

*Текст на английском языке публикуется
во второй части данного выпуска.*

*The text in English is published in the second
part of the issue.*

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-6-14>

Будков А. С. Разработка системы поддержки принятия решения для задачи четырёхмерной навигации в гражданской авиации / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: МАИ, 2021. – 22 с.

Одним из направлений развития аэронавигации в соответствии с глобальным аэронавигационным планом Международной организации гражданской авиации (ИКАО) является внедрение возможности глобального управления четырёхмерными траекториями. Для реализации этой возможности требуется модернизация не только наземной аэронавигационной инфраструктуры, но и модернизация существующих комплексов бортового оборудования.

Одной из основных бортовых систем, обеспечивающих полёт воздушного судна (ВС) по заданному маршруту, является система самолётовождения. Именно она в первую очередь должна быть способна поддерживать полёты по четырёхмерным маршрутам.

Ключевой задачей четырёхмерной навигации является обеспечение возможности ВС прибыть в заданную точку маршрута в заданное время. В функционале современных вычислительных систем самолётовождения уже существует функция, которая в той или иной мере решает эту задачу. Эта функция называется RTA (от англ. Required Time of Arrival).

Цель диссертационной работы – повышение уровня безопасности полётов за счёт автоматизации оперативного бортового планирования четырёхмерных маршрутов с учётом влияния ветровой обстановки, запретных зон и зон сложных метеословий.

В диссертационной работе получены следующие основные выводы и результаты.

Поставлена и решена задача разработки системы поддержки принятия решения, обеспечивающей решение проблем, возникающих при полётах по четырёхмерным маршрутам.

Разработана архитектура системы поддержки принятия решения, которая содержит все необходимые элементы и связи с внешними систе-

мами для обеспечения возложенных на неё функций. Система состоит из трёх модулей, а также взаимодействует с базой данных ЛТХ, системой самолётовождения, источником метеоданных и данных о запретных зонах.

Разработана методика поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов, удовлетворяющая требованиям, определённым к ней в результате анализа выявленных проблем при полётах по четырёхмерным маршрутам, а именно:

- обеспечивать поиск решений по четырём критериям оптимизации;
- выполнять расчёт трёхмерной траектории за один шаг вычислений без разделения горизонтальной и вертикальной плоскостей;
- учитывать влияние ветровой обстановки, а также наличие зон сложных метеословий или запретных зон;
- ЛТХ ВС.

Разработаны правила формирования признака недоступности движения по активному маршруту, определены условия информирования экипажа о возникновении нештатной ситуации при полёте по четырёхмерному маршруту для функций мониторинга активного плана полёта и поддержки принятия решения соответственно.

Разработаны алгоритмы, реализующие основные шаги методики поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов, правила мониторинга статуса выполнения четырёхмерного маршрута, а также формирования признаков возникновения проблем в процессе выполнения четырёхмерного маршрута.

Разработанное математическое обеспечение реализовано в виде программного обеспечения на языке Java Script, имеет модульную архитектуру и включает в себя: модуль поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов, модуль мониторинга активного плана полёта и модуль поддержки принятия решения. ПО «Имитатор модуля поиска оптимального четырёхмерного маршрута системы поддержки принятия решения» зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616587 от 23.04.2021).

Проведено три этапа моделирования, которые полностью подтвердили работоспособность и адекватность разработанного программно-алгоритмического обеспечения для расчёта оптимальных четырёхмерных маршрутов.

Результаты моделирования численно подтвердили эффективность:

- применения выбранных критериев оптимизации для решения задачи поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов;
- анализа трёхмерного пространства за один шаг вычислений;
- применения алгоритма A-star с точки зрения адекватности времени вычислений на маршрутах различной дальности.

Результаты диссертационной работы внедрены в научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу «Разработка бортового радиоэлектронного оборудования для семейства магистральных самолётов МС-21 (МС-21–200 и МС-21–300, с двигателями PW-1400 и ПД-14)» филиала ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования» и учебный процесс кафедры 703 «Системное проектирование авиакомплексов» Института № 7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» МАИ, что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки).

