



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АВИААВТОМАТИКА»
ИМЕНИ В.В. ТАРАСОВА»
Запольная ул., д. 47, г. Курск, 305040
тел./факс: (4712) 57-65-56/53-58-90
e-mail: plant@aviaavtomatika.ru
www.aviaavtomatika.ru
ОКПО 07501811, ОГРН
1024600949867
ИНН/КПП 4629019412/ 463201001
Расчетный счет
40702810600000003148
Корр. счет 30101810500000000703
БИК 049205703
АО «ТАТСОЦБАНК», г. Казань
21.04.2023 № 600/11673

И.о. проректора по научной работе Московского
авиационного института, доктору технических
наук, профессору
Равиковичу Ю.А.

Волоколамское шоссе, д.4, Москва, МАИ
125993

Об оппонировании

Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю отзыв официального оппонента на диссертационную работу Петрова
Андрея Владимировича на тему «Методика и алгоритмы синтеза многоуровневой
системы материально-технического обеспечения эксплуатации авиационной техники
для выполнения контрактов жизненного цикла», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1.– «Системный
анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)».

Приложение: 1. Отзыв на 9 листах в двух экз.

с уважением,

Главный конструктор специальных проектов

И.Е.Мухин

Отдел документационного
обеспечения МАИ

28 04 20 23

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Петрова Андрея Владимировича «Методика и алгоритмы синтеза многоуровневой системы материально-технического обеспечения эксплуатации авиационной техники для выполнения контрактов жизненного цикла», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)»

1. Актуальность диссертационной работы

В настоящее время вопросы послепродажного обслуживания авиационной техники, поставляемой как отечественным, так и зарубежным эксплуатантам, приобретают все большее значение в работе предприятий-производителей и холдинговых структур. Такое внимание связано, с одной стороны, с увеличением сложности современных воздушных судов и, соответственно, технологий их обслуживания и ремонта, а с другой стороны, с постоянным увеличением доли работ по послепродажному обслуживанию в структуре экономической деятельности предприятий производителей авиационной техники. При этом необходимо отметить, что задачи поддержания эксплуатируемого парка воздушных судов в исправном и работоспособном состоянии все чаще возлагаются на предприятия промышленности, в том числе путем заключения между этими предприятиями и эксплуатирующими организациями контрактов жизненного цикла. В рамках таких контрактов производитель осуществляет работы по техническому обслуживанию, ремонту и материально-техническому обеспечению эксплуатации поставляемой техники в течение ее срока службы, гарантируя при этом эксплуатанту определенный уровень эксплуатационно-технических характеристик и других измеримых показателей, к важнейшим из которых относятся: коэффициент эксплуатационной готовности, объем инфраструктуры и средств эксплуатации, необходимых для обслуживания и ремонта, вероятность безотказной работы и т.п.

Переход к указанной модели обеспечения технической эксплуатации на основе контрактов жизненного цикла ставит перед предприятиями промышленности новую задачу по формированию собственной системы технической эксплуатации, нацеленной на достижение заданных

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«28» 04 20 23

1

требованиями контрактов жизненного цикла показателей при минимальных затратах. Эта система технической эксплуатации, в качестве своих основных подсистем, включает в себя систему технического обслуживания и ремонта (ТОиР) и связанную с ней и обеспечивающую ее функционирование систему материально-технического обеспечения (МТО). Для современных воздушных судов (ВС) эти системы являются многоуровневыми и включают в себя линейные станции, авиационно-технические базы, региональные сервисные центры и мощности собственно завода-изготовителя. На каждом уровне выполняются работы по обслуживанию и ремонту определенной сложности в зависимости от имеющегося оборудования, средств ТОиР и технико-экономической целесообразности выполнения конкретных работ на определенном уровне.

Следует отметить, что для авиационной и другой сложной техники основные затраты на обеспечение технической эксплуатации воздушных судов связаны с ее материально-техническим обеспечением и определяются, в значительной степени, принятыми решениями по выбору оптимальных уровней ремонта составных частей ВС и зависящими от этого выбора параметрами системы МТО и производственными мощностями сервисных центров. В связи с этим, рассматриваемая в диссертационной работе Петрова А.В. задача структурно-параметрического синтеза многоуровневой системы МТО под требования контрактов жизненного цикла, решаемая с использованием аппарата системного анализа, является новой, актуальной и практически важной для отечественных авиастроительных предприятий.

2. Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Диссертация изложена на 155 страницах, содержит 32 рисунка, 6 таблиц, список литературы из 110 позиций. Работа хорошо структурирована.

