им необходимых рабочих движений. При этом проведен достаточно подробный анализ существующих моделей выбора возможных направлений перемещения подвижных объектов в пространстве.

Раздел 2 данной диссертации посвящен выбору и обоснованию выбора методологического аппарата для решения поставленной задачи. Так как задача автоматизированной компоновки по своей сути является задачей размещения, (т.е. геометрической), то диссертант совершенно справедливо ищет пути решения поставленной задачи среди методов геометрического моделирования. В разделе 2 диссертант обосновывает целесообразность использования рецепторного (воксельного) метода геометрического моделирования, описывает его особенности и место среди других методов геометрического моделирования. Показано, что обладая важной для автоматизированной компоновки возможностью сравнительно простого определения случаев взаимного пересечения описанных им объектов, в существующем виде рецепторный метод имеет существенное ограничение по форме

описываемых им объектов. В этом разделе описана разработанная диссертантом методика формирования рецепторных моделей объектов любой геометрической сложности по их твердотельным моделям, полученным в САД-системе, проведен оценка затрат процессорного времени на формирование рецепторной модели.

В разделе 3 описана разработка и исследование моделей и алгоритмов автоматизированного проектирования эргономичности компоновки. Показана и обоснована существенная модификация рецепторного метода – использование многозначной (6-значной) логики в отличие от классической 2-значной. Описана подготовка геометрической информации для проектирования траектории перемещения инструмента к месту использования, алгоритмы ориентации инструмента в пространстве и эвристические алгоритмы обхода препятствий при движении инструмента. При таком подходе перемещаемый инструмент является объектом управления на основании эвристических алгоритмов, оценивающих кратчайшие расстояния до препятствий по 17 направлениям возможного перемещения. Проведена оценка достоверности и эффективности формирования траекторий инструмента к месту его использования, примеры построения траекторий различных инструментов в режиме тестового использования разработанного метода, оценка затрат компьютерных ресурсов на формирование траектории и верификация метода. Как объект внедрения, разработанного диссертантом метода представлены результаты оценки эргономичности компоновки моторного отсека экспериментального легкого самолета ТВС-2ДТС («Байкал»), показавшие невозможность использования при обслуживании моторного отсека этого самолета некоторых видов высокопроизводительного монтажного инструмента.

Заключение по диссертации написано строгим понятным языком, базируется на полученных диссертантом результатах теоретического и экспериментального исследования, полностью им обоснованы и верифицированы и не вызывают сомнений в своей достоверности.

По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, включая 4 статьи в журналах, рецензируемых ВАК, 2 в рецензируемых SCOPUS, 8 тезисах международных научных конференций и, что бывает совсем нечасто для иностранных аспирантов, в научной монографии и свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, рецензируемая диссертация Е Вин Туна представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, представляющее собой решение актуальной технической задачи повышения качества проектирования авиационной техники новым методом.

К недостаткам рецензируемой работы следует отнести:

1. В эвристических алгоритмах формирования траектории перемещения монтажного инструмента не предусмотрено движение инструмента назад от обслуживаемого объекта, что может привести к прокладыванию траектории «в тупик».

2. Хотя в диссертации говорится об оценке эргономичности компоновки бортового оборудования летательных аппаратов, все тестовые примеры диссертации иллюстрируют обслуживание отсеков с механическими элементами управления летательных аппаратов.

3. В работе выполнено моделирование траекторий доставки в точку монтажа рабочих инструментов, однако неясно, сможет ли человек удерживать инструмент в руке при заданной форме траектории, обходя различные агрегаты в заданном положении в процессе монтажа, а так-же хотелось бы видеть в работе возможность применения инструмента со стационарным пневматическим или электрифицированным источником питания, т.к. показатели эргономичности, из-за наличия питающего кабеля или шланга, будут отличаться от представленных аккумуляторных вариантов исполнений инструмента.

Перечисленные замечания не мешают воспринимать диссертацию Е Вин Туна как законченное научное исследование, выполненное на высоком научно-методическом уровне на актуальную тему и имеющую практическую ценность. Рецензируемая диссертацию полностью соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а диссертант Е Вин Тун – присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Припадчев Алексей Дмитриевич, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13, к. 9407а, 89033671960, aripadchev@mail.ru, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет», e-mail: <http://www.osu.ru>, тел. (3532) 77-67-70, зав. кафедрой летательных аппаратов Аэрокосмического института ОГУ, д-р техн. наук, профессор, 05.02.22 – Организация производства (промышленность).

Зав. кафедрой летательных аппаратов,
д-р техн. наук, профессор

/ А.Д. Припадчев /

25.11.2020

Подпись Припадчева А.Д. заверяю

Начальник отдела сопровождения
диссертационных советов,
д-р техн. наук, профессор



/ А.П. Фот /