Работа выполнена и защищена в Московском авиационном институте (Национальный исследовательский университет).

Михалдыкин Е. С. Применение трубобетонных конструкций с оболочкой из полимерных композиционных материалов при строительстве малых мостов / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 2021. – 25 с.

Актуальность разработки новых конструктивных решений для возведения малых мостов, позволяющих снизить стоимость и сроки строительства, а также увеличить срок службы сооружений, вытекает из состояния мостового парка автомобильных дорог Российской Федерации.

По данным Росстата, состояние более 500 постоянных сооружений оценивается как аварийное. Кроме того, большую проблему вызывают временные сооружения, такие как деревянные мосты с ограниченным сроком службы – если в Ульяновской области число деревянных мостов составляет 79 шт., то в Хабаровском крае их уже 706 шт. Как указано в выводах международного рейтинга Global Competitiveness Report Всемирного экономического форума 2019, Российская Федерация по качеству дорог занимает 99-е место из 141. Косвенно нехватку мостового парка можно оценить по количеству постоянно действующих переправ – 257 летних и 3500 зимних, а также по величине транспортного перепробега – 70–80 % для Москвы и не менее 50 % по всей России. С другой стороны, актуальность исследования – применение полимерных композитных материалов в строительстве – подтверждается включением данной темы в Государственную программу «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности».

Острота проблемы подтверждается всесторонним обсуждением о необходимости включения программы «Мосты и путепроводы» в состав Национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» (БКАД), а также включением вопроса о решении проблем мостового парка в «Комплексный

план расширения и модернизации магистральной инфраструктуры до 2024 года (КПМИ)».

Цель диссертационного исследования – разработка методологии применения арочных трубобетонных конструкций с оболочкой из полимерных композиционных материалов при строительстве малых мостовых сооружений.

В рамках диссертационного исследования в соответствии с поставленной целью разработана общая методология проектирования и расчёта арочных трубобетонных конструкций с оболочкой из полимерных композиционных материалов при строительстве малых мостовых сооружений.

Результаты и основные выводы диссертационной работы состоят в следующем:

- проведён обзор и анализ существующих исследований и апробированных методик расчёта как традиционных трубобетонных конструкций со стальной оболочкой, так и конструкций с полимерной композитной оболочкой. Показана историческая ретроспектива развития направления исследований трубобетонных конструкций. Рассмотрены существующие подходы к проектированию мостовых сооружений с главными несущими элементами из трубобетонных конструкций на основании анализа возведённых сооружений;

- разработана математическая модель трубобетонной конструкции с полимерной композитной оболочкой, опирающаяся на теоретический подход распределения деформаций по высоте сечения из предпосылки соблюдения гипотезы плоских сечений. Предложены критерии прочности, основанные на хорошо апробированных моделях работы бетона, используемых в действующей нормативной документации. Разработан алгоритм методики расчёта несущей способности сооружений;

- разработана программа испытаний материалов и конструктивно-подобных элементов балочных и арочных образцов из ПКМ в натуральную величину. Проведены испытания материалов для определения механических и физических свойств, стойкости к воздействию агрессивных сред. Показано, что существующая в ГОСТ 25.601-80 методика испытаний не подходит для определения предела прочности ко-соармированных анизотропных образцов с биксиальным плетением. Предложена методика испытаний подобных материалов;

- по результатам испытаний конструктивно-подобных балочных и арочных образцов в натуральную величину проведён анализ возможных дефектов оболочки и их влияние на несущую способность. Показано отсутствие накопления деформаций и других негативных эффектов после малоцикловых испытаний. Экспериментально обосновано отсутствие проскальзывания между оболочкой и бетонным сердечником;



- отработаны технологические параметры изготовления арочных трубобетонных конструкций;

- приведены результаты верификации разработанной методики и сравнение её достоверности с другими аналогичными методиками. Показано, что разработанная методика даёт среднюю погрешность 13,5 %. Выполнено сравнение с апробированной методикой института штата Мэн, которое показало среднюю погрешность с экспериментальными данными данной работы величиной 75 %;