Во **введении** обоснована актуальность диссертационного исследования. Отмечено, что в настоящее время задачи формирования системы технической эксплуатации авиационной техники решаются с применением технологий

интегрированной логистической поддержки и отражен вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие этих технологий. Сформулированы цель и задачи работы, приведена научная новизна диссертационного исследования, показана его теоретическая и практическая значимость. Перечислены положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ развития подходов к созданию систем технического обслуживания, ремонта и материально-технического обеспечения эксплуатации авиационной техники. Автором отмечено, что в настоящее время основным инструментом проектирования систем технической эксплуатации на стадии разработки изделий являются технологии интегрированной логистической поддержки (ИЛП). Перечислены основные задачи ИЛП, приведена их классификация в соответствии с отечественными и зарубежными нормативными документами, показано место решаемой в диссертации задачи синтеза системы МТО в общем комплексе задач. Кратко приведен порядок решения основных задач ИЛП и использования их результатов при подготовке документации для обеспечения технической эксплуатации. Также отмечено, что результаты ИЛП используются и при решении задачи структурно-параметрического синтеза системы МТО, которая была обоснованно декомпозирована автором на частные подзадачи: определения структуры системы МТО, а именно оптимального состава пунктов по ремонту составных частей ВС в сервисных центрах и количества ремонтных ячеек, а также параметров системы МТО - объемов запасов средств МТО в каждом сервисном центре. Рассмотрены используемые в настоящее время методы, алгоритмы и реализующие их информационные системы для решения частных задач выбора оптимального уровня ремонта составных частей ВС, оптимизации объемов запасов средств МТО, определения оптимальных производственных мощностей сервисных центров.

Автором достаточно подробно проанализированы действующие нормативные документы и работы отечественных и зарубежных ученых в области послепродажного обслуживания авиационной техники и, по результатам анализа, приведены основные условия контрактов жизненного цикла. По результатам выполненных в первой главе обзора и анализа, автором сформулирована постановка задачи синтеза многоуровневой системы МТО как оптимизационной задачи минимизации затрат на обеспечение технической

эксплуатации при ограничениях на коэффициент готовности системы МТО и затрат на инфраструктуру, вытекающих из условий контрактов жизненного цикла.

Во **второй главе** диссертации предложены модель описания многоуровневой системы МТО, алгоритмы ее синтеза, методика расчета суммарных затрат на обеспечение технической эксплуатации (ТЭ) и информационная модель для хранения исходных параметров. Математическая модель системы описана с учетом классических принципов системного анализа – суммарные затраты на обеспечение ТЭ взяты в качестве показателя эффективности системы, варианты распределения работ по ремонту составных частей по уровням системы определены автором как множество альтернатив, а фиксированные параметры, отражающие характеристики безотказности, эксплуатационной и ремонтной технологичности, долговечности и т.п., представляют собой факторы окружающей среды. В качестве оператора модели взята функция затрат, состоящая из 13 статей, отражающих, в совокупности, суммарные затраты на обеспечение ТЭ. В разработанной автором методике приведены соответствующие математические соотношения для расчета каждой статьи затрат. Задача синтеза многоуровневой системы МТО, с учетом введенной автором математической модели, представлена как оптимизационная задача поиска оптимального по критерию минимизации суммарных затрат распределения работ по ремонту составных частей ВС по уровням системы.

Для решения этой задачи в диссертации предложен алгоритм совместной оптимизации параметров многоуровневой системы материально-технического обеспечения и производственных мощностей региональных сервисных центров. Алгоритм основан на расчете «удельного веса» решения о ремонте той или иной составной части в сервисном центре как разницы между затратами на развертывание пункта по ее ремонту и затратами на формирование оборотного фонда запасных частей. Для расчета оптимального количества запасных частей автором предложен алгоритм оптимизации параметров многоуровневой системы МТО, реализующий метод градиентного спуска в котором в качестве целевой функции выступают суммарные затраты на обеспечение ТЭ.

Хранение параметров модели, используемых при выполнении расчетов, предлагается осуществлять в информационной системе анализа логистической поддержки. Для организации такого хранения автором дополнена стандартизованная модель анализа логистической поддержки новыми сущностями и атрибутами, описывающими многоуровневую систему МТО.

В **третьей главе** диссертации приведено описание программного комплекса, реализующего предложенные автором методику, алгоритмы и информационную модель, а также результаты его применения при планировании ТЭ легкого многоцелевого вертолета. Описание программного комплекса выполнено достаточно подробно. Представлены структура программного комплекса и краткое описание каждого из 11 программных компонентов с иллюстрациями, поясняющими принцип их работы. Результаты практической апробации данного комплекса представлены на примере комплекса бортового оборудования вертолета VRT500. В главе приведены исходные данные о составных частях вертолета, их параметрах, сценариях эксплуатации парка вертолетов. Детально изложен порядок и результаты решения задачи синтеза многоуровневой системы МТО для рассматриваемого парка вертолетов в виде наглядных таблиц и графиков, оценен экономический эффект от применения предложенных подходов.

В **заключении** приведены основные выводы и результаты диссертационного исследования.

Представленные в главах и разделах результаты работы полностью соответствуют положениям, выносимым на защиту

3. Достоверность результатов исследования

Достоверность полученных результатов обеспечивается обоснованным выбором параметров при постановке задачи синтеза системы, корректным применением известных методов оптимизации, подтверждается практикой применения программного комплекса в ОКБ Сухого ПАО «ОАК» и АО «НЦВ Миль и Камов».

Результаты работы реализованы в пяти нормативных документах в статусе ГОСТ и ОСТ, а также докладывались на всероссийских конференциях.