- анализ данных эксперимента позволил сделать вывод о надёжности и безопасности эксплуатации сооружений с главными несущими элементами в виде трубобетонных конструкций с оболочкой из полимерных композитных материалов. Для подтверждения сделанных выводов была разработана система мониторинга за состоянием пилотного сооружения;

- в рамках приведённой работы были разработаны основные подходы к проектированию сжато-изгибаемых трубобетонных конструкций с оболочкой из полимерных композитных материалов. На основании выполненного анализа влияния различных дефектов на несущую способность конструкции были разработаны требования к допустимым дефектам оболочки.

05.23.11 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей.

Работа выполнена и защищена в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ).

Полякова Е. Я. Особенности аэродинамики подвагонного пространства высокоскоростного подвижного состава / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2021. – 16 с.

Одним из приоритетных направлений развития современного железнодорожного транспорта является создание сети высокоскоростного железнодорожного сообщения, обеспечивающего оптимальное для пассажиров соотношение скорости, безопасности, комфорта и стоимости проезда. Увеличение скорости движения поездов влечёт за собой необходимость решения широкого круга задач, в том числе связанных с анализом процессов, возникающих в результате аэродинамического взаимодействия частиц балласта и кусков льда (в холодное время года) с воздушными потоками, генерируемыми проходящим высокоскоростным подвижным составом, поскольку частицы балласта, подхваченные указанными воздушными потоками, обладающие достаточно высокой кинетической энергией и движущиеся по достаточно сложной траектории, несмотря на свои малые размеры представляют серьёзную опасность как для напольных

устройств СЦБ и узлов подвижного состава, так и для пешеходов, пассажиров и работников железнодорожного транспорта.

Целью диссертационной работы является решение научной задачи исследования процессов движения воздушных масс в подвагонном пространстве высокоскоростного подвижного состава, механизма увлечения частиц воздушным потоком и взаимодействия их с кузовом, подвагонным оборудованием и ходовыми частями.

В работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по решению научной задачи движения воздушных масс в подвагонном пространстве высокоскоростного подвижного состава, механизма увлечения частиц воздушным потоком и взаимодействия их с кузовом, подвагонным оборудованием и ходовыми частями. При этом:

- установлено, что существующая концепция моделирования высокоскоростного подвижного состава представляет исследуемый объект в виде тонкого тела большого удлинения с плохобтекаемой формой, имеющий интенсивную турбулентную диффузию в районе головного и хвостового обтекателей, а также в нишах ходовых частей и междвагонных промежутков. В подобных моделях отсутствует возможность определения частных случаев взаимодействия воздушной среды, возмущаемой подвижным составом, и объектов окружающей инфраструктуры, например, подвагонного пространства. Показано, что существующие модели, методики и нормативные документы не рассматривают возможность подъёма частиц с железнодорожного пути в летнее время и ледяных частиц в зимнее;

- разработана методика по определению направления потоков объёмов воздуха из нижней части кузова вагона, ниш ходовых частей в боковых направлениях, а также в пространство между кузовом и рамой тележки. Проведена её верификация и программная реализация на основе сравнения с результатами испытаний аналогичных по типу геометрии моделей в аэродинамических трубах и при натурных замерах;

- установлено (экспериментально и численно), что при низкочастотных колебаниях железнодорожного полотна при движении высокоскоростного подвижного состава частица балласта, свободно лежащая на шпале дорожных путей, способна потерять контакт с землей и зависнуть в воздухе, что называется «витанием частицы». Также определён диаметр частицы, которая может быть увлечена потоком воздуха с поверхности верхнего строения пути.