4. Новизна научных положений

Научные положения и выводы, сформулированные автором в диссертационной работе, обладают следующей научной новизной:

1. Разработана модель описания многоуровневой системы МТО, описывающая зависимость показателя суммарных затрат на обеспечение ТЭ от распределения работ по ремонту составных частей ВС по уровням системы МТО.

2. Разработан алгоритм совместной оптимизации параметров системы МТО и производственных мощностей региональных сервисных центров, позволяющий находить рациональный баланс между формированием достаточного объема запасов и развертыванием производственных мощностей по ремонту составных частей ВС в региональных сервисных центрах.

3. Разработан алгоритм оптимизации параметров системы МТО, отличающийся от известных использованием в качестве критерия оптимизации суммарной величины затрат на ТЭ в течение всего срока службы ВС при ограничениях на величину эксплуатационной готовности.

4. Разработана методика расчета суммарных затрат на обеспечение ТЭ регионального парка ВС, отличающаяся от известных включением в общую структуру затрат расходов на создание предприятием-производителем инфраструктуры региональных сервисных центров разной производственной мощности, создание запасов имущества, их хранение и транспортировку и т.д., что дает возможность использования методики при обосновании стоимости контрактов жизненного цикла.

5. Разработана информационная модель анализа логистической поддержки, позволяющая организовать в прикладных программных комплексах хранение информации о парке ВС, сценариях его эксплуатации, работах по ТОиР, сервисных центрах, многоуровневой системе МТО и др.

5. Практическая значимость работы

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенных методики, алгоритмов и информационной модели при разработке прикладных программных комплексов, предназначенных для использования предприятиями-производителями авиационной техники при планировании и организации ее послепродажного

обслуживания. В частности, результаты диссертации успешно апробированы на примере эксплуатации вертолета VRT500.

6. Замечания

В качестве замечаний по диссертации и автореферату необходимо отметить следующее:

1. Результаты исследований в диссертационной работе были бы наиболее полными и максимально приближены для практического применения, если бы была разработана модель совокупной стоимости владения летательными аппаратами на весь жизненный цикл.

2. Не обосновано преимущество предлагаемого метода определения параметров системы МТО на базе метода градиентного спуска, хотя существует множество других (методы множителей Лагранжа, вариационные, случайного поиска и др.).

3. Математическая модель на базе алгоритма оптимизации параметров МТО была бы наиболее полная, если бы учитывала затраты на обеспечение практически необходимой системы информационной связи между рассматриваемыми четырьмя уровнями МТО.

4. На стр. 43 приведены статистические данные о количестве отказов самолетов семейства Ту-204, на основании которых рассчитана средняя наработка на отказ, но при этом не указана необходимая для такого расчета суммарная наработка парка.

5. На стр. 50 автор не пояснил, каким образом применение электронных эксплуатационных дел воздушного судна и интерактивных электронных технических руководств позволяет оценивать параметры безотказности, эксплуатационной и ремонтной технологичности.

6. В описании алгоритма оптимизации параметров многоуровневой системы МТО (стр. 97) автор принимает интенсивность отказов компонентов за постоянную величину, что справедливо в большинстве случаев. При этом в диссертации автору следовало бы отметить возможность изменения интенсивности отказов компонентов во времени со ссылкой на известные методы сведения такого потока отказов к стационарному.

7. В формуле (1.1) по тексту диссертации присутствует ошибка в обозначении переменной N.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки диссертации, ее научной и практической значимости.

7. Заключение

В работе поставлена и решена актуальная научно-техническая задача синтеза многоуровневой системы МТО, позволяющая сократить затраты на пост-производственных стадиях жизненного цикла авиационной техники при обеспечении ее технической эксплуатации предприятием-производителем на основе контрактов жизненного цикла.

Диссертация по структуре, содержанию и оформлению выполнена на высоком научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой.

Автореферат соответствует и в полном объеме отражает содержание диссертации.

Выносимые на защиту результаты диссертационной работы прошли апробацию на пяти научно-технических конференциях и семинарах, изложены в 15 публикациях, включая 4 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 2 монографии, учебное пособие для ВУЗов, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Научные положения и результаты, выносимые на защиту, соответствуют паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)».

По актуальности решаемой научной задачи, ее теоретической и практической значимости, полученным результатам, содержанию, оформлению и общему научно-техническому уровню диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 26.01.2023 №101), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Петров Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, старший научный сотрудник,
главный конструктор специальных проектов,

Акционерное общество «Авиаавтоматика» имени В.В. Тарасова»

Почтовый адрес: 305040, г. Курск, ул. Запольная, 47

Телефон: +7 (910) 218-91-05

Адрес электронной почты: okb@aviaavtomatika.ru


И.Е. Мухин
(подпись)

« 21 » 04 2023 г.

Подпись Ивана Ефимовича Мухина заверяю

Начальник управления кадров и делопроизводства

АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова»


Е.Г. Останина



*С отзывом ознакомлен
02.05.2023 АА - П / Петров А.В./*