Предложена классификация повреждений нижних люков и боковых элементов фальшбортов подвагонного пространства вылетающим щебнем по характерной форме остаточной пластической деформации на три вида:

- деформация «колоколообразной» формы, деформация в виде борозды и «пробой» в виде

отверстия неправильной формы. Предложены схемы взаимодействия витающей частицы с поверхностью люка корпуса: упругий рикошет, пластический рикошет;

- разработано математическое описание динамического нагружения на композитную пластину части защитного борта кузова при ударе твёрдой частицы с помощью модифицированной модели Зинера;

- изучено три варианта численного моделирования динамического нагружения защитного борта кузова: композитная мембрана, композитная структура с балочными объёмными элементами, композитная структура послойного представления. Показано, что наиболее адекватной моделью, отвечающей реальным физическим характеристикам высокоскоростного динамического нагружения, соответствует композитная структура послойного представления;

- даны рекомендации по предотвращению увлечения частиц балластного слоя высокоскоростным подвижным составом;

- предложена пространственная аэродинамическая модель структуры движущихся воздушных масс в подвагонном пространстве высокоскоростных составов, позволяющая установить особенности формирования снеговых и ледяных отложений на критически значимых для безопасности движения элементах конструкции ходовой части.

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Струнгарь С. А. Разработка методов стабилизации цилиндровых мощностей дизеля на режиме холостого хода при электронной системе управления подачей топлива / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: РУТ, 2021. – 24 с.

Целью диссертационной работы является повышение экономичности работы дизеля 1-ПД4Д с ЭСУВТ.01 путём разработки методов технического диагностирования и стабилизации цилиндровых мощностей на режиме холостого хода.

В диссертации получены следующие основные результаты:

- анализ работы дизелей 1-ПД4Д тепловозов ТЭМ18ДМ с ЭСУВТ.01 в эксплуатации на режиме холостого хода выявил неравномерность распределения индикаторных мощностей по цилиндрам, величина которой составляет до 11,5 % от всей мощности дизеля;

- разработан и апробирован способ определения индикаторной мощности цилиндра дизеля на режиме холостого хода с помощью измерения приращения продолжительности подачи топлива

электроуправляемыми топливными насосами ЭСУВТ.01 при отключении подачи топлива в цилиндр;

- разработаны и апробированы методы технического диагностирования работы цилиндров дизеля, позволяющие уточнить причину отказа цилиндра;

- разработан расчётный и экспериментальный методы стабилизации цилиндровых мощностей дизеля 1-ПД4Д с ЭСУВТ.01 на режиме холостого хода;

- на основе разработанных методов составлены алгоритмы технического диагностирования работы цилиндров и стабилизации цилиндровых мощностей дизеля;

- проверка алгоритмов на стендовом дизель-генераторе 1-ПДГ4Д показала, что в результате стабилизации мощностей по расчётному методу произошло перераспределение индикаторных мощностей по цилиндрам. При этом разница индикаторных мощностей не изменилась и осталась равной 2,2 кВт. В результате стабилизации мощностей экспериментальным методом получено снижение разницы индикаторных мощностей по цилиндрам с 2,5 кВт до 1,8 кВт;

- проверка алгоритмов на дизеле 1-ПД4Д тепловоза ТЭМ18ДМ № 1022 в условиях эксплуатации показала, что в результате стабилизации мощностей экспериментальным методом получено снижение разницы индикаторных мощностей по цилиндрам с 3,0 кВт до 1,0 кВт;

- произведена оценка эффективности реализации предложенных технических решений. Экономия эксплуатационных расходов за срок службы системы ЭСУВТ.01 в 15 лет за счёт реализации алгоритмов технического диагностирования и стабилизации цилиндровых мощностей на дизелях 1-ПД4Д парка тепловозов ТЭМ18ДМ приписки эксплуатационного локомотивного депо Бологовское в количестве 20 единиц составляет 4,35 млн руб. Срок окупаемости предложенных технических решений 0,65 года;

- результаты настоящей работы планируется использовать при дальнейшем совершенствовании системы электронного впрыска топлива тепловозных дизелей.

В качестве рекомендаций и перспективы дальнейшей разработки темы диссертации предлагается корректировка расчётного метода стабилизации цилиндровых мощностей в части уточнения величины изменения индикаторного КПД при варьировании количества поданного в цилиндр топлива, а также уточнения величин отличия механических потерь по отдельным цилиндрам дизеля.

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

